

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ**3-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА (ВАШИНГТОН, 1—8 МАЯ 1962 г.)**

С 1 по 8 мая в Вашингтоне (США) состоялся 3-й Международный симпозиум по исследованию космического пространства, организованный Международным комитетом исследований космического пространства (КОСПАР). В работе симпозиума приняла участие советская делегация, возглавляемая академиком А. А. Благонравовым. Мне довелось быть членом советской делегации. После окончания той части симпозиума, которая имела ко мне прямое отношение, я использовал оставшееся время для ознакомления с работой различных научно-исследовательских организаций в США, а также для специального ответного визита в Гарвардский университет, с которым Ленинградский университет осуществляет научный обмен в рамках соглашения между правительствами СССР и США. Ниже сообщаются краткие итоги поездки.

1. СИМПОЗИУМ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Поскольку программа симпозиума была очень широкой (все вопросы исследований верхней атмосферы Земли и космоса, исключая ракетную технику), естественно, что я смог познакомиться в первую очередь с тем, что связано с моей специальностью — физикой атмосферы. По этой причине я принимал участие только в пленарном заседании, посвященном открытию симпозиума и национальным докладам, а также в заседаниях симпозиума по проблеме «Верхняя атмосфера и экзосфера».

После торжественных речей, посвященных открытию симпозиума, представители различных стран сделали национальные доклады, отражающие вклады различных государств в развитие космических исследований. Естественно, что основная роль в этих исследованиях принадлежит СССР и США.

Первым с национальным докладом выступил акад. А. А. Благонравов, сделавший обзор исследований, выполненных в СССР в 1961 г. с помощью ракет и спутников. Ввиду того, что сведения по этому вопросу широко публиковались в советской печати, ограничусь предельно кратким изложением доклада А. А. Благонравова.

В 1961 г. в СССР осуществлено 113 запусков исследовательских ракет. Основная часть этих работ имела целью изучение метеорологического режима стратосферы и мезосферы в различных географических районах (Арктика, умеренные широты, корабельные наблюдения в Тихом океане). На основе данных многочисленных измерений температуры, давления, скорости и направления ветра были исследованы закономерности годового хода этих метеорологических элементов, а также особенности общей циркуляции атмосферы на больших высотах.

15 февраля 1961 г. осуществлены два специальных запуска исследовательских ракет для наблюдений в условиях полного солнечного затмения. Изучались внеатмосферная солнечная корона, а также состояние верхних слоев атмосферы в период полного солнечного затмения. В 1961 г. получены первые данные о составе нейтральных частиц в атмосфере до высот более 300 км. В ходе этих исследований на высотах более 300 км был обнаружен гелий. Изучение ионного состава атмосферы привело к обнаружению понов внеатмосферного происхождения на уровне около 100 км. Получены также интересные данные о высоте и интенсивности светящихся слоев в верхней атмосфере.

Подробно описаны в докладе А. А. Благонравова материалы, относящиеся к запуску космической ракеты к Венере 12 февраля 1961 г. Особо подчеркнута в этой связи значение успешно осуществленного в рассматриваемом эксперименте запуска космической ракеты с борта тяжелого спутника. К числу основных разделов научной программы, осуществленной на пути от Земли до Венеры, принадлежали исследования космических лучей, магнитных полей, заряженных частиц межпланетного газа

и корпускулярной радиации Солнца. Эти исследования обнаружили, например, 17 февраля 1961 г. интенсивный поток корпускулярной радиации (около 10^9 частиц/см²сек), совпадающий по времени с возникновением геомагнитного шторма, а также подтвердили вывод советских ученых о том, что измерения потоков электронов во внешнем поясе радиации с помощью счетчиков космических лучей дают величины, преувеличенные на три порядка.

Обстоятельно рассмотрены А. А. Благодоровым данные о космических полетах Ю. А. Гагарина и Г. С. Титова. На заседании симпозиума, посвященном полетам человека в космос, Г. С. Титов сделал также специальный доклад о своем полете. Действительный член АМН СССР В. В. Парин изложил на этом заседании результаты советских медико-биологических исследований, а акад. А. А. Имшенецкий сделал доклад об основных проблемах экзобиологии.

А. А. Благодоров сообщил некоторые результаты исследований на космических кораблях-спутниках по ряду проблем: энергетические спектры различных групп частиц, химический состав космических лучей, вариации ядерной компоненты космических лучей и др. Кратко охарактеризованы в докладе результаты наблюдений 84 советских станций визуального прослеживания траекторий спутников и 24 станций, где осуществляются фотографические регистрации траекторий. На этих станциях велись систематические наблюдения за 37 объектами. Осуществлялся международный обмен данными этих наблюдений.

Планы советских исследований космоса на 1962 г. включают следующие проблемы: концентрация заряженных частиц в ионосфере, имеющих важное значение для распространения радиоволн; корпускулярные потоки и частицы низких энергий; состав поясов радиации Земли; геомагнитное поле; коротковолновая радиация Солнца и других небесных объектов; верхние слои атмосферы; влияние метеорной материи на элементы конструкций космических объектов; распределение и возникновение облачных систем в атмосфере Земли. В осуществление этой программы в начале 1962 г. были запущены четыре спутника серии «Космос*». В ходе дальнейших полетов человека в космос будут продолжены медико-биологические исследования.

Национальный доклад США был представлен Р. У. Портером, который прежде всего обратил внимание на большую важность проблемы, широкий размах исследований и значительные затраты на проведение работ (годовые расходы составляют несколько миллиардов долларов).

Программа исследований верхних слоев атмосферы и космоса, осуществленных в США за год, предшествовавший симпозиуму, включала связанные между собой группы исследований с помощью трех категорий подъемных средств: 1) аэростатов и высотных самолетов, 2) ракет, 3) спутников и космических ракет.

1. Аэростаты и высотные самолеты. Это направление исследований развивалось не только потому, что оно представляет самостоятельный интерес, но также с целью решения некоторых задач интерпретации результатов измерений на спутниках, выполнения контрольных измерений и испытаний аппаратуры, предназначенной для спутников. Программа аэростатных исследований (в 1961 г. осуществлено более 300 высотных аэростатных подъемов) включает четыре основных направления: 1) физика атмосферы, в том числе исследования давления, плотности, температуры, состава атмосферы, аэрозолей, циркуляции и ветров в стратосфере, а также измерение пропускания, отражения и поляризации коротковолнового и инфракрасного излучений; 2) изучение космических лучей и их взаимодействия с магнитным полем Земли и верхними слоями атмосферы; 3) наблюдения врезанных объектов за пределами основной толщи атмосферы (внеатмосферная астрономия); 4) биологические исследования. В осуществлении этой программы участвовали следующие основные правительственные организации: Национальный научный фонд (National Science Foundation), Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) (National Aeronautics and Space Administration), Служба военно-морских исследований (Office of Naval Research), Геофизический исследовательский директорат Кембриджских исследовательских лабораторий ВВС (Geophysics Research Directorate of the Air Force Cambridge Research Laboratories), Служба научных исследований ВВС (Air Force Office of Scientific Research), Комиссия по атомной энергии (Atomic Energy Commission), Центральная лаборатория распространения радиоволн Национального бюро стандартов (Central Radio Propagation Laboratory of the National Bureau of Standards), Баллистические исследовательские лаборатории армии США (Ballistic Research Laboratories of the U.S. Army). Значительная часть работы выполнялась посредством контрактов между правительственными организациями и многочисленными университетами, лабораториями, фирмами и другими частными организациями.

