

551

П-436

МДР
И
ЗНАНИЙ

Х. П. ПОГОСЯН

**Атмосфера
и человек**



551

«МИР ЗНАНИЙ»

Т-436

Х. П. ПОГОСЯН

Атмосфера и человек

404288

*Книга
для внеклассного чтения*

IX—X классы

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1977

551.5 + 551.5

551.5
II 43

Уч 1288

II 43 **Погосян Х. П.**
Атмосфера и человек. Книга для внеклассного чтения. IX—X кл. М., «Просвещение», 1977.
159 с. с ил. (Мир знаний).

В книге рассказывается о строении атмосферы Земли, процессах, в ней развивающихся, и современных достижениях в изучении ее. Некоторые разделы посвящены методам исследования атмосферы, погодообразующим процессам, атмосферным фронтам, крупнейшим вихрям — циклонам и антициклонам, струйным течениям, атмосферной циркуляции.

В специальных разделах освещены проблемы колебания и изменения климата в прошлом и гипотезы о ближайших его изменениях в связи с деятельностью человека, а также вопросы загрязнения воздушного пространства и влияния крупных городов на свой метеорологический режим.

60601-646
II 103(03)-77 — 258-77

551.5

©Издательство «Просвещение», 1977 г.

ОПИСАНО

Фундаментальная

Введение

Погода и климат оказывают непосредственное влияние на жизнь и деятельность человека. Благодаря образованию облаков и выпадению осадков происходит орошение земли и пополнение запасов влаги в почве, что способствует получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Образующийся зимой снежный покров защищает озимые посевы от вымерзания. В районах достаточного увлажнения развито богарное земледелие, т. е. земледелие без искусственного орошения. Здесь при последовательном переходе от солнечной погоды к погоде с осадками создаются оптимальные условия для развития сельскохозяйственных культур. Но некоторые явления погоды приносят немало бедствий. Снежные запасы, метели, ураганные ветры, ливни, грозы, суховеи, засухи, пыльные бури и другие опасные явления погоды нарушают установившийся порядок жизни человека. Чтобы ослабить или предотвратить эти явления, метеорологи изучают их природу.

Изучение и правильное объяснение развивающихся в атмосфере процессов потребовало много времени и усилий. Прошли столетия, пока люди, избавившись от суеверного страха, перестали видеть в грозных явлениях природы проявление сверхъестественных сил и начали следить за их изменениями. Постепенно устанавливая зависимость между различными явлениями погоды, они стремились определить причины, порождающие эти явления, и найти связь с физическими законами. Так возникла метеорология — наука об атмосфере и процессах, в ней происходящих. Несмотря на то что метеорология возникла много

столетий назад, свое развитие она получила лишь после изобретения приборов для измерения давления воздуха, температуры и других элементов, характеризующих состояние атмосферы, а главное, после создания и развития метеорологических станций, которых на земном шаре уже насчитывается более 10 000. Радиозонды, радиопилоты, метеорологические ракеты, радиолокаторы, специальные метеорологические спутники Земли уже позволили исследовать строение атмосферы, уточнить ее химический состав и многие закономерности развивающихся в ней процессов. Метеорология, описательная в недавнем прошлом, опиравшаяся преимущественно на данные наземных наблюдений, сейчас становится точной наукой.

Метеорология призвана решить многие важные для человечества проблемы, из них две главные: первая — долгосрочный прогноз погоды, вторая — искусственное воздействие на атмосферные процессы с целью улучшения климата и регулирования погоды. Решить их трудно, так как атмосферные процессы и изменение погоды определяются взаимодействием многих факторов, обладающих большой изменчивостью во времени и в пространстве. Кроме того, некоторые важные метеорологические элементы еще не поддаются измерению.

Применяя статистические методы исследования, метеорологи получают характеристики режима атмосферы, относящиеся к тому или иному географическому району, и таким образом определяют влияние погодных условий на человека и его хозяйственную деятельность.

