0063.551.52

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАДИАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

По приглашению Академии наук СССР в Ленинграде с 5 по 12 августа 1964 г. работал очередной Международный симпозиум по исследованию радиационных процессов. Созываемые раз в три года Комиссией по радиации Международной ассоциации метеорологии и физики атмосферы, эти симпозиумы собираются поочередно в различных странах и объединяют специалистов, работающих в области атмосферной оптики и актинометрии. Вначале сравнительно скромный масштаб симпозиумов резко увеличился за последнее десятилетие, главным образом вследствие быстро возрастающего размаха исследований, связанных с проблемой использования спутников и ракет для выполнения атмосферных исследований и проблемой выяснения роли радиационного теплообмена в атмосферных динамических процессах, определяющих развитие погоды.

Научные задачи, возникающие по мере проникновения в эти проблемы, становятся все более и более разносторонними и требуют участия все более широких кругов специалистов различного профиля. Поэтому, в частности, программа Ленинградского симпозиума заведомо не могла охватить все аспекты современной атмосферной оптики и актинометрии и ограничивалась только некоторыми (не всегда самыми актуальными) из них:

1. Теория переноса излучения в планетных атмосферах.
2. Инфракрасная спектроскопия атмосферы.
3. Экспериментальные исследования поля излучения в свободной атмосфере.
4. Радиационные проблемы, связанные с задачами динамики и общей циркуляции атмосферы.
5. Радиационная климатология.
6. Наземная и сетевая аппаратура.

Несмотря на такое ограничение (полностью отсутствовали, например, проблемы рассеяния света), программа оказалась очень насыщенной и привлекла к участию в симпозиуме большинство ведущих специалистов. Это придало особый интерес многочисленным кулуарным собеседованиям, фактически существенно раздвинувшим рамки программы, но в то же время сильно ограничило, за недостатком времени, возможности публичной дискуссии.

Среди делегаций, представлявших 26 стран, наиболее крупными были делегации СССР (119 человек) и США (45 человек). Общее количество иностранных делегатов составляло 107 человек, из которых 12 приходилось на социалистические страны. Кроме того, в заседаниях, которые происходили в Таврическом дворце, принимало участие от 200 до 500 гостей. В программу входило всего 145 докладов (в том

числе 30 обобщающего характера, заказанных председателями секций), из которых 80 было доложено и 65 представлено в виде тезисов и препринтов. Основными рабочими языками были английский и русский.

Симпозиум открыл Президент Международной комиссии по радиации Ф. Мёллер (ФРГ). Кратко обрисовав в своем адресе задачи симпозиума, он напомнил о роли русских ученых на ранней стадии развития актинометрии и выразил благодарность советским ученым за хорошую подготовку и организацию симпозиума. Со словами приветствия к участникам симпозиума обратились заместитель председателя Исполкома Ленинградского Горсовета И. Я. Попов, председатель советского межведомственного геофизического комитета при АН СССР В. В. Белоусов, председатель советского межведомственного Оргкомитета симпозиума М. И. Будыко, президент Международной ассоциации метеорологии и физики атмосферы А. М. Обухов.

Председатель секции «Теория переноса излучения в планетных атмосферах» З. Секера (США) в вводном докладе обрисовал последние достижения зарубежной науки в этой области и отметил, что они позволяют приблизиться к решению многих реальных задач. Существенные результаты достигнуты в развитии методов математического формулирования задач различного типа, в частности, для случаев неоднородных сред с анизотропным рассеянием и для сферических планетных атмосфер. Однако более важным докладчик считает усовершенствование методов решения матричного уравнения переноса и дальнейшее развитие теории Чандрасекара. Сопоставляя на примере одной модели различные методы, докладчик подробно остановился на разработанном им методе редукции матричного уравнения к удобной для численного решения скалярной форме, пригодном в случае произвольного вида матрицы рассеяния.

К числу наиболее сложных и наименее изученных проблем теории переноса относится проблема распространения излучения в средах с большой оптической толщей — в облаках, в снежном покрове, в водных бассейнах и т. п. До недавнего времени здесь были доступными для строгого решения только простейшие сильно идеализированные задачи, не учитывавшие ряда существенных для реальных сред обстоятельств (вытянутости индикатрисы, поляризационных эффектов и др.). Поэтому для прикладных целей, в частности, для учета почти неизученных экспериментально оптических и радиационных свойств облаков, как правило, прибегали к крайне грубым и теоретически необоснованным приближениям (например, к так называемому двухпотоковому). И только в самое последнее время в этой области наметился серьезный прогресс.

В докладе «Оптические и радиационные свойства облаков», сделанном Г. В. Розенбергом (СССР) от имени четырех авторов (Г. В. Розенберг, Л. М. Романова, Е. М. Фейгельсон, К. С. Шифрин), содержался обзор основных результатов, полученных в этом направлении советскими авторами. В серии работ Г. В. Розенберга получены в простом аналитическом виде приближенные решения матричного уравнения переноса для толстых слоев рассеивающей среды с произвольной матрицей рассеяния. Результативные формулы, подвергнутые широкой экспериментальной и теоретической проверке, явно разделяют влияние поглощения и толщины слоя и содержат индикатрисные и поляризационные эффекты в виде параметров, легко определяемых эмпирически. Л. М. Романовой развит эффективный численный метод решения уравнения переноса при сильно вытянутых индикатрисах рассеяния в случае толстых оптических слоев и выяснен ряд закономерностей, свойственных их световому режиму. Е. М. Фейгельсон получены приближенные решения уравнения переноса для моделей, близко имитирующих свойства облаков. С их помощью рассчитаны плотности потоков и угловые распределения отраженной и проходящей радиации, влияние облаков на тепловой режим атмосферы и влияние радиационного теплообмена на процесс формирования облачности. К. С. Шифриным рассчитаны коэффициенты поглощения и рассеяния облачных капель и типичной облачной среды, а также выполнены расчеты радиационных потоков, проникающих в облако и отражаемых им. Перечисленные работы, с одной стороны, привели к созданию эффективных методов расчета оптических и радиационных свойств облаков и туманов (а также снежного покрова, некоторых почв, например, глин, песков и водных бассейнов) и позволили выявить степень применимости различного рода приближенных методов. С другой стороны, в результате названных работ получены достаточно обширные и разносторонние, как качественные, так и количественные представления о влиянии на эти свойства различных параметров среды, что обеспечивает возможность использования существующих данных при анализе разнообразных метеорологических задач.

Той же проблеме была посвящена работа Ж. Ленобль и М. Эрма (Франция), экспериментально исследовавших световой режим в глубине рассеивающей среды в зависимости от ее параметров. Авторы обнаружили хорошее соответствие данных измерений теоретическим ожиданиям, полученным путем расчета для соответствующих индикатрис рассеяния. Попутно были выявлены

некоторые возможности определения индикатрисы рассеяния по форме тела яркости в глубине рассеивающей среды.

