

Динамика и термодинамика атмосферы

Ровдо В. М.

Белорусский национальный технический университет

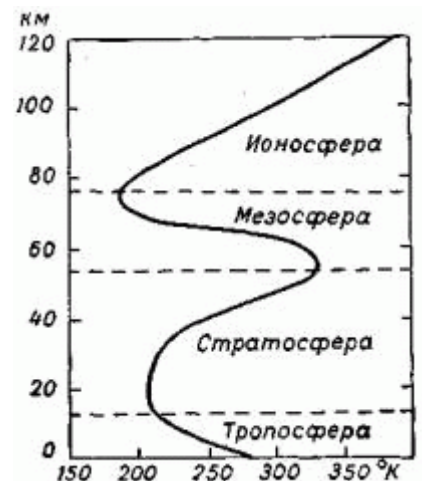
Введение

Атмосфера – газовая оболочка, окружающая небесное тело. Ее характеристики зависят от размера, массы, температуры, скорости вращения и химического состава данного небесного тела, а также определяются историей его формирования начиная с момента зарождения. Атмосфера Земли образована смесью газов, называемой воздухом. Ее основные составляющие – азот и кислород в соотношении приблизительно 4:1. На человека оказывает воздействие главным образом состояние нижних 15–25 км атмосферы, поскольку именно в этом нижнем слое сосредоточена основная масса воздуха. Наука, изучающая атмосферу, называется метеорологией, хотя предметом этой науки являются также погода и ее влияние на человека. Состояние верхних слоев атмосферы, расположенных на высотах от 60 до 300 и даже 1000 км от поверхности Земли, также изменяется. Здесь развиваются сильные ветры, штормы и проявляются такие удивительные электрические явления, как полярные сияния. Многие из перечисленных феноменов связаны с потоками солнечной радиации, космического излучения, а также магнитным полем Земли. Высокие слои атмосферы – это также и химическая лаборатория, поскольку там в условиях, близких к вакууму, некоторые атмосферные газы под влиянием мощного потока солнечной энергии вступают в химические реакции. Наука, изучающая эти взаимосвязанные явления и процессы, называется физикой высоких слоев атмосферы.

1. Динамика атмосферы

Под термином динамика понимается вся совокупность движения воздуха, будь то легкий ветерок, мощные потоки большой скорости и силы, перемещение огромных по объему воздушных масс. Ученые установили десятки различной формы механизмов передвижения воздуха – от простого линейного движения до сложнейших вихрей. Атмосфера – наиболее подвижная и неустойчивая из всех оболочек Земли. Лучше изучена динамика атмосферы в нижнем, наиболее плотном ее слое – тропосфере.

Различают местную динамику воздуха на небольших пространствах и общую циркуляцию атмосферы, охватывающую весь земной шар или его крупные части. Изучение той и другой чрезвычайно важно для понимания характера погод, господствующих в той или иной местности, разнообразия и особенностей климатов всего земного шара. Общая циркуляция атмосферы зависит от распределения солнечной радиации и давления воздуха по земной поверхности, от условий нагревания нижних слоев воздуха подстилающей поверхностью, распределения воды и суши на Земле и других причин глобального масштаба. Она представляет собой крупномасштабные движения (течения) воздуха: пассатов и антипассатов, муссонов, циклонов и антициклонов, струйных течений в верхних слоях атмосферы.



Пассаты. В экваториальной зоне теплый воздух поднимается вверх на 4—8 км, растекается по направлению к полюсам. На широтах 30—35° он опускается к поверхности (см. Атмосфера). На этих широтах расположена зона высокого давления атмосферы. От нее поток воздуха потечет в нижнем слое тропосферы к экватору, отклоняясь в северном полушарии вправо, в южном — влево (см. Годовое и суточное вращение Земли). Под действием силы Кориолиса движение воздуха приобретает направление с востока на запад в виде постоянно дующих и примерно с одинаковой скоростью пассатов. Над ними сверху дуют постоянные ветры противоположного направления — антипассаты.

Муссоны. В общую циркуляцию атмосферы входят и муссоны, дующие в основном между полюсами высокого давления — между 30—35° с. и ю. ш. Муссон — это воздушный поток устойчивого направления в нижних слоях тропосферы, действующий лишь в пределах основных сезонов года — лета и зимы. Направление муссонов по этим сезонам года изменяется на 180° в соответствии с изменением давления над океанами и материками.