Однако до настоящего времени метеорология еще не добилась полного успеха в решении стоящих перед ней главных задач. Применяемые системы уравнений с использованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ) являются приближенными, так как невозможно учесть все непрерывно изменяющиеся и взаимосвязанные крупные и мелкие факторы, определяющие характер изменения погоды.

Исследования атмосферы и процессов, в ней развивающихся, основываются на данных наблюдений. Экспедиции, организуемые Советским Союзом и другими странами, изучают метеорологические и гидрологические процессы на огромных территориях Арктики и Антарктики, а применение новых средств наблюдений на высотах позволило пересмотреть утвердившиеся в недавнем прошлом

теоретические положения о стратосфере и вышележащих сферах, об общей циркуляции атмосферы и ее звеньях.

С увеличением средств наблюдений возрастает колпчество метеорологической информации. Чтобы ее успешно использовать, производится автоматизация всего процесса поступления и обработки данных наблюдений и измерения параметров атмосферы с помощью ЭВМ.

И все же ощущается недостаток метеорологических и аэрологических сведений. До сих пор их мало на акватории океанов, особенно в южном полушарии и экваториальной зоне. А спутниковая информация пока не может заменить данные метеорологических и аэрологических станций.

Чтобы восполнить пробелы в недостатке данных наблюдений, составлена международная программа исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП). Она предусматривает изучение физических процессов в тропосфере и стратосфере, закономерностей общей циркуляции атмосферы с целью усовершенствования методов прогноза погоды. В 1974 г. с 17 июня по 23 сентября в Атлантическом океане была проведена международная экспедиция по программе Атлантический тропический эксперимент (АТЕП). Между экватором и 15° с. ш. был организован полигон для изучения влияния атмосферных процессов на структуру слоя перемешивания вод океана, изучения влияния океана на атмосферные процессы. В организации и проведении первого международного Атлантического эксперимента принимали участие СССР, США, Великобритания, Франция, Канада, ФРГ, Мексика, Бразилия, Финляндия, Португалия, Сенегал и другие страны (всего около 70).

В экспедиции участвовало около 4000 человек, 39 научно-исследовательских судов, 13 самолетов, сотни метеорологических и аэрологических станций и метеорологические спутники Земли. На корабли поступала большая информация, которая немедленно обрабатывалась с помощью ЭВМ. Суда располагались в установленных точках тропической зоны Атлантического океана. В Дакаре (Сенегал), где находился центр оперативного управления АТЕП, проходили международные встречи ученых.

По программе ПИГАП в ближайшие годы предусмотрено организовать еще более грандиозный эксперимент с участием ученых многих стран.

Кроме крупных международных экспедиций, советские научно-исследовательские суда ежегодно плавают в разных океанах и изучают условия погоды, строение атмосферы, а также ведут широкие океанографические исследования.

Атмосферные процессы на земном шаре взаимосвязаны. Поэтому для исследования любых крупных вопросов физики атмосферы необходимо пользоваться данными метеорологических и аэрологических наблюдений на всей Земле. Чтобы своевременно получить их, земной шар разделен на три крупных района с центрами в Москве, Вашингтоне и Мельбурне. Данные наблюдений с помощью радио, телетайпов собираются в этих центрах и передаются в метеорологические службы всех стран мира.

Международные связи способствуют совместной организации исследований, благодаря чему ускоряется решение основных проблем метеорологии.

Однако современная метеорология еще не преодолела многих трудностей, стоящих на пути разработок точных методов долгосрочного прогноза погоды. Электронно-вычислительные машины способствуют внедрению в метеорологию численных методов прогноза погоды, что может привести к ощутимым успехам.

В СССР работы в области метеорологии и гидрологии возглавляет Главное управление гидрометслужбы при Совете Министров СССР. В его ведении находятся все метеорологические и гидрологические станции, более десяти центральных и периферийных научно-исследовательских институтов и такие, как старейшая в стране Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова и Государственный гидрологический институт в Ленинграде, Государственный океанографический институт и Гидрометцентр СССР в Москве, институты в Обнинске, Киеве, Тбилиси, Владивостоке, Алма-Ате и других городах.