В сообщении У. М. Ирвина (США) показано, что использование метода Неймана для решения уравнения переноса в случае сильно анизотропного рассеяния целесообразно, если оптическая толща меньше единицы. Дж. В. Давэ и У. Х. Уокер (США) путем численного эксперимента для случая молекулярного рассеяния установили, что при расчете яркости света, проходящего сквозь плоскопараллельный слой, роль кратного рассеяния заметно выше, чем предполагалось ранее Так, для расчета с точностью до четвертой значащей цифры необходимо учитывать при оптической толщине $\tau = 0{,}1$ рассеяния до четвертой кратности, при $\tau = 1{,}0$ до десятой и при $\tau = 10{,}0$ до тридцатой кратности. Вклад рассеяний высокой кратности убывает примерно в геометрической прогрессии, причем для $\tau = 1{,}0$ яркость $n + 1$-кратного рассеяния составляет около $^2/_3$ яркости n-кратного. Еще больше роль многократного рассеяния при анализе поляризационных эффектов (для правильного расчета положения нейтральных точек при $\tau = 1{,}0$ следует учитывать не менее чем 10-кратное рассеяние). В. В. Иванов (СССР) рассмотрел малоизученный случай распространения излучения в атмосфере с большой оптической толщиной в области изолированной спектральной линии. При большой вероятности выживания кванта задача существенно упрощается и допускает приближенное решение, обеспечивающее достаточную для большинства интересных задач точность. Формулировку уравнения переноса применительно к статистически неоднородным анизотропным средам типа растительного покрова предложил Ю. К. Росс (СССР).

Г. И. Марчук (СССР) нашел общую математическую формулировку обратной задачи теории переноса излучения, вытекающую из совместного рассмотрения уравнения переноса и сопряженного ему уравнения для ценности информации, связанного с функционалом, описывающим показания измерительных приборов. Опираясь на развитую им теорию возмущений (в качестве возмущения рассматривается отклонение структурных параметров среды, например, атмосферы, от стандарта), оказывается возможным высказать, в частности, рекомендации, относящиеся к постановке измерений на метеорологических спутниках.

Обширная группа докладов была посвящена проблемам переноса излучения в планетных (преимущественно земной) атмосферах. В. В. Соболев (СССР) сообщил о построенной им совместно с И. Н. Мининым теории переноса излучения в сферически-симметричной атмосфере планеты с учетом явлений рефракции для произвольного закона рассеяния. Развиты два метода решения задачи о сферически-симметричной атмосфере и получены результаты, существенные для исследования светового режима в области терминатора.

Основные результаты и методы теоретического анализа поля коротковолнового излучения при безоблачном небе, выполненного в серии работ ГГО (К. С. Шифрин и сотрудники) и ИФА (Е. М. Фейгельсон, М. С. Малкевич и сотрудники) стали предметом доклада К. С. Шифрина (СССР). Разработаны достаточно простые и эффективные методы расчета, позволяющие учесть вытянутость атмосферной индикатрисы рассеяния и высотный ход замутненности атмосферы. Составлены обширные таблицы яркости атмосферы в различных направлениях и на различных высотах (включая и характеристики поля излучения, отражаемого планетой в космос) для разных моделей атмосферы, различных подстилающих поверхностей и всевозможных условий освещения в широком спектральном диапазоне. Ряд теоретических предсказаний проверен экспериментально. М. Кано и З. Секера (США) теоретически исследовали влияние высоты расположения замутненного слоя на поляризацию света дневного неба. Выяснено, что положения максимума поляризации и особенно нейтральных точек чувствительны к высотному распределению аэрозоля.

К. Л. Каулсон, Г. М. Бурициус и Э. Л. Грей (США) в лабораторных условиях измеряли отражательную способность глины и песка в различных областях спектра, а также поляризацию отражаемого ими света и выполнили расчеты яркости атмосферы различной оптической толщины τ с молекулярным рассеянием и различными подстилающими поверхностями. Показано, что свойства подстилающей поверхности существенны при $\tau \leqslant 1{,}0$ и становятся почти безразличными при $\tau \geqslant 1{,}0$.

О. А. Авасте и Ю. Р. Мулламаа (СССР), опираясь на выполненные Ю. Мулламаа расчеты отражательной способности морской поверхности в зависимости от скорости ветра и высоты Солнца, рассчитали угловое распределение яркости света, отражаемого морской поверхностью и выходящего за пределы атмосферы при различных состояниях последней. Лабораторные измерения зависимости альбедо

различных объектов от условий облучения выполнялись Ф. Фольцем (ФРГ). Э. де-Бари и К. Бульрих (ФРГ) предложили эмпирический приближенный метод определения яркости многократно рассеянного атмосферой света, основанный на предположении, что доля кратного рассеяния в присутствии аэрозоля остается такой же, как и для молекулярной атмосферы.

Из экспериментальных работ наибольший интерес представляло сообщение Дж. Ноксона и Р. Гуди (США), обнаруживших путем тонких поляризационных измерений в окрестностях сильных фраунгоферовых линий избыточное дневное свечение атмосферы, обусловленное либо флуоресценцией аэрозоля, либо комбинационным рассеянием. Сообщение о результатах измерений поляризации света дневного неба в различных условиях было представлено Е. В. Пясковской-Фесенковой (СССР). На обильном материале наблюдений автор изучал влияние облачности, многократного рассеяния и свойств аэрозоля на степень поляризации. К. Секихара (Япония) рассказал о предпринятой им попытке определения истинного поглощения света атмосферным аэрозолем путем сопоставления результатов многолетних наземных актинометрических наблюдений в различных участках спектра с теоретическими ожиданиями.

Проблеме решения обратных задач теории рассеяния было посвящено сообщение К. С. Шифрина и А. Я. Перельмана (СССР), разработавших методы расчета распределения малых частиц по размерам в полидисперсной системе, исходя из измерений либо рассеяния света под малыми углами, либо спектральной зависимости коэффициента экстинкции, либо (в случае «мягких» частиц) индикатрисы рассеяния. Установлены требования, обеспечивающие однозначность решения этой задачи при использовании спектрального хода экстинкции. Спектральный ход коэффициента экстинкции атмосферного аэрозоля для различных гауссовых распределений частиц по размерам рассчитан Л. Фойтциком (ГДР).

Ряд докладов был посвящен проблеме радиационного теплообмена в атмосферах планет. В докладе Дж. И. Кинга (США) «Перенос излучения при наличии источников внутри среды» развит формализм для решения уравнения переноса излучения в случае полубесконечной среды со сферической индикатрисой рассеяния, если внутри среды располагаются источники теплового излучения. Решение выражается через Ф-функции Амбарцумяна, обобщаемые на комплексный аргумент. Обращаясь к атмосфере и рассматривая поглощаемую ею энергию солнечного света как распределенный в среде источник, автор приходит к модели парникового эффекта и рассчитывает вертикальные распределения температуры при различных моделях строения атмосферы. Из теории вытекает, в частности, существование тропопаузы.

Влияние радиационного теплообмена в спектральной области, соответствующей полосе поглощения углекислого газа около 15 *мк*, на тепловой режим мезосферы рассматривалось Г. М. Шведом (СССР). Учитывались зависимости формы линий и вращательной структуры полосы от давления и температуры. Наиболее важным результатом оказалось выявление существенной роли слабых линий поглощения и малых изменений изотопического состава CO_2. Отмечается, что при очень холодной мезопаузе углекислый газ действует как нагревающий агент. Обсуждаются также метод учета отклонений от термодинамического равновесия и влияние присутствия водяного пара на радиационный перенос в области поглощения CO_2.