Весьма обширный раздел аэростатных и самолетных исследований представляют работы по физике атмосферы. Перечислю наиболее интересные работы в этой области. С помощью конденсационных гигрометров выполнено большое число измерений вертикального профиля концентрации водяного пара на различных широтах от Арктики

*) К настоящему времени запущено 8 спутников серии «Космос».

до Антарктики. Параллельно осуществлялась программа измерений общего содержания водяного пара в толще атмосферы выше аэростата с помощью инфракрасного гигрометра, работающего в области спектра 1,25—1,38 мк. Были начаты также измерения прозрачности атмосферы по Солнцу в области длин волн около 30 мк с целью определить малые содержания водяного пара в верхней части стратосферы. Метод инфракрасного абсорбционного анализа был применен также для определения содержания углекислого газа и ряда второстепенных компонент атмосферы.

С помощью аппаратуры, установленной на высотных самолетах, начаты измерения яркости и поляризации света, отраженного облаками. Эти измерения проводятся с целью решения проблемы интерпретации результатов аналогичных измерений, которые планируется провести вблизи Венеры и Марса. В этой же связи ведутся самолетные спектроскопические измерения содержания водяного пара в атмосфере Венеры и начато фотografiрование и фотометрирование различных небесных объектов с помощью стабилизированных телескопов (с диаметром объектива до 12 дюймов), устанавливаемых на высотных самолетах.

Осуществлялись систематические запуски трансозондов для изучения воздушных течений в стратосфере. Заборы проб радиоактивных продуктов ядерных испытаний, произведенные с помощью аэростатов в ряде пунктов, позволили не только изучить особенности распространения радиоактивных загрязнений, но и получить важные данные о динамике стратосферы.

Активная программа осуществляется в направлении изучения космических лучей (в первую очередь исследуется состав космических лучей и временные вариации их интенсивности), а также жестких частиц и излучений в стратосфере вообще. Значительное внимание было уделено изучению вторжений жестких электронов из поясов радиации в зону полярных сияний, а также связи между солнечной активностью и земными явлениями. Особенно интенсивно эти исследования велись в университете штата Миннесота. Основной целью биологических аэростатных экспериментов являлась проверка оборудования для космических полетов человека, а также некоторые физиологические исследования.

2. Р а к е т ы. Основные принципы, определяющие направления развития ракетных исследований, те же, что и в случае аэростатных и самолетных наблюдений. Главная роль в осуществлении ракетных исследований принадлежит НАСА. Однако большое участие в этих работах принимают также Бюро погоды, Военно-морская исследовательская лаборатория, Геофизический исследовательский директорат и многочисленные другие организации.

Здесь, так же как и в случае аэростатных исследований, основная часть работ относится к физике атмосферы и аэронауки.

Организациями НАСА в 1961 г. осуществлено 52 ракетных зондирования, большая часть которых имела целью изучение структурных параметров и динамики мезосферы и нижней части термосферы. Создание искусственных натриевых или литиевых облаков с помощью ракет Nike-Asp в период сумерек и наблюдения за этими облаками позволили получить сведения о скорости и направлении ветра, диффузии, турбулентности и плотности воздуха на высотах от 80 до 180 км. Запуски ракет в утренние и вечерние сумерки дали возможность исследовать суточный ход измеряемых величин. Для изучения географической изменчивости аналогичные ракетные эксперименты осуществлены в Италии (известно, что подобные работы проводились также французскими исследователями в Сахаре).

С февраля по сентябрь 1961 г. осуществлено двенадцать запусков ракет Nike-Cajun с целью акустического зондирования атмосферы на высоте от 30 до 90 км, которое позволяет получить данные о температуре и ветре в мезосфере.

Для измерений плотности воздуха в мезосфере и ее вариаций, как и ранее, использовался метод падающих сфер.

В 1961 г. продолжалось интенсивное расширение сети ракетных метеорологических зондирований, насчитывающей сейчас 8 станций на территории Северной Америки и четыре станции в других областях. Начиная с весны 1961 г., на этих станциях круглогодично производится по три запуска ракет в неделю.

Сеть ракетного зондирования систематически накапливает данные о структурных параметрах и ветре на высотах до 70—100 км. В 1961 г. осуществлено в общей сложности 866 запусков, результаты которых периодически подвергаются анализу под руководством Комитета объединенной метеорологической сети (Joint Meteorological Network Steering Committee). Комитет включает представителей следующих организаций: Бюро погоды, НАСА, армия, флот и ВВС США.

В порядке подготовки к запуску метеорологических спутников серии «Нимбус» произведено фотografiрование Земли с ракет «Аэроби-100» с применением поляризационных светофильтров. Эти эксперименты были сделаны для того, чтобы выявить наилучшую методику фотografiрования, позволяющую уверенно различать на фотografiях области снега, льда и облаков.

Интересные результаты позволили получить ракетные измерения отношения концентрации положительных ионов гелия и водорода. Так, например, запуск ракеты

Javelin 10 октября 1961 г. до высоты 784 км обнаружил значительное количество ионов гелия в верхней атмосфере. Аналогичные другие данные показали, что выше 350 км наблюдается экспоненциальное распределение концентрации ионов гелия, соответствующее постоянной температуре 1240° К. Данные спутника «Скаут» обнаружили, что гелий является преобладающей компонентой в диапазоне высот 1200—3500 км, где имеет место изотермический слой с температурой 1600° К.

Большое внимание уделялось ракетным зондированиям ионосферы, в частности с применением методики зондов Лэнгмюра. Измерения вертикального профиля электронной концентрации и определение электронной температуры показали, например, что последняя значительно ниже в условиях спокойной ионосферы, чем при наличии ионосферных возмущений. Продолжались ракетные исследования свечения ночного неба, корпускулярной, рентгеновской и жесткой ультрафиолетовой радиации Солнца. Подготавливалась аппаратура для изучения проблемы диффузионного разделения газов путем масс-спектрометрических измерений состава атмосферы на высотах от 100 до 200 км.

2. СПУТНИКИ И КОСМИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ

В 1960—1961 гг. были запущены и в основном успешно функционировали четыре метеорологических спутника серии «Тирос». Научная аппаратура всех этих спутников была в основном идентичной и включала телевизионные установки для получения фотографий распределения облачности и датчики радиации для измерений радиационного баланса системы «земная поверхность — атмосфера». Спутник «Тирос II» частично функционировал почти целый год, хотя отдельные элементы его аппаратуры на протяжении этого времени последовательно выходили из строя (предполагается, что главными факторами, препятствующими длительному функционированию аппаратуры, являются бомбардировка микрометеорами и облучение жесткой ультрафиолетовой радиацией). Спутник «Тирос III» был запущен в период ураганов и штормов с целью специально исследовать эти особые явления погоды. Интересно, что фотографии распределения облачности, полученные с этого спутника 11 сентября 1961 г., позволили обнаружить одновременно ураганы «Бэтси», «Карла», «Эстэр» и «Дэбби» в Атлантическом океане, а также тайфуны «Нэнси» и «Памела» в Тихом океане. Продолжительное функционирование аппаратуры спутника «Тирос III» оказалась значительно меньшей, чем для предыдущего метеорологического спутника. Предпоследний спутник «Тирос IV», запущенный 8 февраля 1962 г., отличается от «Тироса III» только тем, что, кроме обычной для этой серии спутников широкоугольной телевизионной камеры, была применена камера с линзой Tegea Kinoptik, уменьшающая поле зрения в надири до 800×800 км, но существенно снижающая искажения и дающая несколько более высокое пространственное разрешение. Ниже, при обсуждении итогов симпозиума по метеорологическим ракетам и спутникам, будет дана краткая характеристика основных направлений исследований с помощью метеорологических спутников.