Зимой воздух переносится с материка, где при низких температурах давление высокое, а летом — с океана на материк, где давление ниже. Дождливый сезон на суше совпадает, таким образом, с летним муссоном, а сухой — с зимним. Причина смены муссонов в конечном счете — в различной теплоемкости суши и воды. В океане накапливается за лето много тепла, а зимой вода отдает его в атмосферу медленно — океан оказывается зимой гораздо теплее остывшей суши, где давление выше. Возникает поток воздуха на океан. Летом теплее суша и движение воздуха направлено с океана на сушу. Особенно ясно муссоны выражены в Южной и Юго-Восточной Азии, Японии, на восточном берегу Азии, постепенно ослабевая к северу. Смена ветров приобретает муссоноподобный характер (Сахалин, Приморье, побережье Охотского моря, юг Камчатки).

Центры действия атмосферы. На фоне общего распределения давления атмосферы некоторые области Земли выделяются особенно повышенным или пониженным давлением, существующим в течение всего года или возникающим периодически по основным сезонам года (зима, лето).

Область постоянно повышенного давления — над Азорскими островами и окружающими их водами Атлантики в широтах 30—35° с. ш. На севере Атлантического океана располагается область исландского минимума, иногда смещающаяся от своего среднего положения по широте то к югу, то к северу (до Канадской Арктики и даже до Карского моря). Давление в январе здесь обычно ниже 996 миллибар. Над северной частью Тихого океана располагается область постоянно пониженного давления — алеутский минимум. В южном полушарии повышенное давление постоянно держится над Антарктидой. Все эти области называются центрами действия атмосферы (ЦДА). С ними связано возникновение множества подвижных циклонов и антициклонов, они оказывают сильное влияние на характер погоды обширных территорий (например, азорский максимум и исландский минимум всей Западной и Восточной Европы). Подобные центры действия атмосферы имеются над океанами и в южном полушарии. К периодически возникающим ЦДА, определяющим муссонную циркуляцию, относится сибирский максимум давления, охватывающий зимой Забайкалье, Якутию, Монголию. Среднее давление воздуха зимой достигает 1036 миллибар при очень низких температурах (до 60—70° мороза). Здесь в районе Оймякона находится «полюс холода» северного полушария.

Циклоны и антициклоны. На разделе теплой и холодной воздушных масс контрасты тепла и холода создают заряд потенциальной энергии, разряжающейся путем образования крупномасштабных вихрей. В ячейке пониженного давления относительно более теплый воздух поднимается, двигаясь от периферии к центру и отклоняясь в северном по-

лушарии вправо, закручивается при этом в направлении против движения часовой стрелки: развивается циклон. В ячейке повышенного давления воздух стекает от центра к периферии. Воздух в нем вращается по часовой стрелке: развивается антициклон.

Диаметр циклона обычно—1000—2000 км, его высота—от 2 до 20 км, перепад атмосферного давления между центром и окраиной — от 5 до 30 миллибар. Окружающий циклон холодный воздух старается подавить заключенный в циклоне очаг тепла, наступая на него и на теплом и на холодном фронте. Кольцо холода сжимается, вытесняя теплый воздух вверх, где он освобождается от влаги, которой всегда богат циклон, формирующийся обычно над океанами.

Циклон завершает свою деятельность. Его жизнь продолжается всего несколько суток. Скорость движения 30—40 км/ч.

Кроме циклонов умеренных широт между широтами 5—20° каждого полушария возникают сильные возмущения, сопровождающиеся ураганскими ветрами. Это тропические циклоны—тайфуны в Юго-Восточной Азии, в Индии—циклоны, в Северной Америке — торнадо — сильный атмосферный вихрь, смерч. За год на земном шаре случается 40—50 тропических циклонов. Они несут с собой сильные грозы и ливни; да и сам такой циклон — это сплошное гигантское грозовое облако. Тайфуны, возникающие на западе Тихого океана к северу от экватора, перемещаются к западу и северо-западу со скоростью 10—20 км/ч, а при изменении направления на северное скорость возрастает до 30—50 км/ч. Они достигают берегов Индокитая, Китая, Кореи, Японии, а некоторые заходят на наш Дальний Восток, в Приморье, на Курильские острова, на Камчатку. Диаметры тайфунов невелики—до нескольких сотен километров. В море они вызывают сильное волнение, на берегах образуют нагоны морской воды, наводнения, ураганный ветер разрушает селения. Таким мощным тропическим ураганам присваивают собственные имена, обычно женские, например: Глория, Мария. Флора.