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Сведения о погоде получают на метеорологических станциях с помощью инструментальных и визуальных наблюдений. Данные наблюдений позволяют изучить состояние атмосферы в определенные промежутки времени и проследить за его изменениями. Инструментальные наблюдения осуществляются с помощью специальных приборов, устанавливаемых у поверхности Земли на метеорологических станциях и поднимаемых на высоты на резиновых и полиэтиленовых шарах, аэроста-тах, самолетах, спутниках.

При инструментальных наблюдениях получают количественные характеристики температуры, влажности, давления воздуха, скорости и направления ветра у поверхности Земли и на высотах, а также данные о нижней и верхней границах облаков, количестве осадков, составе воздуха, распределения чистой энергии и т. д. При визуальных наблюдениях производится качественная оценка формы и количества облаков, видимости (прозрачности воздуха), характера и интенсивности выпадающих осадков.

Наблюдения производятся на всех метеорологических станциях в одно и то же время четыре раза в сутки, а на многих станциях и ежечасно. Кроме того, метеорологические наблюдения ведутся на многих торговых судах, а также специальных экспедиционных кораблях.

До 30-х годов XX в. наблюдения за погодой велись главным образом у поверхности земли. Аэрологические наблюдения, характеризующие состояние атмосферы на высотах, производились эпизодически и не на всех станциях одновременно. Измерения параметров атмосферы про-

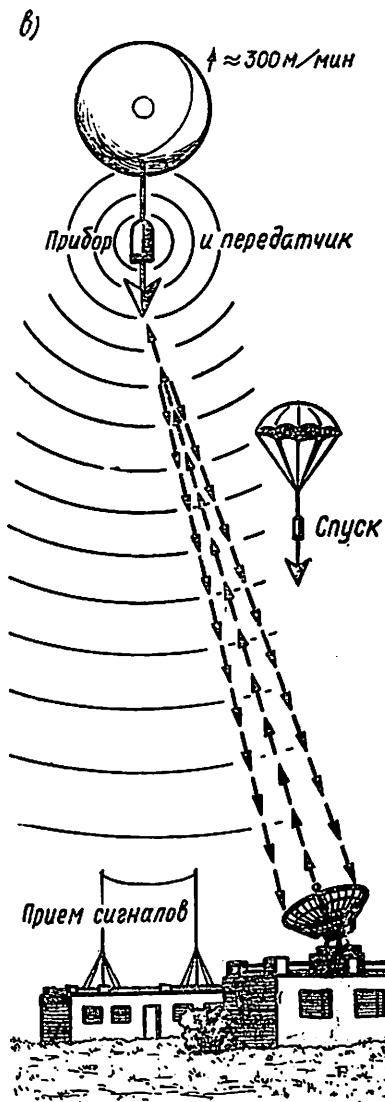
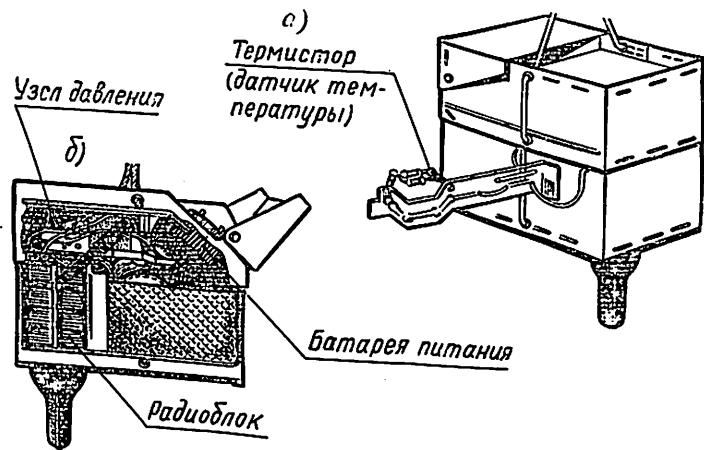
изготавливались с помощью аэростатов, шаров-зондов. По записям лент метеорографов определялись изменения давления, температуры и влажности с высотой. Высоту подъема устанавливали с помощью барометрической формулы¹. Пользуясь этой формулой, решают практические задачи, например, производят расчет распределения давления и плотности воздуха по высоте, приводят давление к давлению на уровне моря, определяют высоту метеорологической станции над уровнем моря.