В. А. Барышев (СССР), исходя из некоторых предпосылок о природе атмосферных неоднородностей, рассмотрел связь между корреляционными свойствами поля излучения и статистическими характеристиками основных метеорологических элементов. Г. Оринг (США), использовав простые модели атмосфер Земли, Марса и Венеры, рассчитал парниковый эффект и среднюю температуру поверхностей этих планет. Метод расчета позволил определить влияние количества и высоты облаков, а также найти высоту тропопаузы. В докладе Ф. Бартко и Р. А. Ханела (США) обсуждался вопрос о влиянии малой примеси водяного пара (с учетом зависимости его поглощения от длины волны, температуры и давления) в модели атмосферы Венеры, состоящей из углекислого газа и азота, на равновесный высотный профиль температуры.

Наиболее обширной (37 сообщений) оказалась программа возглавляемой Дж. Говардом (США) секции «Инфракрасная спектроскопия атмосферы». Связанные с ней проблемы стали привлекать к себе особое внимание в виду того, что инфракрасная спектроскопия легла в основу большинства современных методов косвенного исследования атмосферы (например, со спутников) и в то же время превратилась в теоретическую базу исследований радиационного теплообмена.

Исследованию тонкой структуры спектров поглощения и излучения атмосферных газов было посвящено сравнительно мало докладов. Заседание открылось докладом У. С. Бенедикта (США) «Современные теоретические исследования спектров молекул атмосферных газов». В частности, докладчик остановился на проблеме *определения энергетических уровней и молекулярных постоянных молекулы* H_2O, вероятностей колебательных переходов и уширения линий H_2O, CO_2 и N_2O, структуры и интенсивностей комбинационных полос метана. Докладчик сообщил также о выходе в свет фотометрического атласа солнечного спектра, содержащего расшифровку как спектра излучения Солнца, так и телурического спектра в области 7498—12016 Å. Атлас подготовлен им совместно с Л. Дельбуж и Ж. Роландом (Бельгия) по данным измерений на Юнгфрау.

Сообщение К. П. Василевского, В. А. Казбанева, и Т. Е. Дервиц (СССР) касалось результатов лабораторных измерений колебательно-вращательной полосы $4\nu_2+\nu_3(\nu_0=4853{,}55\ см^{-1})$ спектра поглощения углекислого газа. Эквивалентная ширина линий измерялась путем добавления различных количеств азота. Найдены силы осцилляторов и полуширины линий *P*- и *R*-ветвей, а также рассчитаны оптические поперечные сечения как для самоуширения, так и для уширения, обусловленного присутствием постороннего газа. М. Бекар (Франция) сообщил о результатах предпринятого им исследования третьей положительной системы полос CO, включая распределение интенсивностей в полосах. А. Т. Стеир (США) наблюдал последовательность полос $\Delta v = 1$ вращательно-колебательного спектра излучения гидроксила, в основном в электронном состоянии, возбуждаемую в процессе реакции атомарного водорода с озоном. Предсказывается ненаблюдаемое с земной поверхности свечение атмосферы в области 2,5 *мк*.

Основное внимание на заседаниях секции уделено было исследованиям характеристик (в первую очередь функций пропускания) неразрешенных полос поглощения атмосферных газов. Д. Уильямс (США) подробно остановился на методах и результатах выполненных под его руководством «лабораторных исследований инфракрасного поглощения атмосферных газов». Продемонстрировав типичные спектры поглощения и функции пропускания (кривые роста) для основных колебательно-вращательных полос водяного пара, углекислого газа, CO, N_2O и метана, а также для вращательной полосы водяного пара, докладчик подробно рассмотрел методы определ ния уширения линий, вызванного присутствием различных газов, и кратко упомянул об эффектах, *связанных с недипольными переходами*.

Результаты экспериментального исследования «спектра поглощения кислорода в ближней инфракрасной области спектра» сообщил В. И. Дианов-Клоков (СССР). Измерения, охватывавшие диапазон давлений 2—35 *атм*, показали, что в области от 3030 до 12 600 Å спектр поглощения кислорода образуется наложением «атмосферных» полос O_2 с линейчатой структурой и диффузных полос комплекса $[O_2]_2$, причем последние при давлениях порядка 1—2 *атм* преобладают всюду, кроме области 6889—7620 Å. Определены силы осцилляторов и оценено время жизни комплекса $[O_2]_2$. Измерения в атмосфере показали существование диффузной полосы около 10 640 Å, интенсивность которой хорошо согласуется с данными лабораторных исследований.

Д. Э. Берч (США) сообщил о «новейших измерениях инфракрасного поглощения в очень больших толщах углекислого газа» в области 1—5,5 *мк*. Измерения велись в многоходовых кюветах с длиной пути до 930 *м* (давление от $5\cdot10^{-3}$ до $1{,}9\cdot10^{2}$ *мм* рт. ст.) и до 40 *м* (давление до 12 *атм*) со спектральной шириной щели от 0,4 до 2 $см^{-1}$. Изучено много слабых полос, в том числе ранее ненаблюдавшихся.

М. С. Киселева и Б. С. Непорент (СССР) экспериментально изучали «инфракрасное поглощение газовых смесей в области неразрешенных полос». Показано, что спектральные постоянные сохраняют свои величины в широком диапазоне значений функции пропускания, включающем области закона квадратного корня и логарифмической зависимости. Спектр *проходящего излучения однозначно определяется функцией пропускания*, не зависящей от отношения концентраций поглощающего и непоглощающего газов.

Температурную зависимость интегральной интенсивности инфракрасных полос поглощения и пропускания атмосферных газов определял К. Ч. Феррризо (США), получивший данные для полос 6,3; 2,7; 1.87; 1,34 и 1,1 *мк* H_2O; 4,3; 2,7 и 1,9 *мк* CO_2 и 5,3 и 2,2 *мк* NO в интервале температур 300— 3000° К. Теоретическая модель, построенная на основе приближения гармонического осциллятора, привела (в согласии с экспериментом) к отсутствию температурной зависимости интенсивности фундаментальных полос, в отличие от обертонов и комбинационных полос.

Э. К. Гора (США) в сообщении «Роль структуры крыльев спектральной линии в инфракрасном поглощении атмосферы» предложил феноменологическую теорию, объединяющую два типа «статистического» уширения линий за пределами справедливости кранцева контура. А. П. Гольцев (СССР) сформулировал новое приближение для модели Эльзассера, учитывающее то, что при больших количествах поглощающего газа формула Ладенбурга — Рейхе для функции поглощения изолированной спектральной линии теряет силу. «Закономерности поглощения селективного инфракрасного излучения углекислым газом в области 4,1—4,7 *мк*» были обследованы Э. С. Кузнецовой и М. В. Подкладенко (СССР).

В сообщении Л. Д. Каплана (США) «Определение интенсивности и ширины линий полос CO_2 методом кривых роста» обсуждалась возможность использования данных об интегральном поглощении в полосе для расчета прозрачности атмосферы. Показано, что для теплового баланса (особенно стратосферы) существенно поглощение в ближних инфракрасных полосах углекислого газа и что допплеровским уширением можно пренебрегать. Измерения функции пропускания длинноволнового излучения в зависимости от температуры черного излучателя (10—80° С) на расстояниях 60—250 *м* осуществлены А. М. Броунштейном (СССР).

