

Приборы и методы используемые при исследовании атмосферы

Каленик А.С.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Атмосфера (от. греч. $\alpha\tau\mu\acute{o}\varsigma$ — «пар» и $\sigma\phi\alpha\iota\sigma\phi\alpha\iota\rho\alpha$ — «сфера») — газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией. Поскольку не существует резкой границы между атмосферой и межпланетным пространством, то обычно атмосферой принято считать область вокруг небесного тела, в которой газовая среда вращается вместе с ним как единое целое. Глубина атмосферы некоторых планет, состоящих в основном из газов (газовые планеты), может быть очень большой. Состав атмосферы приведен ниже в виде схемы:

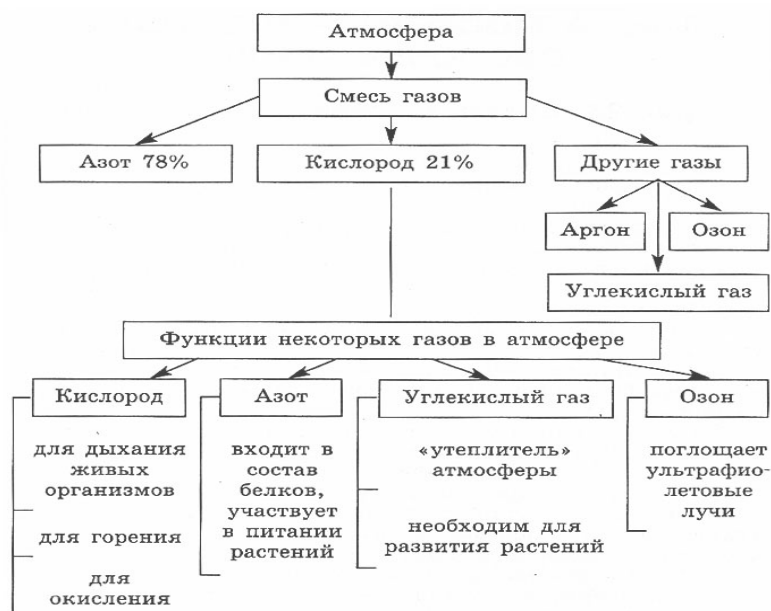


Рисунок 11.1 – Состав атмосферы

Физические явления и процессы, непрерывно совершающиеся в атмосфере, не обособлены друг от друга. Они всегда взаимосвязаны, а их сочетание очень сложно и бесконечно меняется. Сочетание всех атмосферных явлений в данном месте в определенный момент или короткий промежуток времени характеризует состояние воздуха, т. е. погоду. Совокупность и последовательная смена всех возможных в данной местности условий погоды за много лет называется климатом. Можно говорить о климате материка, его какой-то части, зоны, о климате района, даже отдельного города. Погода и климат воздействуют на органическую жизнь и на деятельность людей.

Современная наука об атмосфере — метеорология — решает важные научные и практические задачи. Всесторонне изучая строение и свойства атмосферы, а также происходящие в ней физические явления и процессы, метеорологи разрабатывают и совершенствуют методы прогноза (предсказания) погоды. Они ищут способы борьбы с неблагоприятными атмосферными явлениями, разрабатывают методы изменения погоды и климата в необходимом для человека направлении. Это уменьшает зависимость людей от погоды и климата. Исследуя атмосферу, метеорологи исходят из общих законов физики, особо учитывая при этом географические условия, в которых протекают атмосферные процессы. Но в отличие от физики, для которой одним из основных методов исследова-

ния является эксперимент, т. е. искусственное воспроизведение явлений в лабораториях, метеорология раскрывает закономерности изучаемых ею явлений и процессов на основе данных наблюдений в естественных условиях. И хотя в последнее время в некоторых метеорологических работах все большее значение приобретает эксперимент, ведущая роль в науке об атмосфере по-прежнему принадлежит натурным наблюдениям. Свою основную задачу — всестороннее изучение свойств атмосферы с целью прогноза погоды и искусственного воздействия на атмосферные процессы — метеорологи решают, главным образом анализируя и обобщая наблюдения над метеорологическими элементами и характером их изменений в пространстве и времени.