В антициклоне устанавливается повышенное давление воздуха, при нисходящем его движении он приобретает высокую степень устойчивости, рассеиваются облака, наступает ясная, солнечная погода. Летом для антициклонов характерна жаркая погода, зимой—морозная. Зимой во внетропических широтах северного полушария антициклоны развиваются над материками Азии (Восточно-Сибирский антициклон) и Северной Америки. В это время над Северной Атлантикой идет интенсивное образование циклонов, связанное с проникновением теплых течений Гольфстрима в северные широты. Летом увеличивается повторяемость циклонов над материками.

Циклоны и антициклоны обычно взаимодействуют, способствуя обострению контрастов температуры и влажности воздуха. Между ними возникают мощные течения холодного воздуха с севера на юг и теплого—с юга на север. Они осуществляют междуширотный обмен в атмосфере.

Ежегодно над Европой проносится более 100 серий циклонов (они часто идут как бы группами, по 2—3 циклона сразу). Если нанести пути их движения на карту, обнаружится своего рода «трасса», начинающаяся на севере Атлантики. Такие же закономерности заметны и в расположении антициклонов. Но эта картина сохраняется более или менее постоянной всего 3—5 дней. Циклоны и антициклоны, холодные и теплые фронты, очаги тепла и холода меняются местами, перемещаются, исчезают и возникают вновь.

Составив календарь смены механизмов динамики атмосферы за много лет, ученые нашли, что их можно объединить в две основные группы: одна определяет в основном движение воздушных масс с запада на восток и препятствует междуширотному обмену воздуха; другая, наоборот, открывает в северном полушарии широкие возможности для продвижения холода на юг, а тепла—на север. Первый тип циркуляции называют зо-

нальным, второй— меридиональным. Когда господствует зональная циркуляция, усиливаются на Земле климатические контрасты, а это приводит постепенно к обострению процессов вихре-образования, которые нарушают зональность воздушного переноса.

Местная динамика атмосферы. Если муссоны, циклоны и антициклоны охватывают обширные территории, то есть виды движений воздуха, проявляющиеся на сравнительно небольших пространствах. Рельеф местности или неодинаковые условия нагревания и охлаждения отдельных участков земной поверхности вызывают местную динамику атмосферы; она выражается местными ветрами. Это, например, сильные, жаркие и сухие африканские ветры, связанные с нагреванием воздуха над пустыней; в Алжире — сирокко, в Аравии—самум, в Египте — хамсин. Когда воздушные течения общей циркуляции пересекают горные хребты, возникают порывистые ветры, например фён — сухой и теплый ветер, дующий временами с гор в долины во всех горных странах. Возникает фён, когда по одну сторону гор повышенное давление, а по другую — сильно пониженное. Пока воздух течет вверх по склону, его температура на каждые 100 м подъема понижается на $0,6^\circ$, что вызывает конденсацию водяных паров. При спуске сухого воздуха с хребта его температура повышается не на $0,6^\circ\text{C}$ на 100 м, а на целый градус. Спустившись, скажем, с высоты в 3000 м, воздух нагревается на 30°C . Особенно сильными бывают фены в Альпах, на Кавказе, в Средней Азии. Длительность ветра обычно менее суток, но бывает до 5 и больше.

К порывистым, сильным ветрам относится и бора. Она дует преимущественно в холодное время года с невысокого горного хребта на побережье водного бассейна. Здесь тоже перепад давления: с одной стороны гор — высокое, а с другой — пониженное. Бора образуется при вторжении масс холодного воздуха, перетекающих через невысокие хребты. Низвергающийся на побережье с большой скоростью воздух оказывается значительно холоднее, чем теплый воздух, ранее занимавший приморский район. Скорость ветра при боре достигает иногда 40 и более м/с. Очень сильная бора наблюдается на Адриатическом побережье Югославии. На средиземноморском побережье Франции бывает ветер типа бора, дующий с гор в долину Роны. Его называют мистраль. В РФ бора бывает в районе Новороссийска, на Новой Земле. На берегах Байкала ветер, сходный с борой, называется сармой.