Возможности исследования вертикального распределения водяного пара в атмосфере путем измерения на различных высотах инфракрасного спектра излучения Солнца изучались Б. С. Непорентом и М. С. Киселевой. Авторы ввели понятие оптической глубины, заменяющее для функции пропускания оптическую толщу и обладающее аддитивностью для эффективного количества водяного пара. Опираясь на это понятие, авторы критически рассмотрели как экспериментальные методы, так и полученные ими и другими исследователями данные наблюдений.

К. Камминг (Канада) из анализа инфракрасной области спектра Солнца около 3855 $см^{-1}$, измеренного над Флоридой на высотах 10,7; 12,2 и 13,7 *км* при помощи самолетов, обнаружил сильную изменчивость содержания водяного пара между этими уровнями и над верхним из них. Измерения спектров Солнца, выполненные при помощи баллонов до высоты 29 *км*, позволили ему определить высотный ход концентрации H_2O, O_3 и CO_2.

Измерения спектра Солнца с баллонов на различных высотах до 31,4 *км* выполнены 28.V 1963 г. Д. Ж. Мёркри, Ф. Х. Мёркри и У. Дж. Уильямсом (США) в области 1400—2600 $см^{-1}$. Данные для полосы CO_2 2350 $см^{-1}$ оказались в хорошем соответствии с расчетами Пласса; для полосы 1595 $см^{-1}$ водяного пара согласия не найдено. Дж. Х. Шоу (США), проанализировав около 700 спектров Солнца, полученных в 1954—1955 гг. на обсерватории Маунт-Вилсон и содержащих полосы 1—0 CO_2, нашел, что количество CO_2 составляет в среднем 0,06 *атм·см*, но временами заметно увеличивается.

Спектральные измерения прозрачности атмосферы с Земли в областях 3—13 *мк* и 0,4—0,9 *мк* выполнялись И. Я. Бадиновым, С. Д. Андреевым и Л. В. Даевой (СССР). Определено поглощение водяным паром и показано, что в области 8—9 *мк* аэрозольное ослабление сравнимо с поглощением парами воды. Определено внеатмосферное распределение энергии в спектре Солнца. Измерения прозрачности всей толщи атмосферы в дальней инфракрасной области спектра (от 8 до 1000 *мк*) с разрешением 0,5—1,0 $см^{-1}$ выполнены на высоте 5300 *м* С. В. Фармером (Англия).

Н. М. Гоптштейн и В. И. Кушпиль (СССР) при помощи баллонов измеряли яркость дневного неба в областях 1,0; 1,25 и 1,59 *мк*. В то время как яркость в областях 1,0 и 1,59 *мк* монотонно убывает с высотой, убывание яркости в области 1,25 *мк* прекращается с высоты 18—20 *км*, что, по мнению авторов, является следствием существования селективно излучающего слоя над этим уровнем.

Яркость дневного неба и Солнца в области 0,98 *мк*, выделяемой интерференционным светофильтром, измерялась Ф. Фольцем (ФРГ). В случае облачности величина поглощения зависит от высоты облаков и искажается присутствием полосы поглощения жидкой воды.

Спектры собственного излучения атмосферы (ясного ночного неба) в области 4—25 *мк* исследовали на уровне моря с разрешением 0,1—0,4 *мк* С. В. Ащеулов и Д. С. Стыро (СССР). Сопоставление с расчетами, выполненными на основе данных радиозондов, показало, что соответствие для полос CO_2 (15 *мк*) хорошее, озона (9,6 *мк*)—хуже и водяного пара (6,3 *мк*)—плохое.

Серия докладов была посвящена ставшему актуальным за последнее время вопросу определения функции пропускания на неоднородных трассах. Р. Гуди (США) проанализировал трехпараметрическую

модель, основанную на учете переналожения двух линий, использовав для этого предложенный Ван-де-Хюльстом метод фурье-преобразования. Сопоставление со строгими численными расчетами показало эффективность и удовлетворительную точность предлагаемого метода.

Расчеты инфракрасных спектров прозрачности атмосферы были предприняты Д. М. Гейтсом (США). Программа включала вычисление положения, интенсивности и полуширины всех линий в полосах поглощения и учет эффектов давления и температуры, а также влияния крыльев до расстояния 150 $см^{-1}$. Расчет выполнен для полос 2,7 *мк* H_2O, 2,7 *мк* CO_2 и 6,3 *мк* H_2O при постоянных давлении и температуре и бесконечном разрешении или треугольной аппаратурной функции. Рассчитанные прозрачности на наклонных трассах находятся в хорошем согласии с данными наблюдений.

С. Д. Уилшоу (Англия) рассчитал погрешности приближения Куртиса — Годсона для ряда моделей атмосферы и предложил эмпирический метод проверки справедливости этого приближения. Метод опробован на расчете охлаждения атмосферы, обусловленного переносом радиации в полосе 9,6 *мк* поглощения озона.

Дж. Н. Пласс (США) высказал некоторые соображения, относящиеся к физическим причинам, ограничивающим область применимости приближения Куртиса — Годсона.

Проблемы влияния аэрозоля на спектральную прозрачность атмосферы были затронуты только в двух сообщениях. К. С. Шифрин и Г. М. Айвазян (СССР) выполнили расчеты спектральной яркости однократно рассеянного аэрозолем света, попадающего в приемник при измерениях экстинкции. Оценка обусловленной этим погрешности для ряда моделей атмосферы показала, что она может достигать десятков процентов и имитировать спектральную зависимость. В. Е. Зуев, М. В. Кабанов, Б. П. Кошелев, С. Д. Творогов и С. С. Хмелевцев (СССР) провели обширное экспериментальное и теоретическое исследование влияния микроструктуры облаков на их спектральную прозрачность в области 0,5—14 *мк*. Развитым авторами методом рассчитаны зависимости коэффициента экстинкции от параметров гамма-распределения частиц по размерам. Измерения прозрачности выполнялись в камерах с искусственным туманом и сопровождались измерениями микроструктуры при помощи специально разработанных поточных ловушек и оптических устройств. На основании более 2000 измерений в 120 туманах найдено удовлетворительное согласие с теорией.

Секция «Радиационные проблемы, связанные с задачами динамики и общей циркуляции атмосферы» работала под председательством Р. М. Гуди (США). Несмотря на то, что в ее программу входило всего 14 сообщений, работа секции (в отличие от остальных) протекала в течение двух дней, что обеспечило возможность развернутой дискуссии, особенно плодотворной, поскольку к участию в ней были привлечены видные специалисты по динамике атмосферы. Следует заметить, что за последние годы этот круг вопросов приобрел особую актуальность в связи с потребностями совершенствования методов прогноза погоды и включения в прогностические схемы неадиабатических факторов, важнейшим из которых служит радиационный теплообмен.

Л. Р. Ракипова и Б. Ю. Шнееров (СССР) сделали обзор советских работ по учету радиационного теплообмена в теории климата и численном прогнозе погоды, начиная с ранних работ И. А. Кибеля, Е. Н. Блиновой и С. А. Машковича, в которых использовались простые модели «серой» атмосферы, до последних работ ряда авторов, учитывающих уже многие детали процесса переноса и позволяющих более уверенно оценивать радиационный теплообмен, а также влияние на него облачности.