Для исследований по физике атмосферы в 1960—1961 гг. были запущены несколько спутников. Запуск спутника «Эхо» в 1960 г. позволил по торможению этого сферического спутника с большим отношением поперечника к массе изучить вариации плотности воздуха на больших высотах. Так, например, на высоте 1000 км были обнаружены тридцатикратные суточные изменения плотности воздуха, а также связь между изменениями солнечной активности и плотности. Средние значения плотности на высотах 1000 и 1600 км составляют соответственно 10^{-17} и 10^{-18} г/см³. Аналогичные результаты получены по торможению сферического спутника «Эксплорер IX». Измерения ультрафиолетовой атмосферной радиации, отраженной спутником «Эхо», позволили определить общее содержание и вертикальный профиль концентрации озона в атмосфере.

Измерения на спутнике «Эксплорер VII» имели целью получить данные о структурных параметрах ионосферы методом прямого зондирования. Так, например, определение электронной температуры в слое от 400 до 2200 км обнаружило суточные вариации температуры от 1800° К днем до 1000° К ночью. Измерения концентрации электронов и ионов вдоль орбиты этого спутника дали величину электронной концентрации порядка $1,3 \cdot 10^4$ электронов/см³ и обнаружили доминирующую роль ионов атомарного кислорода (средний атомный вес ионов составляет 16). Исследование вертикального профиля концентрации ионов показало, что атмосфера на исследованных высотах является изотермической. В согласии с уже упомянутыми выше результатами найдено, что выше 800 км гелий является важной, а на уровне 2220 км доминирующей компонентой атмосферы. Определение электрического заряда спутника обнаружило, что он изменяется с увеличением высоты с отрицательного на положительный. Аналогичные исследования выполнены на спутниках «Дискаверер XXXII» и «Блу Скаут». Данные первого из них обнаружили вдоль траектории спутника ионную температуру около 1400° К и электронную температуру примерно 2400° К. По данным второго из упомянутых спутников ионная температура в диапазоне высот от 325 до 2000 км составляет около 1700° К. На спутниках серии «Дискаверер» осуществлены также многочисленные исследования условий распространения у. к. в. в ионосфере и различных структурных

параметров ионосферы. Упомянем, например, в связи с этим, что измерения плотности воздуха на высотах 500—550 км на борту спутника с полярной орбитой дали отчетливо выраженный суточный ход, но полное отсутствие широтных вариаций. Большое внимание уделялось исследованию корреляций между изменениями температуры и плотности воздуха, с одной стороны, и солнечной активности, с другой.

На спутнике «Эксплорер X», обладавшем очень вытянутой орбитой (перигей 300 км, апогей 240 000 км), была установлена аппаратура для исследований межпланетной плазмы и магнитного поля. Измерения над южной частью Атлантического океана показали, что магнитное поле на расстояниях от 1,8 до 5 земных радиусов больше рассчитанного теоретически. Это расхождение приписано существованию источников магнитного поля на высотах от 1,8 до 3 земных радиусов в области геомагнитного экватора. На расстояниях от 5 до 6,6 земного радиуса измеренное магнитное поле совпадает с вычисленным. В области от 11 до 19 радиусов наблюдается наложение земного и межпланетного магнитных полей. Далее 19 земных радиусов магнитное поле Земли пренебрежимо мало. Обнаружены возмущения межпланетного магнитного поля, обусловленные изменениями солнечной активности.

Межпланетная плазма была зарегистрирована только на расстояниях более 21 земного радиуса и прослежена до 38,5 радиусов. Потоки частиц плазмы изменялись в широких пределах от минимально обнаружимого значения $5 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \text{сек}^{-1}$ до $10^{10} \text{ см}^{-2} \text{сек}^{-1}$. Средний поток положительных частиц составляет $4 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \text{сек}^{-1}$. Энергетический спектр положительных частиц имеет максимум около 50 эв, причем форма кривой распределения очень изменчива. Концентрация протонов плазмы изменялась от 6 до 20 см^{-3} . Потоки частиц плазмы были направлены от Солнца. Наличие плазмы вызывает возмущения магнитного поля. При отсутствии плазмы наблюдается устойчивое радиальное (по отношению к Солнцу) магнитное поле.

Эксперименты на спутниках и космических ракетах, осуществленные за год, предшествующий симпозиуму, предусматривали исследования в следующих направлениях: обнаружение и исследование внеземных гамма-излучений высоких энергий («Эксплорер XI»), исследование частиц высоких энергий, в особенности в поясах радиации («Эксплорер XII»), «Транзит IV», «Дискаверер XXV»), изучение микрометеоров и космической пыли («Эксплорер XIII»), исследование различных излучений Солнца (OSO-1—спутниковая солнечная обсерватория) и др. Следует заметить, что по данным «Эксплорер XII» поток электронов во внешнем (втором) поясе радиации оказался на три порядка величины меньше, чем предполагалось ранее. Запуск спутника «Эксплорер XIII» оказался неудачным, так как был достигнут слишком низкий перигей, ограничивший время существования спутника 2,5 суток.

Для исследований Луны предназначалась серия космических ракет «Рейнджер». По разным причинам запуски этих ракет оказались неудачными.

Важной частью программы исследований космоса в США явилась подготовка к запуску и успешный запуск на орбиту космонавтов Гленна и Карпентера. В этой связи осуществлялась, в частности, широкая программа биологических исследований.

Весьма разветвленным и активно осуществляемым является тот раздел программы исследований космоса, который связан с проведением разнообразных наземных исследований в лабораторных или естественных условиях. Эти работы могут быть подразделены на следующие категории: 1) проблемы интерпретации данных измерений на спутниках; 2) теоретические исследования изучаемых явлений и процессов, включая построение ожидаемых теоретических моделей; 3) наземные наблюдения тех явлений, которые изучаются с помощью ракет и спутников; 4) лабораторные исследования разного рода (подготовка аппаратуры для спутников; получение данных, необходимых для интерпретации результатов измерений на спутниках, и др.); 5) стандартизация программ (создание моделей состава и строения атмосферы, определение постоянных солнечной системы и др.). К выполнению подобных исследований привлечено большое количество различных учреждений.

Естественно, что планы дальнейшего развития исследований верхней атмосферы и космоса в 1962 г. включают расширение ряда работ, проводившихся ранее, а также предусматривают разработку ряда новых направлений. НАСА планирует на 1962 г. проведение 110 ракетных зондирований. Представление о связанных с этим научных планах может дать следующая таблица распределения числа запусков ракет по отдельным направлениям исследований:

	Число запусков
Аэронавтика	52
Астрономия	28
Частицы и поля	3
Физика ионосферы	23
Спец. проекты	4

Дальнейшее развитие получит также работа сети ракетного метеорологического зондирования.