К метеорологическим элементам относятся: солнечная радиация, температура воздуха и почвы, влажность воздуха, атмосферное давление, ветер, облачность, осадки, снежный покров, видимость, метели, туманы, грозы и т. д. Метеорологические наблюдения проводятся либо на поверхности Земли и в непосредственной близости к ней, либо на некоторой, иногда довольно значительной высоте. Поэтому принято различать наземные и аэрологические наблюдения.

Первостепенное значение имеет исследование нижнего слоя воздуха, в котором живет и работает человек. Физические явления и процессы, происходящие в слое атмосферы, прилегающем к земной поверхности, изучаются главным образом по данным наблюдений метеорологических станций во многих пунктах земного шара. Сеть таких станций раскинулась и по всей нашей стране. Наблюдения на метеорологических станциях проводятся одновременно восемь раз в сутки. Результаты наблюдений сразу же передаются в метеорологические центры, где используются для прогноза погоды. Кроме обычных метеорологических станций, в труднодоступных районах — в горах, пустынях, на островах и т. п. — устанавливаются радиометеорологические станции, которые без участия человека фиксируют значения некоторых метеорологических элементов и в определенные часы автоматически передают их по радио.

При наземных наблюдениях большое значение уделяют определению температуры воздуха, атмосферному давлению, влажности воздуха, выпадение осадков и т. д.

1. Определение температуры воздуха

Температура воздуха — одно из свойств воздуха в природе, выражающегося количественно. Измерение температуры основано на физических свойствах тел, связанных определенной зависимостью с температурой. Для измерения температуры воздуха используются термометры, которые подразделяются на:

-жидкостные стеклянные термометры. Принцип действия термометров основан на объемном расширении жидкости, заключенной в закрытом стеклянном резервуаре. Резервуар соединяется с капилляром, имеющим малый внутренний диаметр. При нагревании резервуара жидкость увеличивается в объеме и поднимается вверх по капилляру. По высоте столбика жидкости в капилляре можно судить об измеряемой температуре. Чем тоньше капилляр, по сравнению с резервуаром, тем чувствительнее термометр.

Рабочей жидкостью в термометрах служат обычно ртуть и органические жидкости. Ртутно-стеклянные термометры используются для измерения температуры в пределах от -30 до $+500^{\circ}\text{C}$. Термометры с органическими жидкостями называются низкотемпературными, в них применяют этиловый спирт до -130°C ; толуол до -90°C ; петролейный эфир до -130°C и пентан до -190°C .

Ртутные стеклянные термометры разделяют на палочные и с вложенной стеклянной шкалой. Палочный термометр представляет собой толстостенную капиллярную

трубку из термостойкого стекла или кварца, на который нанесены деления шкалы. При наблюдении сквозь толщу стекла капилляр представляется значительно увеличенным и столбик жидкости хорошо виден, несмотря на очень малый действительный размер капилляра. Резервуар со ртутью у палочных термометров имеет наружный диаметр, одинаковый с наружным диаметром капиллярной трубки. Палочные термометры обладают высокой точностью и применяются в основном для лабораторных измерений.

- механические термометры. Термометры этого типа действуют по тому же принципу, что и жидкостные, но в качестве датчика обычно используется металлическая спираль или лента из биметалла.

- электрические термометры. Принцип работы электрических термометров основан на изменении сопротивления проводника при изменении температуры окружающей среды. Электрические термометры более широкого диапазона основаны на термопарах (контакт между металлами с разной электроотрицательностью создаёт контактную разность потенциалов, зависящую от температуры).

- оптические термометры. Оптические термометры позволяют регистрировать температуру благодаря изменению уровня светимости, спектра и иных параметров при изменении температуры.