О результатах выполненного Дж. Смагоринским, С. Манабе и Дж. Л. Хелловеем численного интегрирования уравнений общей циркуляции атмосферы с подробным расчетом радиационного переноса доложил С. Манабе (США). Авторы использовали так называемые примитивные уравнения движения, дополнив их подробным учетом радиационного теплообмена и влияния на него водяного пара, CO_2, озона и облачности, а также стабилизирующего влияния конвективного переноса влаги, причем предполагалось независимое от времени распределение оптически активных газов. Показано, что в течение 200 дней в изотермической атмосфере образуется термическая структура, соответствующая тропосфере и стратосфере. Характеристическая длина волны в стратосфере оказывается примерно вдвое больше, чем в тропосфере. Меридиональная циркуляция приобретает ячеистый характер и распадается на три ячейки в тропосфере и на две в стратосфере. Высота струйного течения совпадает с наблюдаемой, но его мощность больше, чем в действительности.

«Некоторые соображения о роли тепловых источников в динамике атмосферы» высказал А. Эллиассен (Норвегия). Рассчитав равновесную вертикальную циркуляцию в тропосфере, создаваемую простым высотным распределением тепловых источников, он получил указание на характер зависимости влияния источника от его высоты и от параметров атмосферы А. Р. Робинсон (США) рассчитал для сильно идеализированной модели атмосферы характер развития и установления динамических и термодинамических процессов, обусловленных температурным возмущением поверхности в виде бегущей в широтном направлении суточной волны, в предположении, что радиационный перенос соответствует серой стратифицированной атмосфере по Гуди. Дж. Джилл и Р. М. Гуди (США) развили теорию, позволяющую рассчитывать влияние радиации на температурную структуру, тепловые потоки и условия возникновения ячеистой конвекции в излучающем газе, помещенном между плоскопараллельными стенками. Теория частично подтверждена лабораторными измерениями. В докладе Э. А. Спигела (США), представленном совместно с Д. У. Муром (Англия), на частном примере рассмотрено явление обусловленной радиационным переносом конвективной сверхустойчивости, т. е. возникновения колебаний нарастающей амплитуды, и вскрыта физическая природа этого явления.

Различные методы расчета радиационного теплообмена в пограничном слое атмосферы, где он должен играть заметную роль из-за значительных градиентов температуры и влажности, обсуждались Д. Л. Лайхтманом, Е. Л. Подольской и Ф. Н. Шехтером (СССР). Получена замкнутая система уравнений, включающая радиационный перенос и описывающая вертикальные профили метеорологических элементов и турбулентные характеристики атмосферы. Особенно сильно влияние радиации на эволюцию облаков.

М. И. Юдин (СССР) рассмотрел задачу о параметрическом представлении радиационного нагревания атмосферы, сводящуюся к минимизации числа параметров для описания состояния атмосферы на различных уровнях. Предлагаемый автором метод позволяет выделить основную информацию, необходимую для анализа и прогнозирования крупномасштабных процессов и отфильтровать избыточную информацию. Разработан способ определения основных радиационных параметров состояния погоды и характеристических векторов температурного поля. Рассчитаны примеры, иллюстрирующие общую схему.

Расчеты распределения температур, соответствующих радиационному равновесию в стратосфере и мезосфере, выполнил К. Леови (США). Показано, что процессы радиационного теплообмена, так же как и фотохимические процессы, оказывают тормозящее влияние на крупномасштабную меридиональную циркуляцию. Р. Линдсен и Р. Гуди (США) построили замкнутую систему уравнений, описывающую движения в стратосфере с учетом взаимной зависимости между концентрацией озона и солнечной радиацией. На основе исследования трех моделей атмосферы показано, что имеется взаимосвязь между изменениями температуры и количества озона. Указываются возможности экспериментальной проверки основных выводов.

Роль радиационного теплообмена в диссипации температурных неоднородностей и затухании волновых процессов в атмосфере изучал Г. С. Голицин (СССР). После линеаризации уравнений переноса относительно малых отклонений температуры от стандартной получена функция Грина для «серой» атмосферы. Найдено логарифмическое затухание волн с временем релаксации для типичной атмосферы около 40 часов, т. е. много меньшим, чем для молекулярной теплопроводности. Радиационная теплопроводность становится эффективнее молекулярной начиная с масштабов порядка 10 *м* и при масштабах около 10 *км* превышает ее на 5—6 порядков. В тропосфере радиационный теплообмен играет основную роль в затухании акустических волн с частотами ниже 15 *гц*. Аналогичную задачу, но несколько иными методами, рассматривали Т. Сасаморн и Дж. Лондон (США). Следуя Спигелу, авторы определяли временну́ю зависимость радиационного теплообмена и радиационную диссипацию слабого теплового импульса в плоскопараллельной атмосфере. Для теплового импульса время релаксации найдено близким к 2 часам.

Г. В. Кириллова и С. П. Малевский-Малевич (СССР) экспериментально определяли влияние неоднородности подстилающей поверхности на перенос тепла в нижнем слое атмосферы в ночных условиях. Найдено, что радиационному нагреванию водного бассейна 0,5° в час соответствовало одновременное выхолаживание соседствующих почв на 0,3° в час. Е. Л. Подольская анализировала приближенные методы описания переноса интегрального потока излучения в земной атмосфере. В частности, показано, что присутствие CO_2 может быть учтено эквивалентным изменением влажности.

Первая половина заседания секции «Радиационная климатология», проходившая под председательством М. И. Будыко (СССР), а также почти

все сообщения, представленные в виде тезисов, охватывали две группы проблем — собственно радиационную климатологию и исследования связи радиационной погоды с состоянием атмосферы.

Общий обзор исследований по радиационной климатологии, выполненных в Главной геофизической обсерватории, включая описание изданного в 1963 г. Обсерваторией «Атласа теплового баланса Земли», содержался в докладе М. И. Будыко, Г. Г. Берлянд и И. А. Ефимовой (СССР). Докладчики остановились также на исследованиях суточного хода радиационного режима в различных зонах и на использовании данных радиационной климатологии при решении ряда других метеорологических проблем.

И. Беннет (США) сообщил о результатах исследований по радиационной климатологии в США на основании 12-летних измерений, проводимых 50 станциями.

Очерк радиационного климата территории Советского Союза сделала З. И. Пивоварова (СССР). Н. П. Русин и М. С. Маршунова (СССР) доложили о результатах исследования радиационного баланса Арктики и Антарктики. Исследования атмосферной радиации и теплового баланса земной поверхности выполнялись в Индии О. Чакко, Н. Айер и А. Мани (Индия). Ф. П. Карапиперис (Греция) сообщил о результатах определения суточного хода и межсуточной изменчивости продолжительности солнечного сияния в Афинах. О микроклиматических разностях температур в Москве в связи с радиационными факторами сообщили А. А. Дмитриев и Г. А. Ремизов. Поскольку во всех этих сообщениях речь шла об обширном фактическом материале, останавливаться подробнее на их содержании нецелесообразно и мы отсылаем читателя к оригинальным работам.

Из работ, посвященных изучению связи радиационной погоды с состоянием атмосферы, прежде всего следует упомянуть доклад А. Ангстрема (Швеция), где обсуждаются возможности извлечения из измерений атмосферной мутности данных об атмосферном аэрозоле и ставится задача изучения климатологии аэрозоля, определяющей в основном радиационную климатологию. О климатологии аэрозоля на основе данных измерений прямого излучения Солнца доложили Г. Ямамото и М. Танака (Япония).