В такой же степени планируется продолжать и расширять метеорологические исследования с помощью спутников на основе перехода к новой серии метеорологических спутников «Нимбус» (подробнее об этом будет сказано далее).

В 1962 г. будет запущен первый международный ионосферный спутник, научная аппаратура для которого полностью спроектирована и изготовлена в Англии. Программа этого спутника предусматривает измерения электронной концентрации и электронной температуры, исследования спектра масс положительных ионов, рентгеновской солнечной радиации в диапазоне 8—20 Å и в линии L_{α} и др. Предполагается запустить специальный спутник для изучения структуры атмосферы (определение давления, температуры, плотности, состава атмосферы) на высотах от 260 до 600 км, спутник-геофизическую обсерваторию с очень широкой программой, включающей около 50 экспериментов (планируемый перигей составляет 280 км, а апогей 110 000 км), и другие спутники. Все это позволит расширить программу исследований по физике атмосферы и межпланетной среды, проводившихся ранее.

Большое внимание в плане на 1962 г. уделено проведению работ по астрономии и астрофизике. В частности, предполагается запустить спутник-астрономическую обсерваторию с зеркальным телескопом, имеющим диаметр 90 см, и другой аппаратурой.

На 1962 г. планируются продолжение запусков спутника связи, последующие запуски космических ракет к Луне и Венере.

В национальном докладе Франции, представленном проф. П. Тарди, проиллюстрировано интенсивное развитие французских исследований верхней атмосферы и космоса.

Большой интерес представляют ракетные исследования динамики мезосферы, выполненные на полигоне в Сахаре методом создания и последующего наблюдения искусственных натриевых облаков, а также ракетные измерения структурных параметров верхней атмосферы. Осуществлялись также оптические и радионаблюдения спутников, разнообразные наземные исследования ионосферы, работы по физике Солнца, наблюдения Венеры с аэростата (высота 27 км), исследования космических лучей и др.

Наиболее важные вклады английских ученых были сделаны в следующих направлениях: 1) ракетные зондирования структурных параметров и ветра в верхней атмосфере (Вумера, Австралия); 2) оптические и радионаблюдения спутников; 3) подготовка аппаратуры для серии англо-американских спутников «Скаут», предназначенной в первую очередь для исследований ионосферы и различных излучений Солнца; 4) разнообразные и очень ценные теоретические работы по физике верхних слоев атмосферы и космоса.

В Японии существенные успехи были достигнуты в развитии ракетных исследований. С помощью ракет «Каппа» изучались структурные параметры атмосферы и ветер (главным образом с помощью метода ракетного акустического зондирования), космические лучи, свечение ночного неба, ионосфера (запуски ракет производились на севере Японии). Ионосферные исследования (по методу зондов Лэнгмюра) показали, что ниже 140 км атмосфера представляет собой плазму, находящуюся в состоянии теплового равновесия, за исключением слоя E . Выше 140 км электронная температура оказывается обычно более высокой, чем ионная. Ракетные измерения вертикального профиля яркости свечения ночного неба обнаружили, что максимумы яркости в линиях $O\text{I } 5577 \text{ \AA}$ и $\text{NaI } 5893 \text{ \AA}$ наблюдаются соответственно на высотах 98 и 94 км. Измерения температуры в мезосфере показали, что зимние значения температуры примерно на 15° ниже летних.

В Италии в кооперации с НАСА были осуществлены ракетные измерения ветра на высотах от 85 до 220 км по методу создания и наблюдения натриевых или литиевых облаков (эксперименты производились на острове Сардиния). Велась также разработка научной аппаратуры для спутников, в частности прибора для измерения плотности воздуха.

Голландские ученые производили оптические и радионаблюдения спутников а также разрабатывали ракетную аппаратуру для измерений рентгеновской солнечной радиации в промежутке длин волн от 10 до 80 Å. Начата также разработка прибора для исследований электронной компоненты первичных космических лучей. Предполагается осуществить эти ракетные исследования в сотрудничестве с Францией.

В национальном докладе Аргентины сообщалось, что основные усилия в этой стране были направлены на высокогорные и аэростатные исследования космических лучей, а также осуществление оптических наблюдений спутников.

Обзоры деятельности ученых различных стран, сделанные в национальных отчетах, дают достаточно полную картину современного состояния исследований верхней атмосферы и космоса. Доклады, сделанные на симпозиуме, как правило, лишь детализируют материалы национальных отчетов. Остановлюсь поэтому только на характеристике некоторых докладов по проблеме «Верхняя атмосфера и экзосфера Земли», совсем

исключив при этом доклады советских авторов, поскольку почти все они были опубликованы в недавних выпусках «Искусственные спутники Земли» и других изданиях (замечу только, что советские ученые представили весьма значительное количество докладов).

В обзорном докладе Ж. Б л а м о н а (Франция) «Динамика верхней атмосферы» подведены итоги французских ракетных исследований в Сахаре по динамике атмосферы вблизи уровня 100 км, осуществленных по методу создания и наблюдения натриевых облаков, а также путем наблюдений дрейфа следов, остающихся в атмосфере при сгорании метеоров. Обнаружено, что зависимость скорости ветра от времени можно описать как суперпозицию трех компонент — одной постоянной и двух периодических (с периодами, равными 12 час. и 24 часа). Подтверждены выводы о наличии вблизи 100 км резкой зоны перехода от области турбулентного перемешивания (ниже 100 км) к области отсутствия турбулентности (выше 100 км). Обсуждены факторы, определяющие вертикальный профиль температуры в мезосфере.

Г. В. Г р о в с (Англия) в докладе «Исследование ветров в верхней атмосфере с помощью облаков, создаваемых ракетами «Скайларк» сообщил некоторые данные о поле ветра на уровне 100 км и выше. Найдено, что вертикальный градиент скорости ветра на высоте 110 км составляет 10 м/сек·км. Определение вертикальной скорости подъема облаков (обусловленной архимедовой силой, так как облака имеют значительную более высокую температуру, чем воздух) дало значение около 10 м/сек. Обнаружено, что основные особенности поля ветра в нижней части термосферы довольно устойчивы во времени.

В докладе Р. Е. Б о р д о и С. И. Б а у э р а (США) «Структура верхней атмосферы по данным измерений заряженных частиц с помощью ракет и спутника «Эксплорер VIII» проанализированы данные измерений ионного состава атмосферы на больших высотах (выше максимума слоя F_2). Эти данные показывают, что в верхней части ионосферы существуют две переходные зоны изменения состава атмосферы: от области преобладания атомного кислорода к той части атмосферы, где доминирует гелий и от последней к водородной экзосфере. Первая переходная зона располагается на высотах от 800 до 1400 км, в зависимости от температуры атмосферы (критерием определения переходной зоны является условие $\frac{O^+}{He^+} \approx 1$). Вторая переходная зона находится

на высоте около 3500 км. Измерения температуры воздуха не обнаружили заметной зависимости температуры от высоты. Выявлен суточный ход температуры, составляющий около 80%. Из сравнения газокинетической температуры, соответствующей стандартной атмосфере, и измеренных значений электронной температуры в условиях спокойного (в отношении солнечной активности) дня получено, что только в нижней половине слоя F (250—360 км) эти температуры существенно различаются. Наибольшее превышение электронной температуры над газокинетической замечено вблизи уровня максимума поглощения солнечной радиации. Это свидетельствует в пользу концепции о тепловом равновесии атмосферы на больших высотах.

