

ЗАОБЛАЧНЫЕ ВЫСОТЫ

Ф. БУБЛЕЙНИКОВ

Рис. В. Ванидина

Ученые с давних пор интересовались состоянием атмосферы высоко над землей.

Что происходит в воздухе за облаками? Холодно там или жарко? Как меняется давление воздуха по мере удаления от земли?

Воздушный шар, позволивший подняться на большую высоту, открыл науке широкое поле для исследований.

Один из первых полетов с научной целью совершил русский академик Захаров в 1804 году. Его шар поднялся на 2,5 километра над землей. С тех пор ученые много раз повторяли подобные полеты, стремясь достигнуть наибольших высот.

Но чем выше поднимались они, тем больше встречали затруднений и даже опасностей.

Много нужно было смелости и самоотвержения, чтобы подняться выше 8 километров над землей.

Разреженный воздух затруднял дыхание, вследствие резкого уменьшения давления шла кровь из носа и ушей, воздухоплаватель нередко терял сознание, и тогда ему угрожала неминуемая гибель.

Чтобы уменьшить опасность полетов на большую высоту, стали снабжать аэронавтов кислородными приборами для поддержания дыхания.

Но и приборы не всегда спасают. Они могут вдруг оказаться неисправными, и тогда человек погибает от удушья. Это случалось не раз во время поднятий на аэростатах и стоило воздухоплавателям жизни.

Между тем еще в 80-х годах прошлого века наш знаменитый ученый Д. И. Менделеев советовал подвешивать к аэростату вместо корзины герметически закрытую гондолу.

Как бы высоко ни поднялся такой аэростат, воздухоплаватель будет находиться в обычных условиях.

Прошло полвека, прежде чем идея Менделеева — постройка особого устройства воздушного шара с герметически закрытой гондолой — бы-

ла осуществлена советскими учеными.

Этот воздушный шар назвали стратостатом.

Уже во время первого полета на стратостате удалось подняться почти на 16 километров над землей.

Но исследователи атмосферы стремились все выше.

Советский стратостат «СССР» поднялся на высоту 19 километров. И вскоре же после этого стратостат «Осоавиахим-1» достиг 22 километров над уровнем моря.

Полеты на аэростатах и стратостатах уже дали много важных сведений о давлении, температуре и влажности воздуха на большой высоте.

Но воздушные шары могут подниматься не беспредельно.

Чем выше, тем воздух становится разреженней и легче. При подъеме воздушного шара наступает момент,

когда вес вытесненного им воздуха сравнивается с весом шара.

Шар достигает своего «потолка», и подъем его прекращается.

Как же исследовать разреженную атмосферу выше этого «потолка»?

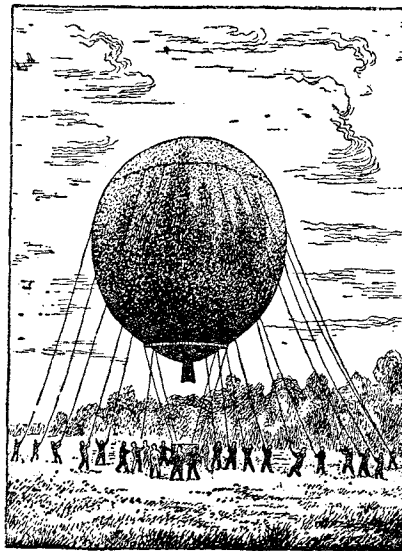
И вот в атаку недоступных глубин неба понеслись шары-зонды. Раздуваясь под давлением газа изнутри, они поднимаются до тех пор, пока не лопнет их тонкая резиновая оболочка.

Единственный «пассажир» такого воздушного шара — самонадувающий прибор, метеорограф. Он не боится падения на землю, замедляемого, как парашютом, разорвавшейся оболочкой шара.

Как прост и остроумен этот прибор, заменяющий наблюдателя при полете шара-зонда!

Трудно узнать в пластинке, спаянной из двух полосок различных металлов, термометр. Однако вследствие неодинакового расширения металлов эта пластинка при нагревании или охлаждении изгибается и может служить для измерения температуры. Тонкостенная металлическая трубка, из которой выкачан воздух, в разреженной атмосфере расширяется и измеряет ее давление. Простой пучок волос, отдавая влагу в верхних слоях атмосферы, укорачивается и указывает на сухость воздуха. Изгибание пластинки, расширение тонкостенной трубки и изменение длины волоса передаются коротким концом вращающихся стрелок. Длинный конец стрелки во много раз увеличивает эти незаметные для глаза движения. К каждой стрелке прикреплено перо, прочерчивающее на закрученной ленте барабана, вращаемого часовым механизмом, кривую линию.

Когда лопнет оболочка шара-зонда, его «пассажир», понавший в аварию, доставляет на землю записи этих приборов. По этим записям исследователи атмосферы и узнают, как изменялись температура, давление и влажность воздуха во время поднятия шара-зонда.



Аэростат.

Обычно шар-зонд далеко уносится ветром. В малонаселенных местах не возможно отыскать его. В населенных местах метеорограф может упасть в болото и навеки остаться на его дне. Наконец, он может быть найден через большой промежуток времени, когда записи его уже будут стерты ветром и водой.

Все труды и затраты на пуск шарозонда будут в этих случаях напрасными.

Нельзя ли, однако, сконструировать механического «наблюдателя» так, чтобы он сигнализировал о результатах его измерений во время полета? Тогда и при потере метеорографа его записи были бы известны исследователям атмосферы.