- инфракрасные термометры. Инфракрасный термометр позволяет измерять температуру без непосредственного контакта с человеком. В некоторых странах уже давно имеется тенденция отказа от ртутных градусников в пользу инфракрасных не только в медицинских учреждениях, но и на бытовом уровне. Инфракрасный термометр обладает рядом неоспоримых преимуществ, а именно:

безопасность использования (даже при серьёзных механических повреждениях ничто не угрожает здоровью)

более высокая точность измерения

минимальное время проведения процедуры (измерение проводится в течение 0,5 секунды)

возможность группового сбора данных

2. Определение атмосферного давления

Атмосферное давление — давление атмосферы на все находящиеся в ней предметы и Земную поверхность. Атмосферное давление создаётся гравитационным притяжением воздуха к Земле. Одним из самых точных приборов, применяемых для измерения атмосферного давления на всех метеорологических станциях, является так называемый стационарный чашечный барометр. Он представляет собой стеклянную трубку длиной около 80 см, с поперечным сечением 1 см^2 . Верхний конец ее запаян, а нижний открытый опущен в чашку с ртутью. Трубка заполнена ртутью; в незаполненной части трубки — безвоздушное (точнее крайне разреженное) пространство.

Стационарный чашечный барометр устанавливается в помещении метеостанции в специальном шкафчике в вертикальном положении.

Морской ртутный барометр, как говорит само его наименование, предназначен для измерения атмосферного давления на морских судах. В принципе он устроен так же, как и стационарный чашечный барометр, и отличается от него меньшими размерами и более узкой барометрической трубкой с расширениями на ее концах. Сужение средней части трубки до толщины капилляра сделано для уменьшения колебания ртути в трубке во время качки судна и для предохранения от проникновения воздушных пузырьков в

ртууть. Чашка со ртутью сделана более узкой, чем в стационарном барометре. Это также в значительной мере устраняет влияние качки судна на состояние и показания барометра.

Барометр-анероид, или просто анероид, является простым и удобным в обращении прибором, широко применяющимся для измерения атмосферного давления на судах. Принцип действия анероида основан на измерении степени деформации стенок пустотелой плоской металлической барокоробки под действием атмосферного давления. Барометр-анероид, по сравнению с ртутным барометром, менее точный прибор, но зато почти не чувствительный к качке судна. Это делает его более удобным в пользовании и хранении в корабельных условиях. Основным недостатком анероидов является постепенное снижение их чувствительности и точности показаний в связи с возникающей со временем остаточной деформацией анерондиной коробки и пружины. Для устранения этих недостатков анероиды периодически должны подвергаться проверке в специальных учреждениях Гидрометеорологической службы — в бюро поверки. Поверка анероидов должна производиться через каждые полгода.

Барограф предназначен для непрерывной записи изменения атмосферного давления. Его устройство аналогично устройству термографа. Он так же состоит из двух основных частей: воспринимающей и пишущей. В качестве приемника давления служит несколько (5-10) анероидных коробочек, соединенных между собой металлическими прокладками.

3. Определение влажности воздуха

Влажность воздуха (лат. *absolutus* — полный) — физическая величина, показывающая массу водяных паров, содержащихся в 1 м³ воздуха.

Для определения влажности воздуха, можно искусственно понизить температуру воздуха в какой-то ограниченной области до точки росы. Абсолютная влажность и, соответственно, давление водяных паров при этом останутся неизменными. Сравнивая давление водяного пара при точке росы с давлением насыщенного пара, которое могло бы быть при интересующей нас температуре, мы тем самым, найдем относительную влажность воздуха.

Для определения влажности воздуха используются приборы:

-конденсационный гигрометр, который состоит из металлической коробочки с двумя отверстиями. В коробочку заливается эфир. С помощью резиновой груши через коробочку прокачивается воздух. Эфир очень быстро испаряется, температура коробочки и воздуха, находящегося вблизи нее, понижается, а относительная влажность растет. При некоторой температуре, которая измеряется термометром, вставленным в отверстие прибора, поверхность коробочки покрывается мельчайшими капельками росы. Чтобы точнее зафиксировать момент появления на поверхности коробочки росы, эта поверхность полируется до зеркального блеска, а рядом с коробочкой для контроля располагается отполированное металлическое кольцо.

-психрометр — прибор для определения влажности и температуры воздуха.

Психрометр состоит из двух одинаковых термометров. Баллончик с жидкостью одного из термометров оборачивается тряпочкой, конец которой опущен в чашечку с водой. Благодаря этому тряпочка всегда остается влажной. При испарении воды тряпочка и баллончик охлаждаются, вследствие чего показания влажного термометра оказываются меньшими, чем показания сухого термометра. Зная разницу показаний термометров и показания сухого термометра, можно по специальным психрометрическим таблицам определить относительную влажность воздуха. Если воздух предельно насыщен водяными

парами и его относительная влажность равна 100 %, термометры будут давать одинаковые показания.