О. Д. Бартенева и Е. А. Полякова (СССР) сообщили о результатах многолетних исследований экстинкции и рассеяния света дымками, туманами и дождями. Авторами установлен ряд корреляционных зависимостей и выявлены закономерности, связывающие оптические характеристики с микроструктурой и макропараметрами. Те же авторы изучали отношения освещенности к яркости прямой радиации в сухой атмосфере в высокогорных условиях. Связь прямой солнечной радиации с метеорологическими элементами исследовала на материале наблюдений в Средней Азии М. О. Ситникова.

О. Чакко и В. Дезикан (Индия) обработали результаты пятилетних измерений атмосферной мутности в Дели и в Пуне. О некоторых результатах сетевых наблюдений мутности атмосферы в Европе сообщил Ф. Фольц (ФРГ), обсудивший также вопрос о природе необычных сумеречных явлений, наблюдавшихся по всему земному шару в 1963 г., и приписавший их появление извержению вулкана на о-ве Бали.

И. Ю. Ундла (СССР) из анализа данных актинометрических измерений выявил связь между статистическими характеристиками полной радиации и статистическими характеристиками облачного покрова. Временные и пространственные статистические характеристики прозрачности приземного слоя атмосферы исследованы Е. Н. Довгялло (СССР). Б. Барг (ГДР) сделал от имени Ф. Бернхардта и Г. Филиппса сообщение о расчетах пространственного и временно́го распределений излучения и радиационного баланса на уровне моря.

О выполненных в СССР работах по развитию косвенных методов определения радиационных характеристик сообщил С. И. Сивков (СССР). Методикам измерения и определения поправок при измерениях рассеянного света неба было посвящено сообщение Н. Робинсона (Израиль).

Вторая половина заседания секции «Радиационная климатология», проходившая под председательством К. Я. Кондратьева (СССР), была посвящена радиационно-климатологическим исследованиям с искусственных спутников Земли.

У. Г. Строуд (США) описал радиометрические системы, использованные на спутниках «Тайрос» I, II, III и VII и на спутниках серии «Нимбус». Радиационные данные получены при помощи спутников «Тайрос» свыше чем с пяти тысяч орбит и позволяют составить карты распределения облачности как днем, так и ночью, включая высоту облаков, а также карты распределения температуры в стратосфере и содержания водяного пара в тропосфере. Однако аппаратура нуждается в дальнейшем совершенствовании, что частично выполнено при оборудовании спутников серии «Нимбус».

У. Р. Бэндин, М. Хэлев и И. Стрэндж (США) доложили о некоторых климатологических результатах, полученных из радиационных измерений на спутниках «Тайрос». В общих чертах результаты согласуются с данными о тепловом балансе планеты, полученными косвенными путями. Однако отмечается неожиданно сильное излучение субтропических антициклонов, а также преувеличенное значение меридионального градиента среднего зонального альбедо.

Угловое распределение исходящего от планеты рассеянного излучения Солнца по измерениям со спутников «Тайрос» исследовал А. Аркинг (США), использовавший для этого показания «коротковолнового» канала радиометра. В среднем угловое распределение существенно отличается от ламбертова, причем анизотропия сильно зависит от высоты Солнца. Индикатриса обнаруживает сильный пик в передней части и слабый в области рассеяния назад, согласуясь в общих чертах с расчетами Е. М. Фейгельсон и М. С. Малкевича. Исследованы сезонная, широтная, географическая и др. зависимости альбедо, а также широтная зависимость средней величины облачности. Последняя оказалась близкой к результатам наземных наблюдений: с минимумами около 40—45% при 15° ю. ш. и 30° с. ш., максимумом около 50% при 10° с. ш. и значениями около 70% при 60° северной и южной широты.

В докладе С. И. Расула и К. Прабхакара (США) «Тепловой баланс атмосферы и общая циркуляция» сообщалось о выполненном авторами анализе данных наблюдений со спутников «Тайрос» для извлечения географических и временных вариаций коротковолнового альбедо Земли и ее длинноволнового излучения в космос. Были получены среднемесячные распределения теплового баланса по поверхности планеты между 60° с. ш. и 60° ю. ш. После расчета энергии, запасаемой океаном, почвой и атмосферой, а также скрытой теплоты испарения был найден месячный долготный перенос энергии в этом поясе. Полученные данные сопоставлены с наземными данными о циркуляции атмосферы. Сезонные распределения и вариации компонент радиационного нагревания планеты Земля по данным измерений на «Тайросе-IV» изучались Дж. С. Уинстоном (США), а также Ф. Хаузом (США).

Э. Рашке (ФРГ) определял по данным измерений со спутника «Тайрос-III» среднюю относительную влажность в верхней тропосфере и температуру подстилающей поверхности и построил соответствующие синоптические карты. Дж. Кинг (США) анализировал возможности использования гауссова метода обращения для определения температурной структуры атмосферы по данным измерений со спутников.

Значительная часть заседания секции «Экспериментальные исследования поля излучения в свободной атмосфере», проходившая под председательством Д. К. Уорка (США), была как бы непосредственным продолжением обсуждения проблемы использования искусственных спутников Земли для метеорологических целей, но уже в другом, методическом плане. Д. К. Уорк, Х. Э. Флеминг, Дж. Х. Льениш и Ф. Ван-Клиф (США) изучали возможности определения структуры температурного поля атмосферы на основании радиационных измерений со спутников. В принципе, на основании сведений об излучении атмосферы в различных участках полосы поглощения CO_2 около 15 *мк* можно найти вертикальный профиль температуры атмосферы и по результатам измерений со спутника построить карты температур на данном изобарическом уровне, а также карты расстояний между двумя изобарическими уровнями. Однако в действительности точность результатов ограничена спектральным и угловым разрешением приборов и погрешностями измерений. Чтобы выяснить доступность соответствующей информации, были использованы данные радиозондов. Для каждого подъема зонда была рассчитана в соответствующих спектральных интервалах уходящая радиация, причем принимались во внимание данные об облачности. Затем вносились случайные погрешности и проделывалась операция определения температурного профиля. Полученные карты сопоставлялись с исходными. Предложена методика обработки радиационных данных, минимизирующая влияние погрешностей.

Возможность определения высоты верхней кромки облачного покрова по измерениям инфракрасного излучения планеты со спутников обсуждалась в докладе Р. Зиркинда

(США) Данные измерений, выполненных на ракетах и высотных баллонах, экстраполировались до высот полета спутников и сравнивались с данными теоретических расчетов для безоблачной и облачной атмосферы, что позволило высказать некоторые суждения о степени надежности метода.

Ф. Сайеди, Д. Г. Хиллири и У. А. Морган (США) доложили о разрабатываемом ими методе определения высоты облаков по интенсивности полосы поглощения кислорода около 7600 А в отраженном атмосферой свете Солнца. Построен малогабаритный спектрограф, предназначенный для использования космонавтом и обеспечивающий разрешение около 5 А. Функции пропускания с соответствующим спектральным разрешением вычислены Д. К. Уорком и проверены экспериментально в самолетных измерениях. Выполненные на самолетах спектроскопические измерения высоты облаков показали, что получается систематическое расхождение в среднем около 140 *мб* (1,4 *км*), что обусловлено наличием полосы поглощения кислорода в спектре альбедо облака (соответствующие расчеты были выполнены для трех моделей облака в двухпотоковом приближении). Поэтому необходимо специальное исследование влияния толщины облака, его микроструктуры и альбедо подстилающей поверхности.