В докладе Г. В. Г р о в с а и Д. П. М а к д е р м о т а (Англия) «Солнечные влияния на плотность воздуха вблизи уровня 200 км» изучены корреляции плотности атмосферы, определенной по торможению спутников, и солнечной активности, определяемой изменениями 10,7- и 20 см-радиоизлучения Солнца, а также геомагнитным индексом K_p .

Аналогичная проблема влияния солнечной активности на верхнюю атмосферу обсуждена в докладе Л. Г. Я к к и а (США) «Электромагнитное и корпускулярное нагревание верхней атмосферы». Здесь приведены многочисленные данные о долгопериодических вариациях плотности воздуха и их связи с солнечной активностью. Подтверждена справедливость модели атмосферы, предложенной в 1961 г. М. Николе. По плотности рассчитан и проанализирован годовой ход температуры воздуха. Отмечено, что важным фактором нагревания термосферы является корпускулярная солнечная радиация.

В докладе Д. Г. К и н г - Х и л и (Англия) данные о плотности, полученные по наблюдениям торможения спутников, использованы для расчетов вертикального профиля шкалы высот (высоты однородной атмосферы) в диапазоне от 200 до 500 км. Показано, что шкала высот увеличивается с высотой, особенно ниже 350 км (вблизи уровня 250 км шкала высот составляет около 35 км). Однако разброс точек относительно средней кривой вертикального профиля шкалы высот очень велик. Найдено, что по мере спада солнечной активности в 1958—1961 гг. происходило заметное уменьшение шкалы высот.

У. И. О'С а л л и в э н, К. У. К о ф ф и и Г. М. К и т т и н г (США) подробно обсудили в докладе «Измерения плотности воздуха по наблюдениям спутника НАСА «Эксплорер IX»» вопрос о влиянии светового давления на эволюцию орбиты этого сферического спутника с большим отношением диаметра к массе. Получены значения плотности на высоте около 700 км и подтверждено существование четкой зависимости изменений плотности со временем от вариаций солнечной активности. Специальному

анализу влияния солнечной активности на плотность и температуру верхней атмосферы в период между максимумом и минимумом активности посвящен доклад Х. К. Педцоляда (ФРГ) «Влияние солнечной активности на верхнюю атмосферу по наблюдениям спутников». Следующие три эффекта, определяющие изменение температуры и обнаруженные ранее по наблюдениям в период, близкий к максимуму солнечной активности, наблюдаются также и при слабой солнечной активности: 1) влияние вариаций жесткой ультрафиолетовой солнечной радиации, тесно связанное с изменениями числа солнечных пятен и интенсивности дециметрового радиоизлучения Солнца; 2) влияние межпланетной плазмы («солнечного ветра»); 3) суточный ход, обусловленный влиянием хода облечения солнечной радиацией и теплопроводностью. Найден также отчетливо выраженный эффект магнитных штормов. Под влиянием указанных факторов температура экзосферы может изменяться от 600 до 2200° К, а в периоды магнитных штормов может увеличиваться до 3000° К.

В обстоятельной работе И. Гарриса и В. Пристера (США) «Временная структура верхней атмосферы» развита теория суточного хода температуры на больших высотах. Показано, что для объяснения наблюдаемого хода температуры необходимо учитывать поглощение не только ультрафиолетовой, но и корпускулярной солнечной радиации. Предполагаемый поток энергии за счет корпускулярной радиации имеет максимум около 9 час. по местному времени и составляет около $1 \text{ эрг/см}^2 \text{ сек}$. На основе этих представлений предложена модель атмосферы, описывающая временные изменения структурных параметров и состава атмосферы на высотах от 120 до 2050 км.

В докладе У. Б. Хэнсона (США) «Электронная температура в ионосфере» приведены данные о соотношении между электронной и ионной температурами в ионосфере выше максимума слоя F_2 . М. Николе и Г. Кокартс (Бельгия) в работе «Диссипация гелия и водорода» разработали теорию диссипации гелия и водорода, на основе которой рассчитали вертикальные распределения He^+ , He^0 и атомного водорода в экзосфере.

Д. Ньюкирк и Д. А. Эдди (США) в докладе «Поток метеорных частиц в верхней атмосфере, определенный по наблюдениям солнечной короны в стратосфере» сообщили результаты аэростатных фотографических и фотоэлектрических измерений яркости неба в области солнечного ореола на высоте около 25 км. По этим данным было вычислено вертикальное распределение частиц аэрозоль, имеющих размеры от 0,1 до 2,8 мк. Полученные результаты сопоставлены с данными ракетных и других измерений.

3. СИМПОЗИУМ ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ РАКЕТАМ И СПУТНИКАМ

Симпозиуму по исследованию космического пространства непосредственно предшествовали два других международных симпозиума по близким проблемам: симпозиум по метеорологическим ракетам и спутникам (23—25 апреля) и симпозиум по использованию спутников в геодезии (26—28 апреля). Хотя мне не удалось присутствовать на упомянутых симпозиумах, я получил некоторые материалы, характеризующие работу первого из них. Остановлюсь поэтому на краткой характеристике результатов, полученных на симпозиуме по метеорологическим ракетам и спутникам.

Метеорологические ракеты. В докладах американских исследователей Г. И. Ауфма-Кампе «Обзор итогов работы и результатов американской ракетной метеорологической сети», У. У. Нордберга «Результаты метеорологических ракетных измерений выше 60 км», С. Тьюэлеса и Ф. Г. Фингера «Синоптические исследования, основанные на данных ракетных зондов» были сообщены итоги ракетных исследований метеорологического режима стратосферы и мезосферы (давление, ветер, температура и плотность воздуха). Выше приводились основные сведения о ракетной метеорологической сети США. Отметим теперь, что по данным этих наблюдений были построены карты полей давления и ветра на уровнях от 30 до 60 км для территорий США и Канады. Планируется построение аналогичных карт для высот от 60 до 100 км. Обнаружена интенсивная перестройка циркуляции выше 30 км в зимнее время года, тогда как на уровне 30 км почти никаких изменений не происходило. Выше уровня максимальных ветров на высоте около 60 км в области холодных центров высокого давления и теплых центров низкого давления наблюдается не только сильная изменчивость ветра, но также температуры и плотности. Существующие такие «нестационарных» слоев весьма затрудняет проблему прогноза полей метеорологических элементов в мезосфере.

Доклады английских ученых Д. В. Гривса «Метеорологические исследования с помощью ракетного акустического метода в Англии» и П. А. Шейарда «Измерения ветра по методу падающих мишеней (металлизированных полосок или парашютов), запускаемых на ракетах в Австралии» осветили результаты исследования полей давления, ветра, плотности и температуры на высотах от 35 до 80—90 км на ракетном полигоне в Вумера (Южная Австралия) в 1957—1961 гг. В средней стратосфере, как правило, преобладают восточные ветры летом и более сильные западные

ветры зимой. Вблизи уровня 80 км обычно наблюдались большие вертикальные градиенты скорости ветра. Сезонные изменения температуры, давления и плотности малы.