Развитие радио и создание радиометеорологических приборов значительно расширило возможности исследований свободной атмосферы (атмосферы выше слоя трения). В Павловской обсерватории (вблизи Ленинграда) 30 января 1930 г. был выпущен первый радиозонд и приняты ра-

¹ Для приближенного решения различных метеорологических задач обычно пользуются упрощенной барометрической формулой, которая имеет следующий вид:

$$h_2 - h_1 = 8000 \frac{2(p_1 - p_2)}{p_1 + p_2} (1 + 0,004T_m).$$

Здесь $h_2 - h_1$ — разность высот в метрах между верхним (h_2) и нижним (h_1) уровнями; T_m — средняя температура слоя, равная среднему арифметическому значению ее на двух уровнях h_1 и h_2 ; p_1 и p_2 — давление на соответствующих уровнях.



диосигналы о величине метеорологических элементов на различных высотах.

Поднимаемый на шарах радиозонд измеряет давление, температуру и влажность воздуха с помощью датчиков. Эти датчики включены в цепь коротковолнового радиоприемника, а специальное устройство преобразует измеренные ими величины названных метеорологических элементов в электрические импульсы. Сигналы, посылаемые радиозондом, принимаются на месте выпуска и немедленно расшифровываются. Таким образом, сведения о физическом состоянии атмосферы на различных высотах поступают уже при подъеме радиозонда и используются в оперативной работе Службы погоды.

Радиозонды отличаются друг от друга устройством датчиков и способом образования их показателей в электрические сигналы. Вес большинства современных радиозондов колеблется в пределах 300—600 г. (рис. 1).

Радиозондом можно также измерять направление и скорость ветра в тех слоях атмосферы, через которые он проходит. При хорошей видимости это достигается путем обычных

Рис. 1. Радиозонд в футляре перед выпуском (а) и в разрезе (б). Исследование атмосферы с помощью радиозонда (в).

наблюдений за радиозондом в аэрологический теодолит, а при тумане, облачной погоде и ночью — с помощью радиопеленгования или радиолокационной установки, определяя для этого угловые координаты передатчика.

В настоящее время в мире насчитывается более 700 радиозондовых станций. Почти все они находятся на суше. На этих станциях осуществляется запуск радиозондов одновременно 3—4 раза в сутки.

Станций на океанах еще очень мало. Лишь на севере Атлантического и Тихого океанов организованы постоянно действующие станции на кораблях, которые находятся почти без движения в определенных географических точках. Данные наблюдений, получаемые с кораблей, используются при составлении прогнозов погоды для межконтинентальных полетов самолетов и плавания кораблей.

Радиозонды можно устанавливать на самолетах, аэростатах и любом аппарате, поднимающемся в воздух. С их помощью можно производить регулярное исследование атмосферы в труднодоступных районах. В настоящее время радиозонды поднимаются в среднем до 25—35 км, а иногда достигают высоты 40—45 км.

Для определения скорости и направления ветра от поверхности земли до высоты 20—30 км используется специальный радиопередатчик с импульсным излучением. Он подвешивается к радиозонду. Излучение этого передатчика пеленгуется приемной частью обычного радиолокатора.

С помощью его обнаруживаются зоны дождей и мощной облачности на расстоянии нескольких десятков и даже сотен километров от места наблюдения. Эти зоны довольно четко прослеживаются на экране отметчика радиолокационной станции. Отраженный крупными дождевыми каплями импульс на экране радиолокатора имеет вид яркого пятна, помещающегося в точке, соответствующей направлению и дальности отражающего

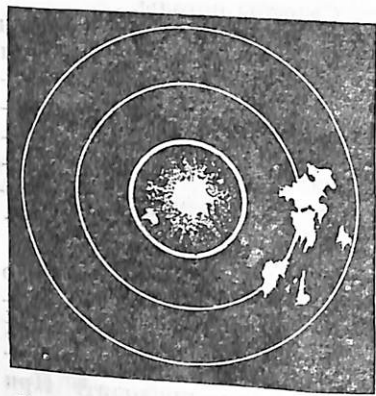


Рис. 2. Изображение грозового облака на экране радиолокатора.