-волосной гигрометр. Действие волосного гигрометра основано на свойстве обезжиренного человеческого волоса и некоторых органических пленок изменять свою длину в зависимости от относительной влажности воздуха. Если волос или пленку через передаточный механизм соединить с подвижной стрелкой, укрепленной на оси, и проградуировать шкалу, то с помощью такого прибора можно напрямую измерять относительную влажность воздуха.

4. Измерение атмосферных осадков

Атмосферные осадки — вода в жидком или твёрдом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на земную поверхность и какие-либо предметы.

Различают:

-обложные осадки, связанные преимущественно с тёплыми фронтами;

-ливневые осадки, связанные преимущественно с холодными фронтами.

Существуют специальные приборы для измерения осадков — осадкомеры. Зная, сколько осадков выпадает ежемесячно, можно построить диаграмму, показывающую изменение количества атмосферных осадков в течение года. Объединив количество осадков по каждому из сезонов года, можно определить, какой из сезонов года для конкретной территории является влажным, а какой — сухим.

5. Приборы для измерения основных метеорологических элементов в высоких слоях атмосферы

Для измерения основных метеорологических элементов в высоких слоях атмосферы применяются радиозонды, метеорологических ракет и метеорологических спутников.

1) Радиозонды.



Они поднимаются в атмосферу на небольших резиновых или полиэтиленовых воздушных шарах. Радиозонд снабжен маленьким радиопередатчиком, который передает показания прибора на Землю. Принимая сигналы радиозонда, метеорологи определяют давление, температуру и влажность воздуха на различных высотах. За полетом радиозонда метеорологи непрерывно следят с помощью радиолокатора, измеряя при этом направление и скорость ветра на высотах. Ученые установили, что очень короткие радиоволны отражаются не только от металлических предметов, но и от других объектов, например от облаков. Это позволило использовать радиолокационный метод для наблюдений за грозами, зонами осадков и т. д. При помощи радиозондов изучают атмосферу до высоты 35—40 км.

2) Метеорологических ракет

Более высокие слои, до 80—100 км, исследуются с помощью специальных метеорологических ракет. В головной части метеорологической ракеты помещены приборы для измерения температуры, давления и плотности воздуха. На заданной высоте головная часть ракеты отделяется от ее корпуса и спускается на парашюте. Показания приборов передаются на наземные приемные пункты с помощью особых радиосигналов.

3) Метеорологические спутники

Выдающимся достижением современной науки явились запуски искусственных спутников Земли. С их помощью изучаются верхние слои атмосферы и космическое пространство. В широком комплексе исследований, которые проводятся при помощи спутников, важное место занимают наблюдения за давлением, плотностью и составом воздуха в верхних слоях атмосферы, за лучистой энергией Солнца и т. д.

Метеорологические спутники оборудованы телевизионной, инфракрасной и актинометрической аппаратурой, которая передает на Землю изображения облаков, сведения о приходе и расходе тепла на нашей планете и т. д. Чтобы получить более полную информацию о метеорологических условиях на всей планете сразу, создаются системы из нескольких метеорологических спутников, работающих одновременно.



Изучение верхних слоев атмосферы — одна из наиболее важных проблем метеорологии.

Основными методами исследования атмосферы являются:

1. **Натурные наблюдения (основной метод).** Они производятся:

- на опорных гидрометеостанциях (ГМС), которых насчитывается около 10 тыс., и временных, к которым относятся и станции на судах, находящихся в море.
- в экспедициях, которые проводят комплексные исследования атмосферы и океана с научно-исследовательских судов и на полярных станциях;
- с искусственных спутников Земли (ИСЗ).

2. **Эксперимент.** К числу метеорологических экспериментов относятся опыты осаждения облаков и рассеяние туманов путем различных физико-химических воздействий на них. Такие опыты предусматривают практические цели, но они позволяют также глубже разобраться в природе явления. Посадка лесных полос, создание водохранилищ, сооружение плотин в морских проливах, орошение местности и т.п. вносят некоторые изменения в состояние приземного слоя воздуха, тем самым и они в некоторой степени являются средствами метеорологического эксперимента.