Основные направления французских ракетных исследований на полигоне в Сахаре (Хаммагуир, 31° с. ш.) включали исследования ветра и турбулентности по диффузии и дрейфу искусственно создаваемых в сумерки натриевых облаков (эти результаты описаны в ряде публикаций Ж. Е. Бламона). В докладе Ж. Е. Бламона «Измерения температуры атмосферы по искусственным облакам, создаваемым ракетами» предлагается также спектроскопический метод определения температуры воздуха по данным измерений излучения натриевых облаков. Этот метод может быть пригоден для высот от 100 до 450 км. Г. И з р а э л ь сообщил в докладе «Французский вклад в измерения атмосферного давления» о результатах ракетных манометрических измерений давления на высотах от 30 до 90 км. Точность измерений составляла 10%. Сравнение с данными для стандартной атмосферы ARDC-1959 обнаруживает, что измеренные значения выше тех, что соответствуют стандартной атмосфере (расхождение составляет 30% на уровне 60 км и увеличивается до 50% в слое от 80 до 90 км). Данные измерений в Сахаре находятся в лучшем согласии с первоначальными измерениями давления в Уайт Сэндс (30° с. ш.).

Судя по докладу К. Маеда «Японские ракетные метеорологические зондирования», в Японии осуществлены зондирования стратосферы и мезосферы ракетным акустическим методом. В результате получены данные о вертикальных профилях температуры и ветра до высот порядка 60 км.

В докладе Г. Фауста и В. Атманшпахера (ФРГ) «Метеорологическое значение измерений ультрафиолетовой радиации с помощью спутников» отмечено, что в нижнем 100-км-слое атмосферы существуют две системы циркуляции, охватывающие слои от 0 до 20 км и от 20 до 100 км. При этом земная поверхность и верхняя часть слоя озона служат источниками тепла для этих систем циркуляции. Вследствие флуктуации прихода ультрафиолетовой солнечной радиации во второй системе циркуляции могут наблюдаться вариации интенсивности циркуляции. Возможно, что эти вариации оказывают влияние на характер циркуляции в первой системе. Все это определяет большую важность исследований распределения энергии во внеатмосферном ультрафиолетовом спектре Солнца.

Некоторые данные ракетных измерений солнечной ультрафиолетовой радиации приведены в докладе Т. А. Чабба «Солнечная ультрафиолетовая и рентгеновская радиация, наблюдаемая с ракет и спутников». В период максимума солнечных пятен измерено распределение энергии в спектре солнечной радиации в области от 2 до 3000 Å. Обнаружено, что температура излучения Солнца T_E существенно уменьшается с уменьшением длины волны. Так, например, $T_E = 5930^\circ \text{K}$ при $\lambda = 5500 \text{ Å}$, но уменьшается до $T_E = 4700^\circ \text{K}$ при $\lambda = 1400 \text{ Å}$. В области длин волн короче 1300 Å солнечная радиация состоит главным образом из эмиссионных линий, а также крыльев линий и ионизационного континуума, возникающих в верхней хромосфере и короне. Рентгеновская солнечная радиация очень изменчива и отчетливо коррелирует с вариациями цикла солнечных пятен и другими проявлениями солнечной активности.

В ряде выступлений по поводу перспектив развития ракетных метеорологических исследований отмечалась необходимость не только накопления климатологических материалов, но и более глубокого изучения возмущений, возникающих в верхней атмосфере, и их физической природы. Подчеркивалась также актуальность широкого применения различных косвенных методов определения структурных параметров и исследования динамики верхней атмосферы.

Метеорологические спутники. Основная часть докладов, посвященных проблеме использования метеорологических спутников, касалась анализа данных фотографий распределения облачности, полученных со спутников.

Д. Г. Резерфорд (Австралия) в докладе «Интерпретация некоторых фотографий облачности со спутника «Тирос III» над Южной Австралией» обсудил связи между особенностями распределения облачности и синоптической ситуацией на примере анализа фотографий, полученных 6 августа 1961 г.

Л. Ф. Хуберт (США) рассмотрел в докладе «Средние широты северного полушария — данные «Тироса» как помощь в анализе» возможности использования фотографий распределения облачности для получения сведений о направлении ветра и вертикальном градиенте скорости ветра.

Фотографии облачности со спутника «Тирос III», относящиеся к территории Европы, проанализированы в докладе К. И. Ван-дер-Хама (Голландия) «Фотографии «Тироса» для области Европы». В этой работе изучено влияние подстилающей поверхности (в особенности гор) на распределение облачности (указано, что области гор часто обозначены рядами кучевых облаков). Найдено, что для депрессии в поле давления характерно наличие спиралеобразной системы облачности, причем центр спирали совпадает с центром депрессии, где находится сплошная облачная масса. В промежутках между этими основными облачными системами часто наблюдаются кучевые облака в форме рядов и «улиц». В некоторых случаях над облачными «улицами» обнаружены струйные течения.

И. Джекобс (Западный Берлин) изучил в работе «Использование наблюдений «Тироса» в синоптическом анализе над Средиземным морем и Северной Африкой» влияние Средиземного моря на распределение облачности, а также дополнительные возможности, которые дают фотографии облачности со спутников для анализа метеорологических процессов на слабо освещенной в метеорологическом отношении территории Северной Африки. Аналогичная проблема использования фотографий облачности для синоптического анализа в труднодоступных районах обсуждена в докладе Д. К. Сэдлера (США) «Использование данных по облачности со спутников в тропической метеорологии» на примере тропических областей.

В докладе Т. Фужита, Т. Ушижима, У. А. Хасса и Г. Т. Делерта «Метеорологическая интерпретация конвективных нефосистем, появляющихся на фотографиях облачности со спутников «Тирос» предлагается объяснение очень интересного явления крупномасштабных конвективных облаков, впервые обнаруженного на фотографиях облачности со спутников. Показано, что главной причиной этого явления служит интенсивная адвекция теплого воздуха.

В докладах Д. К. Уорка и Р. У. Попхэма «Разработка техники обнаружений льда со спутников» и З. Фритца «Обнаружение снега со спутников» обсуждены возможности различения снега, льда и облаков на фотографиях, полученных со спутников.

Вопросу различения и классификации облачности по фотографиям со спутников посвятил свой доклад «Интерпретация облаков и крупномасштабных систем облачности, наблюдаемых со спутников» Д. Х. Коновер (США). В этом докладе рассмотрены возможности интерпретации облачности по таким ее характеристикам, как форма, структура, размеры, очертания, яркость. Специально проанализированы в частности, факторы, определяющие яркость облаков.

Доклад Р. С. Скораера (Англия) «Образование облаков» содержал общее рассмотрение проблемы образования кучевой облачности.

Несколько докладов американских авторов посвящены анализу результатов измерений радиации на метеорологических спутниках. В докладах У. У. Нордберга и Р. А. Ханела «Результаты исследований радиации на спутниках «Тирос» и В. Е. Суоми «Результаты исследований радиации на спутниках «Эксплорер VII» и «Тирос III»» сообщены предварительные итоги измерений уходящей радиации, а также сделаны попытки найти корреляции между особенностями синоптической ситуации и полями уходящей радиации. В первом из упомянутых докладов специально обсуждается проблема обнаружения ураганов в поле уходящего теплового излучения. В. Е. Суоми проанализировал связь между особенностями поля уходящего теплового излучения и расположением экстремумов давления (циклонов и антициклонов).