Эффект потемнения к краю для земной атмосферы в инфракрасной области спектра исследовался Дж. Х. Льеныше и Д. К. Уорком (США) по данным измерений на спутниках «Тайрос». Найдено, что в среднем эффект больше, чем следовало из теоретических расчетов. По мнению авторов, это объясняется некоторыми оптическими особенностями облачного покрова. Широтная зависимость эффекта невелика.

Л. К. Блок и Дж. Дж. Ловетт (США) сообщили о наблюдении спектра инфракрасного излучения Земли и ее атмосферы в космическое пространство в области 5—15 *мк* при помощи фурье-спектрометра, помещенного на спутнике. Авторы сообщили также о планах использования фурье-спектрометров на спутниках для измерения излучения Земли в области 0,5—20 *мк*. В частности, предполагается оборудовать фурье-спектрометрами космический корабль с двухместной кабиной. На нем намечено установить фурье-спектрометры на область 0,5—3 *мк* (с приемником из PbS) и на область 3—13 *мк* (с термисторным болометром), а также на область 8—13 *мк* с германиевым детектором и криогенной системой.

Дж. Р. Ламберт и С. К. Коронити (США) изготовили компактный и легкий спектрометр с дифракционной решеткой, предназначенный для ракет и спутников. Прибор рассчитан на область от 0,2 до 2,2 *мк* с разрешением 100 Å и временем сканирования всего спектра 3 *сек*.

Наземные измерения яркости спутника «Эхо-I» с целью определения атмосферной экстинкции выполнял Г. Вернер (ГДР) методами фотографической фотометрии.

Применению другого косвенного метода исследования оптической структуры атмосферы на больших высотах был посвящен доклад Л. Элтермана (США) о некоторых результатах прожекторного зондирования атмосферы. Зондирование велось в горах Колорадо лучом, модулированным с частотою 33 *гц* и наклоненным к горизонту на 75°. Расстояние до приемника составляло 30 *км*. Удавалось наблюдать луч до высоты около 70 *км*. Регулярно, в согласии с измерениями Юнге и сотрудников и Розенберга и сотрудников, на высотах около 20 *км* наблюдался отчетливо выраженный слой аэрозоля. В отличие от данных Розенберга и сотрудников, отчетливо выраженных слоев аэрозоля на больших высотах не наблюдалось, однако измерения на этих высотах, по мнению докладчика, недостаточно надежны.

Другая часть заседания секции «Экспериментальные исследования поля излучения в свободной атмосфере» проходила под председательством К. Я. Кондратьева (СССР) и была посвящена радиационным и спектроскопическим измерениям с баллонов и самолетов, существенным как с точки зрения непосредственных запросов метеорологии, так и для разработки методов интерпретации измерений, осуществляемых при помощи метеорологических спутников.

К. Я. Кондратьев (СССР) в обширном докладе, представленном совместно с И. Я. Бадиновым, Г. Н. Гаевской, Г. А. Никольской и М. П. Федоровой, изложил программу и результаты выполненного ими при помощи поднимаемой на автоматических стратостатах аппаратуры комплексного исследования высотного хода составляющих радиационного баланса. К числу наиболее существенных результатов следует отнести экспериментальное подтверждение того, что верхняя граница слоя атмосферы, в котором происходит преобразование радиационных потоков, располагается между 15 и 20 *км*, а также вывод, что радиационный баланс изменяется с высотой заметно меньше, чем его составляющие.

Дж. Г. Хоутон (Англия) сопоставил результаты измерений радиационных потоков в свободной атмосфере с данными их расчета. В частности, измерялись нисходящие потоки в области 6,3 *мк*.

Г. Н. Костяной (СССР) сообщил о результатах обработки данных о высотном ходе восходящих потоков и полных потоков длинноволновой радиации, полученных при ночных запусках радиационных радиозондов. В тропосфере восходящие потоки быстро убывают, а полные потоки быстро возрастают с высотой, тогда как в стратосфере восходящие потоки почти не изменяются, а полные потоки остаются неизменными от тропопаузы до уровня 15—17 *км* и убывают выше этого уровня. Значительные изменения связаны преимущественно с облачностью. Показано, что стратификация стратосферы неоднородна.

О самолетных радиометрических измерениях влияния аэрозоля на земное излучение сообщил П. М. Кун (США). Во время полетов (в Калифорнии) визуально наблюдались тонкие облака или слои аэрозоля в окрестности тропопаузы, не обнаружимые в вертикальном направлении, и определялось их влияние на восходящий поток длинноволновой радиации, которое оказалось весьма заметным.

Самолетные исследования радиационных свойств атмосферы и земной поверхности в коротковолновой и длинноволновой областях спектра, а также в интервалах 5—7 и 8—12 *мк*, осуществлены В. Л. Гаевским и В. И. Шляховым (СССР). Авторы рассматривают ряд методических проблем, высотные профили радиационных потоков при различных типичных стратификациях атмосферы, радиационные свойства облаков нижнего и среднего яруса, пространственную и временну́ю изменчивость поля радиации и свойства подстилающих поверхностей (альбедо и радиационная температура как характеристики ландшафта).

Ф. Р. Валовчин (США) совершил серию полетов над интенсивными грозовыми штормами, получив одновременно их фотографии и данные об излучении в области окна прозрачности 8—13 *мк*. Показано, что излучение облаков хорошо коррелирует с топографией и состоянием облачного покрова, а также со стадией развития шторма.

Еженедельные измерения длинноволновых восходящих и нисходящих потоков при помощи радиационных радизондов выполнялись в Пуне А. Мани, С. Р. Средхараном и В. Шринивазаном (Индия). Обсуждаются сезонные вариации радиационного баланса в связи с вариациями содержания водяного пара и аэрозоля.

И. П. Функ (Австралия) провел тщательное «сравнение измеренных и рассчитанных профилей дивергенции радиационных потоков вблизи Земли». Основываясь на измерениях, относящихся к слоям 1—2, 3—4 и 10—11 *м*, он пришел к заключению, что при малых скоростях ветра существенную роль в радиационном теплообмене играет аэрозольная дымка.

Отмечается все возрастающий интерес к спектральным исследованиям в свободной атмосфере. Ф. Л. Бартмен, Л. У. Чани, П. А. Титус и М. Г. Уибра (США) доложили об измерениях с баллонов, поднимавшихся до 33—35 *км*, радиации, отраженной (коротковолновой) и испускаемой (длинноволновой) Землей и атмосферой. Для измерений использовались 5-канальный радиометр, устанавливаемый на спутниках «Тайрос», радиометр со средним разрешением, инфракрасный радиометр и спектрометр с дифракционной решеткой, предназначаемые для спутников «Нимбус».

Серия самолетных измерений спектров излучения безоблачной атмосферы и земной поверхности в области 2—6 *мк* на высотах до 4 *км* осуществлена О. И. Поповым и Е. О. Федоровой (СССР).