объекта (рис. 2). Местонахождение мощной облачности или зоны дождя, как и изменение их положения и величины, легко рассчитать по шкале дальности, нанесенной на отметчике кругового обзора в виде концентрических линий, и по шкале углов азимута. При непрерывном вращении антенны на экране видны одновременно и отраженные импульсы всех крупных предметов, находящихся в радиусе действия радиолокатора. Опыт работы и усовершенствование методов наблюдений позволили в последнее время использовать радиолокаторы для определения вертикальной мощности крупнокапельных облаков, толщины мощных облачных слоев и даже уровня перехода температуры воздуха в облачных слоях через 0° С.

Почти все перечисленные средства наблюдений за физическим состоянием атмосферы созданы за последние 30—40 лет.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ И ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

Для изучения атмосферы на больших высотах на помощь человеку пришли ракеты и искусственные спутники Земли. Ракеты, используемые для зондирования атмосферы, называют метеорологическими. Они поднимаются до высоты 60—120 км. Метеорологические приборы размещаются в носовой части (головке) ракеты. Достигнув заданной высоты, головка ракеты автоматически отделяется от корпуса и вместе с приборами на парашюте опускается на Землю. Приборы соединены со специальными радиодатчиками, с помощью которых результаты измерений передаются на Землю. Сигналы радиодатчиков принимаются автоматически радиоприемной аппаратурой.

Поднимаемые приборы, кроме температуры, регистрируют давление, плотность и химический состав атмосферы на разных высотах. Проходя через стратосферу и мезосферу, помещенные в ракетах приборы берут пробы воздуха для анализа. С их помощью производится изучение физических свойств ионосферы, космических лучей и коротковолновой ультрафиолетовой части солнечного спектра. Помещаемые в ракетах дымовые шашки, взрываясь на заданных высотах, позволяют по дрейфу дыма, наблю-

даемого специальными приборами, определить направление и скорость ветра на этих высотах.

Запуски ракет производятся в различных пунктах северного и южного полушарий. Это позволяет получать ценные сведения о высоких слоях атмосферы почти над всем земным шаром.

Исследования верхних слоев атмосферы с помощью ракет позволили уточнить наши знания о строении воздушной оболочки Земли. Однако ракетные исследования имеют и недостатки. Прежде всего это малое количество данных, получаемых только в одной точке и в течение короткого промежутка времени. Кроме того, ракеты дороги, и ценность данных, получаемых с их помощью, возрастает при систематическом запуске ракет.

Важным этапом на пути развития исследований верхних слоев атмосферы явилось создание искусственных спутников Земли. Метеорологические спутники представляют собой летающую лабораторию, автоматически работающую во время полетов вокруг земного шара по заданным орбитам. А с помощью искусственных спутников Земли получают сведения о состоянии атмосферы в течение длительного времени.

Интересные сведения получают со спутников серии «Космос». Первый из них был запущен 16 марта 1962 г., а сейчас число их превысило 900. С помощью спутников этой серии исследуются распространение радиоволн и магнитное поле Земли, образование и структурные особенности облаков, энергетический состав околоземных зон радиации, состав космических лучей, корпускулярных потоков, ультрафиолетовое излучение Солнца, хромосферные вспышки на Солнце, магнитные возмущения, полярные сияния и др.

Специальные метеорологические спутники снабжены телевизионной аппаратурой для передачи на Землю фотографий облаков, а также приборами для измерения излучения, идущего от земной поверхности и облачного покрова. Такие спутники уже несколько лет передают ценные сведения метеорологам.

Метеорологические спутники, в частности спутники типа «Метеор», фотографируя земную поверхность и облака, записывают снимки на магнитную ленту видеоманитофона. При связи с Землей снимки передаются в приемные пункты и фотографируются с экрана телевизора.