Типичны местные ветры с суточной сменой направления и небольшой скоростью. К ним относятся бризы и горнодолинные ветры. Бриз дует на побережьях морей, больших озер и водохранилищ. Днем суша нагревается быстрее, чем море, и над ней устанавливается более низкое давление, чем над морем. Поэтому дневной (морской) бриз дует с моря на нагретое побережье; ночной (береговой) — с охлажденного побережья на море. Проникает бриз от береговой линии на десятки километров. Хорошо выражены эти ветры во время устойчивой антициклональной погоды.

Местные ветры очень большой силы принято называть бурями. Во время бури скорость ветра превышает 20 м/с. Обычно бури связаны с прохождением энергично развивающегося циклона, когда на его окраинах образуется резко выраженные атмосферные фронты. Ветер со скоростью 17—24 м/с называется штормовым или штормом, более сильный — свыше 32 м/с — ураганом. Кратковременные порывы ветра, достигающие 30—40 и более м/с, — шквалы. Снежные бури имеют несколько названий. Метель — перенос снега ветром вблизи земной поверхности. Различают: поземку, когда снежинки поднимаются на несколько сантиметров над землей, низовую метель—до 2 м и выше. Эти два вида метели происходят без выпадения снега из облаков. И, наконец, общая, или верхняя, метель — выпадение снега при сильном ветре. Другие названия метели — вьюга, буран, пурга. Если при сильном ветре переносится песок, то такую бурю иногда на-

зывают песчаным бураном. А если ветер развеивает и переносит мельчайшие частицы почвы, особенно чернозема, в степях, то говорят о черных (пыльных) бурях. Они наносят большой ущерб народному хозяйству, унося плодородный слой почвы и откладывая его в других местах. Меры борьбы с ними: полесозащитные лесонасаждения, снегозадержание, занятые пары, высокая агротехника. Существуют еще местные, нигде больше не встречающиеся ветры, как, например, афганец — сухой юго-западный ветер в верховьях Амударьи, несущий много пыли и сильно понижающий относительную влажность воздуха, по характеру и губительному воздействию на растительность близкий к суховею — ветру с высокой температурой воздуха (20—25°C), возникающему на южной периферии антициклона над степями юга и особенно юго-востока европейской части РФ.

2. Термодинамика атмосферы

«Термодинамика атмосферы» изучает термические режимы атмосферы и их устойчивость. Атмосфера является одной из подсистем климатической системы. Климатическая система включает в себя пять взаимосвязанных подсистем:

- атмосфера;
- биосфера (или биота);
- гидросфера (мировой океан, реки, озера);
- криосфера (Антарктида, горные ледники и т.п.)
- литосфера;

Биотой называется совокупность всей флоры и фауны, т.е. всего растительного и животного мира Земли, включая человека. Естественно распределенная по земному шару биота называется биосферой. Окружающая среда, это часть биосферы, атмосферы, гидросферы и т.д. существенно измененная человеком в результате и/или интересах своей жизнедеятельности. Запасы полезных ископаемых, мощность фотосинтеза (для производства продуктов питания и древесины), мощность возобновляемых источников энергии, рек, ветра, солнечной энергии рассматриваются в качестве ресурсов человечества.

Заключение

В данном докладе представлена полная характеристика динамики и термодинамики атмосферы. Можно сделать следующие выводы, а именно:

1. Лучше изучена динамика атмосферы в нижнем, наиболее плотном ее слое — тропосфере.
2. Различают местную динамику воздуха на небольших пространствах и общую циркуляцию атмосферы, охватывающую весь земной шар или его крупные части.
3. Динамика представляет собой крупномасштабные движения (течения) воздуха: пассатов и антипассатов, муссонов, циклонов и антициклонов, струйных течений в верхних слоях атмосферы.

Литература

1. http://books.google.by/books/about/Динамика_и_термодинамик.html?id=SAbCPgAACA&redir_esc=y
2. <http://window.edu.ru/library/pdf2txt/161/37161/14173/page9>
3. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/6553/ТЕРМОДИНАМИКА