Д. К. Уорк и Д. С. Уинстон в докладе «Использование измерений радиации на спутниках для синоптического анализа и исследований планетарного теплового баланса» рассмотрели ряд вопросов, связанных с интерпретацией результатов измерений уходящей радиации со спутников. В частности, ими выполнены расчеты вклада атмосферы в уходящее тепловое излучение диапазона длины волн 8—12 мк, для того чтобы решить задачу определения температуры земной поверхности или верхней границы облаков по данным измерений уходящего излучения в «окне» прозрачности. Рассматриваемые расчеты подтвердили принципиальную возможность характеризовать распределение облачности по полю уходящего теплового излучения в «окне» прозрачности (это особенно важно для ночной стороны Земли). Только случай сплошной облачности нижнего яруса является трудным, поскольку в данном случае практически невозможно различить облака и земную поверхность.

В работе К. Прабхакара и С. И. Расула (США) «Оценка данных «Тироса» по инфракрасной радиации» выполнены расчеты уходящей тепловой радиации в области спектра 7—30 мк с целью сопоставления результатов вычислений и измерений.

Р. Фрит (Англия) сообщил в докладе «Эксперимент по определению вертикального распределения озона со спутника», что на совместном англо-американском спутнике серии «Скаут» будет установлена аппаратура для измерений озона по поглощению в атмосфере солнечной радиации при «заходах» и «восходах» Солнца относительно спутника. Задача измерения оптическим методом озона, а также других компонент атмосферы обсуждена также в докладе С. В. Венкатесварана (США) «Исследование верхней атмосферы между 50 и 100 км с помощью спутников и ракет».

4. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

По приглашению американских коллег я посетил целый ряд научно-исследовательских организаций. Однако ввиду ограниченного времени, которым я располагал, знакомство с ними было весьма беглым. Поэтому далее излагаются лишь отдельные впечатления о том, что мне удалось увидеть.

Гарвардский университет. Поскольку в течение всей второй части поездки я был гостем Гарвардского университета, то провел там относительно большее количество времени и смог внимательно познакомиться с работой отдела физики атмосферы университета, а также обсерватории Блу Хилл, которыми руководит проф. Р. М. Гуди.

Сотрудники обсерватории Блу Хилл ведут очень интересные работы по атмосферной оптике. Одна из них (недавно законченная Р. М. Гуди и Ф. Вольцем) касается абсолютных измерений яркости сумеречного неба. Цель этой работы состояла в том, чтобы, выполнив абсолютные измерения яркости сумеречного неба при сравнительно небольших погружениях Солнца (не более 9° , когда влияние свечения ночного неба еще не является существенным), сравнить экспериментальные данные с результатами теоретических расчетов. Последние были сделаны для различных моделей вертикального распределения и дисперсного состава аэрозолей в рамках теории, учитывающей только первичное рассеяние солнечной радиации. Указанное сравнение результатов расчетов с экспериментом позволяет сделать заключение о вертикальном профиле аэрозолей в стратосфере и мезосфере. Главные выводы работы состоят в том, что концентрация аэрозолей в верхней атмосфере невысокая. Оценки возможного влияния аэрозолей на тепловой режим и фотохимические процессы в верхних слоях атмосферы привели к отрицательному результату. Не обнаружено аэрозольных слоев в верхней атмосфере.

Из других работ, ведущихся в обсерватории Блу Хилл и находящихся в стадии подготовки аппаратуры, следует отметить: 1) исследование содержания в атмосфере второстепенных компонент (СО, NO и др.) спектроскопическим методом по поглощению солнечной радиации в атмосфере; 2) изучение структуры турбулентности в слое, генерирующем свечение ночного неба, по наблюдениям флуктуаций яркости неба в двух точках; 3) исследование люминесценции неба днем (с исключением влияния рассеянного солнечного света).

В отделе метеорологии Гарвардского университета проф. Р. М. Гуди продолжает свои работы по исследованию влияния излучения на устойчивость конвективных движений. С этой целью получено теоретическое решение задач о конвекции для ряда простых случаев, но с корректным учетом селективности поглощения и излучения радиации. Одновременно осуществляются лабораторные эксперименты, имеющие целью сравнить теорию с опытом.

Проф. А. Робинсон и океанолог проф. Г. Стоммель заняты решением ряда нелинейных задач по динамике моря и атмосферы.

Отдел метеорологии имеет сравнительно небольшое число студентов (около 10 чел.) только старших курсов (эквивалентных нашей аспирантуре), которые готовят докторские диссертации (соответствующие советским кандидатским диссертациям).

Массачусетский технологический институт. В отделе метеорологии, возглавляемом проф. Г. Т. Хотовом, имеется очень сильная группа специалистов-теоретиков в области динамической метеорологии: проф. Д. Чарни, проф. Н. Филипс и др. Основное направление работы — исследования по динамике атмосферы, причем в последнее время заметна тенденция перехода к задачам, связанным с верхней атмосферой. Так, например, проф. Д. Чарни занимается сейчас задачей о закономерностях общей циркуляции воздушных масс в мезосфере, а также проблемой взаимодействия между тропосферой и стратосферой. В плане работ Д. Чарни стоят также проблемы океанической циркуляции и разработки методов численного прогноза полей метеорологических элементов на срок от 1 до 4 недель. Ведутся также работы по синоптической метеорологии, в первую очередь по проблеме диагноза и прогноза условий образования и перемещения ураганов на территории США. Имеется лаборатория радиометеорологии, решающая задачу определения интенсивности осадков радарным методом.

Лаборатория метеорологических спутников Бюро погоды США. В этой лаборатории, созданной в 1958 г. по инициативе Г. Векслера и Э. Фригца (последний является сейчас научным руководителем лаборатории), осуществляются три раздела работы: 1) оперативное использование в службе погоды фотографий распределения облачности, полученных с метеорологических спутников; 2) научные разработки, связанные с использованием этих фотографий (нефоанализ); 3) анализ и практическое использование данных измерений радиационного баланса системы «земная поверхность—атмосфера» со спутников; 4) разработка метода термического зондирования атмосферы со спутников (включая аппаратуру и вопросы интерпретации результатов измерений). Персонал лаборатории насчитывает около 50 человек.

Поскольку результаты исследований, выполненных в лаборатории, широко публиковались в различных журналах, остановлюсь только на характеристике последнего из упомянутых выше направлений работы.

Д. К. Уорк в сотрудничестве с Д. Т. Хиллери и фирмой «Барнес» разрабатывает для спутников серии «Нимбус» инфракрасный спектрометр с дифракционной решеткой, предназначенный для измерений уходящего теплового излучения системы «земная

поверхность — атмосфера» в области 15 мк полосы поглощения углекислого газа. Конструкция спектрометра предусматривает одновременное измерение уходящего излучения в направлении надира (телесный угол 0,04 рад) в пяти участках спектра упомянутой полосы поглощения шириной 5 см⁻¹ (соответственно, в приборе имеется пять полупроводниковых болометров в качестве приемников излучения). Спектрометр должен работать в космическом вакууме с использованием той же схемы входного оптического устройства, что и в узкоугольных радиометрах, установленных на спутниках «Тирос». Параллельно подготовке аппаратуры ведется разработка вопросов интерпретации результатов измерений с целью получить по этим данным сведения о вертикальном распределении температуры в атмосфере. В этой связи осуществляется также лабораторное исследование спектра поглощения в области 15 мк полосы углекислого газа. Для этой цели создан лабораторный инфракрасный спектрометр со сменной оптикой, работающей в диапазонах: 2,2—14 мк и 12—50 мк. Разрешающая способность спектрометра составляет 0,2—0,5 см⁻¹. Газовая кювета позволяет изменять длину пути от 10 см до 10 м.