Зная по сигналам спутника, в каком районе произведены снимки, можно перенести их на картографическую основу и получить расположение облаков над земной поверхностью. Так с помощью спутников составляются карты облачности. По фотографиям облаков можно определить время и местонахождение циклонов, их интенсивность, а главное, установить места возникновения и перемещения тропических циклонов, в частности тайфунов, а также верхнюю границу облаков, особенности поля атмосферного давления у поверхности Земли.

По снимкам, полученным с искусственных спутников Земли, определяют границы распространения снежного покрова и льдов, а также другие важные метеорологические и гидрологические сведения. Обработка данных отраженной солнечной радиации производится с помощью ЭВМ, перерабатывающих сведения, получаемые со спутников, в схемы, графики и карты, т. е. в материал, необходимый для прогнозирования погоды.

Современные аэрологические станции производят наблюдения над четвертой частью поверхности Земли. Поэтому возрастает роль искусственных метеорологических спутников, которые в течение полета регистрируют и передают необходимые сведения об атмосфере. За час полета искусственный спутник фотографирует 20—30 млн. км² земной поверхности, т. е. около 5% площади Земли. Особенно ценны сведения, получаемые с акваторий океанов, поскольку по океанам мало данных метеорологических наблюдений.

Метеорологические спутники помогают получать сведения не только об облачности, но и об уходящей (отраженной) радиации, возникновении и развитии тропических циклонов. По снимкам облачности составляются глобальные карты атмосферной циркуляции. По уходящей радиации получают сведения о радиационном балансе системы Земля — атмосфера. Усовершенствование приемной аппаратуры спутников позволяет надеяться, что скоро с их помощью будут получены более точные сведения о радиационных потоках в различных участках спектра и другая информация, необходимая для картирования поля температуры на различных высотах.

СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

Атмосфера Земли состоит из механической смеси газов. Если удалить из воздуха влагу и частицы пыли, то сухой воздух вблизи земной поверхности по объему будет содержать 78,09% азота, 20,95% кислорода, 0,93% аргона, 0,03% углекислого газа. Количество остальных газов: водорода, неона, гелия, криптона, ксенона, радона, закиси азота, вода, озона, метана и др. — незначительно.

Пробы воздуха на больших высотах, взятые с помощью автоматических приборов и ракет, показали, что до высоты почти 100 км состав атмосферы существенно не меняется. Выше она также состоит преимущественно из азота и кислорода. Почти постоянный газовый состав атмосферы до высоты 100—120 км объясняется тем, что в ней постоянно происходит беспорядочное вихревое движение, вызывающее перемешивание газов. Непрерывное движение воздуха препятствует разделению газов в соответствии с их удельным весом, и процесс медленного диффузного проникновения одних газов в другие становится невозможным.

Количество углекислого газа в атмосфере непостоянно. В промышленных районах его больше, чем вдали от них. В приземном слое воздуха количество углекислого газа претерпевает и суточные изменения: ночью его больше, чем днем. Это объясняется тем, что углекислый газ поглощается растениями лишь в светлое время суток, в то время как промышленные объекты и животный мир выделяют его непрерывно.

Наиболее важной для жизни и изменчивой составной частью атмосферы является водяной пар. Большая часть его сосредоточена в нижних слоях атмосферы.

В атмосфере всегда содержится значительное количество пыли, поступающей с поверхности Земли и из космического пространства. Это продукты разрушения и выветривания почвы, горных пород, минералы и различные химические соединения, продукты горения. Главный источник пыли в нижних слоях атмосферы — пустыни и степи. Воздушные массы, проходящие над засушливыми районами материков, содержат значительное количество пыли, крупные частицы которой быстро выпадают, а мелкие во взвешенном состоянии переносятся ветром на огромные расстояния и вызывают помутнение воздуха. Даже после

дождя в 1 см³ воздуха содержится около 30 тыс. пылинок, а в сухую погоду их число возрастает в 4—5 раз. При сушевых, сопровождающихся пыльными бурями, переносятся миллионы тонн поверхностного слоя почвы. При волнении морей и океанов брызги воды, содержащие соли, уносятся ветром; капельки воды быстро испаряются, а мельчайшие частицы соли остаются в воздухе во взвешенном состоянии.