3. **Синоптический метод.** На карту условными значками наносятся результаты натурных наблюдений опорной сети ГУС за один и тот же срок. Такая карта называется синоптической. Она позволяет видеть, как распределились условия погоды и каковы были свойства атмосферы и характер атмосферных процессов в этот момент над большой территорией. Составляя синоптические карты для последовательных сроков наблюдений можно проследить развитие атмосферных процессов во времени и пространстве и делать выводы о будущей погоде. В основу этого метода положено учение о погодообразующих системах атмосферы: воздушных массах, атмосферных фронтах, циклонах, антициклонах.

4. **Теоретический метод.** На основе законов физики составляются системы дифференциальных уравнений, описывающих атмосферные процессы. Подставляя в эти уравнения исходные натурные данные, полученные из наблюдений, решив систему уравнений,

можно найти количественные значения атмосферных параметров на будущее, т.е. спрогнозировать их значение.

5. Климатология. Опирается на многолетними данными, например: средняя температура, среднее количество осадков, дни с туманами и т.п. Если нанести на карты результаты статистической обработки многолетних наблюдений, то получим климатологические карты. Климатологические карты облегчают дальнейший анализ фактов, позволяют делать выводы о пространственном распределении особенностей или типов климата. Главное их назначение – выбор наиболее выгодных морских путей и сроков промысла.

Заключение

В наше время изучение атмосферы играет роль для развития ряда дисциплин. Во многих странах метеорологию называют физикой атмосферы, что в большей степени соответствует её сегодняшнему значению. Значительная часть метеорологов занимается моделированием прогноза погоды, климата, исследованием атмосферы (с помощью радаров, спутников и др.). Другие работают в правительственных и военных организациях и частных компаниях, обеспечивающих прогнозами авиацию, мореплавание, сельское хозяйство, строительство, а также передают их по радио и телевидению. При метеорологических наблюдениях, прогнозе погоды и научных изысканиях все большее значение приобретает электронное оборудование. Температура, атмосферное давление, плотность и влажность воздуха, скорость и направление ветра – основные показатели состояния атмосферы, а к дополнительным параметрам относятся данные о содержании таких газов, как озон, углекислый газ и т.п.

Характеристикой внутренней энергии физического тела является температура, которая повышается с увеличением внутренней энергии среды (например, воздуха, облаков и т.д.), если баланс энергии положителен. Основными составляющими энергетического баланса являются нагревание при поглощении ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения; остывание за счет излучения инфракрасной радиации; теплообмен с земной поверхностью; приобретение или потеря энергии при конденсации или испарении воды, а также при сжатии или расширении воздуха.

Задачи современной метеорологии не ограничиваются объяснением физической сущности атмосферных процессов. Углубленное изучение физики атмосферы позволило выделить ряд самостоятельных наук (научных дисциплин), имеющих свои объекты изучения. К таким наукам относятся: прежде всего синоптическая метеорология, изучающая погоду и методы её предсказания; динамическая метеорология, изучающая теоретические вопросы физики атмосферы с широким использованием современного математического аппарата; климатология, изучающая средний режим погоды отдельных районов в зависимости от их географического положения и физико-географических особенностей. Процессы, происходящие в средних и высоких слоях атмосферы (от 1.5 км до нескольких десятков км) изучает аэрология. В последние годы, в связи с интенсивным развитием космонавтики, получила развитие аэрономия – наука, изучающая самые высокие слои атмосферы (более 100 км) с помощью метеорологических и геофизических ракет и искусственных спутников Земли.

Литература

1. http://www.meddr.ru/rukovodstvo_k_prakticheskim_zanyatiyam_po_me/issledovanie_fizicheskikh_svoystv_i_otbor_pro/

2. <http://window.edu.ru/library/pdf2txt/421/68421/41971/page4>
3. <http://www.dissercat.com/content/metody-pribory-i-rezultaty-issledovaniya-meteorologicheskikh-parametrov-atmosfery-venery-i-m>