Измерения велись со спектральной шириной щели 0,07 *мк*. Исследованы зависимости от высоты, направления и условий освещения. Показано, что в центрах полосы поглощения 4,3 *мк* (CO_2) и в коротковолновом крыле полосы 6,3 *мк* (H_2O) излучение формируется в слое толщиной в несколько десятков метров около места наблюдения. В области «окон прозрачности» излучение сильно зависит от атмосферных условий и условий наблюдения. Влияние рассеянного света существенно до 4,6—4,7 *мк*.

Э. Дж. Уильямсон (Англия) измерял нисходящее излучение атмосферы в области 5,5—7 *мк*, поднимая охлаждаемый радиометр на баллонах до высоты около 30 *км*. Из данных наблюдений определялось содержание водяного пара. В частности, его удельная концентрация вплоть до высоты 25 *км* составляла около $3 \cdot 10^{-3}$ *г/кг*.

Спектральные измерения прозрачности атмосферы в инфракрасной области до 35 *мк* на высотах до 30 *км* были выполнены Д. М. Гейтсом (США) при помощи подымаемого на баллонах вакуумного спектрометра с дифракционной решеткой, обеспечивавшего высокое разрешение. Определялось количество водяного пара на различных высотах. Наблюдения показали, что стратосфера над Техасом очень суха и что полное количество водяного пара выше 30 *км* меньше 2,0 *мк* осажденной воды.

А. У. Брюэр и А. У. Уилсон (Канада), поднимая радиометр на баллонах, измеряли в интервале высот 12—35 *км* яркость солнечного ультрафиолетового излучения вблизи 2100 Å. Это излучение, проникающее в узком «окне» между полосами поглощения Шумана (кислород) и Хартли (озон), ответственно за образование озона на этих высотах. Измерялся как прямой, так и рассеянный свет, когда Солнце находилось вблизи зенита. Получены данные о внеатмосферной яркости Солнца и о коэффициенте поглощения радиации кислородом.

Дж. Хэмпсон (Канада) теоретически изучал химическую неустойчивость атмосферы. Показано, что предвычисленные вариации содержания озона во влажной атмосфере в зависимости от высоты, зенитного расстояния Солнца и влажности соответствуют картине наблюдаемых вариаций.

Экспериментальные исследования спектрального ослабления коротковолнового излучения (0,4—1,0 *мк*) в свободной атмосфере проводились при помощи самолетов Ю. И. Рабиновичем (СССР). Используя специально разработанную аппаратуру, автор измерял вертикальный ход коэффициента экстинкции и яркостного контраста для естественного ландшафта при различных состояниях безоблачной атмосферы. Результаты сопоставлялись с теоретическими расчетами наклонной видимости по схеме К. С. Шифрина и сотрудников и обнаружили в среднем удовлетворительное согласие.

В. Ф. Белов, А. И. Герман, Г. Н. Костяной и Л. А. Парамонова (СССР) при помощи автоматических стратостатов исследовали угловые распределения яркости рассеянного света на различных высотах до 22 *км*. Для зенитных расстояний менее 65° измерения хорошо согласуются с расчетами К. С. Шифрина, М. С. Малкевича и Е. М. Фейгельсон; для зенитных расстояний более 65° отмечаются существенные расхождения. Выполнялись также самолетные измерения в различных районах Советского Союза.

Секция «Наземная и сетевая аппаратура» работала под председательством А. Дж. Драммонда (США) и Ю. Д. Янишевского (СССР).

Ю. Д. Янишевский в докладе «Принципы действия актинометрических приборов на сети станций СССР» подробно изложил принятые требования к устройству, установке и условиям работы приборов различного типа, при помощи которых ведутся регулярные измерения характеризующих радиацию величин почти на 200 актинометрических станциях Советского Союза.

А. Дж. Драммонд (США) сделал обзор разработанных под его руководством новых методов и приборов для измерения составляющих баланса солнечной и земной радиации. Существенно улучшены спектральные, угловые и температурные характеристики радиометров с термоэлектрическими датчиками, а также разработаны датчики с малыми постоянными времени и предложены новые методы их калибровки. Созданы новые термоэлектрические приборы для измерения освещенности. Сконструирована аппаратура для измерения длинноволнового альбедо методом достижения равенства температур датчика и его поля зрения и для выделения длинноволнового излучения днем.

И. П. Функ (Австралия) в сообщении «Измерения радиационного баланса по расширенной шкале» подверг обсуждению различные типы балансомеров.

Технические и организационные проблемы инструментального обеспечения сетевых исследований в Индии были предметом сообщения А. Мани (Индия).

Г. В. Кириллова, Ю. К. Росси М. А. Сулев (СССР) сообщили о результатах проведенного в марте 1963 г. в Тарту и в сентябре 1963 г. в Ташкенте сравнения 17 балансомеров и 8 пиргелиометров. В ночное время показания балансомеров Янишевского Среднеазиатского гидрометеоинститута, Украинского гидрометеоинститута и Ленинградского университета, а также пиргелиометра Савинова и Янишевского совпадают с точностью до 10%, тогда как пиргелиометр Ангстрема и балансомер Шульце выходят за рамки этой погрешности. В дневное время расхождения балансомеров достигают 25% и более. Специальное сравнение балансомеров Янишевского, Шульце и Курвуазье показало, что последний нельзя использовать как стандартный прибор из-за больших погрешностей и что селективность балансомера Шульце достигает 30%.

Л. Джекобс (Англия) описал работу сетевой судовой актинометрической аппаратуры, созданной под его руководством. Ф. А. Брукс рассматривал спектральные поправки для черных радиометров при определении радиационного теплообмена между тонкими слоями воздуха и в атмосфере с температурным градиентом. Чувствительность термопар к вариациям давления изучал Л. Л. Рамдас (Индия).

Ю. Рееман (СССР) разработал новый тип электронного интегратора для автоматизации актинометрических измерений.

Доклад К. Я. Кондратьева, М. П. Бурговой, В. В. Михаилова, В. С. Гришечкина, Г. М. Петелина, А. Н. Оттоп З. Р. Мироновой (СССР) был посвящен описанию комплекса спектральной аппаратуры для исследования поля коротковолнового излучения. Исходя из необходимости комплексного исследования поля излучения в атмосфере, авторы на основе стандартной спектроскопической аппаратуры создали автоматические спектрофотометры для измерения: 1) спектральных потоков полной и рассеянной радиации в области 0,2—1,2 *мк*, 2) спектральных потоков прямой, рассеянной и полной радиации, а также поляризации рассеянного света в области 0,25—1,2 *мк*, 3) спектрального альбедо естественных поверхностей в области 0,4—0,8 *мк* и 4) спектральных потоков полной и рассеянной радиации в области 0,28—1,0 *мк* с самолета, а также 5) спектрограф для измерения спектральной яркости неба.

Д. Н. Лазарев, Н. И. Лукин и Е. С. Петрова (СССР) построили рабочую модель фотоэлектрического фотометра для измерения биологически активной ультрафиолетовой радиации. О применении фотографической фотометрии для измерения яркости неба и земной поверхности сообщил И. Л. Кофский (США).

В заключительном слове Президент комиссии по радиации Ф. Мёллер отметил плодотворность симпозиума, способствовавшего укреплению существовавших и созданию новых научных контактов между учеными разных стран.

Г. В. Розенберг