Годдардовский центр космических исследований НАСА. В этом учреждении я посетил возглавляемый У. Г. Страудом отдел, который занимается метеорологическими спутниками и верхней атмосферой. В настоящее время У. Г. Страуд и его сотрудники У. Нордберг и У. Бандин продолжают те работы по применению ракетного акустического метода для определения структурных параметров и ветра в верхней атмосфере, которыми они занимались на протяжении ряда лет в форте Черчилл (Канада). Кроме того, Р. Ханэл и перечисленные выше сотрудники уделяют сейчас большое внимание анализу результатов измерений уходящей радиации на спутниках «Тирос». Особое внимание уделяется, в частности, проблеме обнаружения ураганов, исследованию распределения облачности по полю уходящего теплового излучения. Здесь ведется также разработка аппаратуры для измерения радиации на спутниках. Так, например, Р. Ханэл работает над созданием прибора для измерений солнечной постоянной. Осуществляются, кроме того, различные исследования по физике верхней атмосферы. Отдел У. Г. Страуда ведет свою работу на основе координации исследований с Лабораторией метеорологических спутников Бюро погоды.

Геофизический исследовательский директорат Кембриджского исследовательского центра ВВС США. Здесь я ознакомился с лабораторией теплового излучения. Зав. лабораторией д-р Д. Н. Говард, посетивший Ленинградский университет осенью 1960 г., очень внимательно и гостеприимно принял меня, предоставив возможность побеседовать с сотрудниками лаборатории о проводимых ими работах.

Основное направление работы лаборатории — исследования инфракрасных спектров поглощения различных компонент атмосферы в условиях, моделирующих реальную атмосферу. Для этой цели в лаборатории создан автоматически регулируемый инфракрасный спектрометр с термобарокуветой, обладающий спектральной разрешающей способностью около 0,1 см⁻¹. Для исследований спектров поглощения в далекой инфракрасной области применяется интерферометрическая методика, позволяющая достичь разрешения порядка 0,3—0,5 см⁻¹. В настоящее время с помощью двух упомянутых приборов исследуются инфракрасные спектры поглощения ряда атмосферных газов, в частности озона. Основными участниками этой работы являются д-р Д. Геринг и д-р Лёвенштейн. В лаборатории ведутся также работы по абсолютной пиргелиометрии (П. Гест). Очень интересное исследование вертикального профиля концентрации аэрозолей в атмосфере оптическим методом подготавливают Л. Элтерман и Р. Пенндорф, планирующие использовать для этой цели интенсивный пучок монохроматической радиации, генерируемой лазером. Лаборатория теплового излучения имеет большое число контрактов на работы по инфракрасной спектроскопии атмосферы с научными организациями, находящимися не только в США, но и в Европе.

Ознакомление с данными о работе Кембриджских исследовательских лабораторий показывает, что здесь осуществляется очень широкая программа научных и прикладных исследований. Для этого используются три системы организаций: 1) собственная научная база (около 30% объема работы), 2) контракты с университетами и частными фирмами, 3) гражданские научно-исследовательские филиалы ВВС США (The Rand Corporation, Mitre Corporation, Aerospace Corporation и др.).

В Кембриджском исследовательском центре работает около 1100 чел.; из них примерно 600 составляют научные работники и инженеры. Ежегодные затраты на научную работу, включая примерно 1200 контрактов, составляют около 60 млн. долларов.

Основные направления работы включают следующие проблемы: состав и строение земной атмосферы; атомные и молекулярные структуры; гравитация, сейсмология, метеорология (включая метеорологические спутники); физика твердого тела; электрофизика и теория поля; физика Солнца.

Геофизическая корпорация Америки. Эта частная фирма, организованная в 1959 г. бывшим директором Кембриджских исследовательских лабо-

раторий ВВС США М. Гринбергом, осуществляет сейчас, в частности, широкие исследования по физике верхней атмосферы Земли, атмосфер планет и космоса. В отделе, руководимом д-ром Ф. Ф. Мармо, с работой которого я познакомился, ведутся работы в следующих направлениях: 1) исследования фотохимических процессов в земной атмосфере выше 100 км (Ф. Ф. Мармо с сотрудниками); 2) работы по физике (в первую очередь тепловому режиму) атмосфер Венеры и Марса (особенно активны попытки объяснить большой парниковый эффект атмосфер Венеры; этой задачей занимается в первую очередь д-р Д. Оринг); 3) ракетные зондирования по методу создания искусственных натриевых облаков с целью изучить закономерности поля ветра на высотах около 100 км; 4) физика плазмы; 5) метеорологические спутники (д-р Ж. Кинг, работающий в этой области, продолжает развивать предложенную им ранее методику термического зондирования атмосферы со спутников по данным измерений углового распределения уходящего теплового излучения; д-р Д. Оринг разрабатывает вопросы интерпретации результатов измерений радиации на метеорологических спутниках).

Для решения перечисленных задач в отделе д-ра Ф. Ф. Мармо не только проектируется, но и изготавливается разнообразная аппаратура для ракет, спутников и космических кораблей. Так, например, в настоящее время готовятся масс-спектрометры для измерений концентрации гелия в экзосфере (эта работа имеет целью изучение проблемы теплового равновесия на больших высотах). Лаборатория отдела располагает современной спектральной аппаратурой для исследования спектров поглощения в области вакуумного ультрафиолета.

Институт исследований космоса в Нью-Йорке, возглавляемый д-ром Р. Джастровом и организованный примерно два года тому назад, осуществляет в тесном контакте с Колумбийским университетом разносторонние теоретические исследования по всем разделам, связанным с программой изучения космоса: физика Земли; метеорология (в первую очередь — интерпретация результатов измерений радиации на метеорологических спутниках); физика верхней атмосферы (в особенности — ионосферы); атомные и электронные взаимодействия; физика плазмы; астрофизика; гравитационная астрономия, включая небесную механику и геодезию; космология и теория относительности. Институт имеет сравнительно небольшое число постоянных сотрудников (около 20—25 чел.), но привлекает к разработке упомянутой тематики ученых очень высокой квалификации, работающих в других учреждениях (например, Г. Юри, Д. У. Чемберлена и др.).

Американское метеорологическое общество (г. Бостон), с работой которого меня любезно познакомил секретарь Общества д-р К. Спенглер, ведет активную деятельность по изданию основных метеорологических научных и научно-популярных журналов; осуществляет большую программу переводов научных публикаций на английский язык; занимается широкой пропагандой метеорологических знаний, используя для этого самые разнообразные каналы; в известной мере выполняет функции центра координации научных исследований по метеорологии и физике атмосферы.

За время пребывания в США я везде встречал внимательное и гостеприимное отношение. Я особенно обязан проф. Р. М. Гуди, который был моим внимательным и заботливым хозяином во время двухнедельного пребывания в Гарвардском университете.

К. Я. Кондратьев