Загрязняется воздух и продуктами горения от действующих вулканов, лесных пожаров, промышленных предприятий. Так, при извержении вулкана Кракатау в 1883 г. в атмосферу было выброшено до 150 млрд. т пыли и пепла, которые в течение нескольких лет держались в воздухе. То же случилось при извержении вулкана Катмай (Аляска) в 1912 г., когда в воздух было выброшено около 20 млрд. т пыли, которая также держалась несколько лет. Пыль в атмосферу попадает и при взрыве водородных бомб. При взрыве одной водородной бомбы с суши в воздух выбрасывается несколько миллионов тонн пыли.

Посторонние примеси, содержащиеся в воздухе, оказывают влияние на цвет неба днем. Молекулы газов, составляющих воздух, пыль, капельки воды и кристаллики льда частично рассеивают солнечные лучи. При этом молекулы газов сильно рассеивают радиацию наиболее коротких волн видимой части спектра Солнца (фиолетовый и синий участки) по сравнению с видимым красным участком спектра. Молекулярное рассеяние света обратно пропорционально четвертой степени длины волны светового луча. Вследствие этого крайние фиолетовые лучи рассеиваются в 14 раз больше, чем крайние красные. Содержащиеся в воздухе примеси, будучи значительно крупнее молекул газов, рассеивают лучи обратно пропорционально длине волны, но уже не в четвертой степени, а в меньшей. Однако и они коротковолновую радиацию рассеивают больше, чем длинноволновую. Поэтому воспринимаемый человеческим глазом рассеянный свет при безоблачной погоде представляется голубым и синим.

С увеличением высоты над уровнем моря насыщенность цвета неба возрастает: от голубого он постепенно переходит к фиолетовому. В стратосфере и выше цвет неба становится черно-серым, а затем черно-фиолетовым. При большой запыленности воздуха или большом количестве

расчеты, чтобы окончательно решить проблему солнечно-погодных связей.

Можно назвать и ряд других не решенных еще вопросов, исследование которых позволит познать природу изменения крупномасштабных атмосферных процессов и возникновения продолжительных аномалий погоды (засухи, суховей, сильные морозы и т. п.). В частности, очень важно установить характер взаимодействия между процессами мелкого и крупного масштаба, определить влияние орографии, теплоотдачу между подстилающей поверхностью и атмосферой. При этом необходимо определить роль постоянно действующих факторов (материки и океаны, горные хребты), долговременных факторов (ледовый и снежный покров, теплосодержание океанов и океанических течений) и переменных факторов (облачность, альbedo).

Необходимо установить и особенности взаимосвязи между процессами в верхних и нижних слоях атмосферы и прежде всего между процессами в тропосфере и стратосфере.

Больших успехов добились метеорологи в области численных экспериментов. На основе теоретических расчетов уже воспроизведены средние поля метеорологических элементов, зональная циркуляция, пассаты, муссоны и др. Но мы находимся еще в самой начальной стадии этих интересных вычислений с помощью мощных ЭВМ. Численные эксперименты содержат большие возможности по определению количественных связей крупномасштабной циркуляции атмосферы и неоднородностью подстилающей поверхности, солнечной радиацией, тепло- и влагообменом. С помощью численных экспериментов будет возможно установить степень влияния различных факторов на атмосферные процессы, т. е. познать физику их развития.

Пока это будет достигнуто, необходимо восполнить недостатки в наблюдениях. Для этого, как уже говорилось, составлена Международная программа исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП). Уже разработано и проводится в жизнь несколько проектов, в осуществлении которых большое участие принимают советские научные учреждения и организации (Академия наук СССР, Гидрометеорологическая служба СССР и др.). В 1974 г. усилиями ряда стран в течение летних месяцев 30 научно-исследовательских кораблей в Атлантическом океане изучали закономерности циркуляции атмосферы и ее