Советские ученые заставили говорить этого молчаливого «наблюдателя». Вместо барабана они установили коротковолновый радиопередатчик, посылающий на землю сигналы об изменении температуры, давления и влажности воздуха.

Такой «говорящий» радиозонд был построен на Главной геофизической обсерватории. Первый полет он совершил в Павловске, близ Ленинграда.

Шар-зонд поднимается вдвое выше стратосгата — до 35—38 километров.

ВЕСТИ ИЗ-ЗА ОБЛАКОВ

Радиозонд унесся ввысь. И тотчас же с него начинают поступать сообщения.

Быстро снижается температура; через каждый километр подъема в высоту становится на 6—8 градусов холодней. Уменьшается давление; на 5 километрах над уровнем моря оно вдвое слабее; на 10 километрах оно снижается еще — тоже почти вдвое. Чем выше, тем становится суше.

До высоты в 9—11 километров ничего неожиданного не отмечается. Конечно, чем выше, тем должно быть холодней. Ведь атмосфера нагревается от земной поверхности так же, как комнатный воздух от изразцов голландской печи. Солнечные же лучи почти не нагревают непосредственно атмосферу. Воздух, подобно стеклам теплицы, свободно пропускает их.

Все были уверены, что чем выше, тем до самой границы атмосферы становится все холодней. Но, к удивлению ученых, радиозонд сообщал о постоянном похолодании только до высоты 9—11 километров (в средних широтах). На этой высоте днем и ночью, зимой и летом стоит жестокий 45—55-градусный мороз. Но сколько бы ни поднимался радиозонд выше, воздух не становится холодней. Эту область атмосферы с почти неизменной температурой назвали стратосферой.

Ниже границы стратосферы воздух бурлит, как вода в кипящем котле. Огромные клубы нагретого воздуха вихреобразно поднимаются вверх. Взамен спускается к земле холодный воздух.

Академик А. И. Колмогоров и его ученик профессор А. М. Обухов изучили перемешивание воздуха ниже стратосферы. В этом вопросе раньше было много неясного.

Еще недавно думали, что воздух в стратосфере не поднимается вверх. Позднее стало известно, что воздух слабо перемещается и в стратосфере.

Как же происходит обмен теплом между слоями стратосферы, лежащими на разной высоте?

Академик В. А. Амбарцумян и другие наши ученые установили, что тепло передается в стратосфере из



Стратостат в полете.

одного слоя в другой главным образом лученоспущанием. Каждый слой излучает столько тепла, сколько и сам его получает.

Поэтому температура стратосферы и остается неизменной до самого «потолка» радиозонда.

Мы привыкли к мысли, что чем ближе к экватору, тем теплее. А в стратосфере — наоборот: там над экватором значительно холоднее, чем над полюсами.

Над экватором углекислый газ от холода превратился бы в стратосфере в твердый «сухой» лед. А над полюсом в стратосфере даже теплее, чем в сильный мороз в Якутске.

Воздушные течения подобны движению воздуха в отопляемой печи комнате, где воздух поднимается над печью и движется под потолком к окнам, а вдоль оконных стекол опускаются охлажденные воз-

душные струи и текут внутрь комнаты.

Над экватором теплый воздух поднимается кверху. Там он растекается на север и на юг к полюсам. Холодный же воздух из умеренных стран движется с севера и юга к экватору. Его струи отстают от вращающейся земной поверхности и отклоняются к западу. Это хорошо знакомые мореплавателям постоянные ветры пассаты. Они дуют вдоль экватора к северу и югу от него. Парусные суда, совершающие далекое плавание по океану, всегда стремятся достигнуть полосы пассатов. Как только они попадают в нее, этот ветер уносит их через весь океан на запад.

В атмосфере возникает множество и других воздушных течений

Вот над земной поверхностью проносятся циклоны — воздушные вихри, захватывающие в ширину сотни километров. Они создают разрушительные ураганы, вызывают сильные грозы, проливные дожди. Даже небольшие воздушные вихри — смерчи — вырывают с корнем деревья, срывают крыши, поднимают на воздух и бросают бревна.

Если бы мы перенеслись в стратосферу, нас поразило бы непривычное спокойствие¹. Так как в стратосфере жестокий холод, то количество пара там совершенно ничтожно. Редкие в стратосфере перистые облака состоят из мельчайших кристалликов льда.

С помощью радиозонда можно успешно изучать свойства атмосферы до высоты 35 километров. Но как-то они выше?

Конечно, нужно было ожидать, что над «потолком» радиозонда становится еще холодней. Однако природа удивила ученых: оказалось, что над «потолком» шаров-зондов воздух вдруг теплеет! Такого вестя принесли звуки, отражающиеся от слоя воздуха на высоте около 50 километров и возвращающиеся на землю.

Еще во время первой мировой войны было замечено странное явление. Удаляясь от места боя, можно было слышать пушечную пальбу в 30—40 километрах от него, а далее наступала полная тишина. Но на очень большом расстоянии звуки залпов вдруг снова становились слышны.

Как это ни удивительно, но ничего чудесного в этом нет.

Еще средневековые архитекторы устраивали в старинных замках большие залы, в которых можно было наблюдать подобное явление в миниатюре.

Два человека, стоявшие в разных концах такой залы, могли переговариваться шепотом, неслышным никому из бывших в ней людей: звук отражался от сводчатого потолка так, что собирался в концах залы. Быть может, также отражаются звуки и «от свода неба»?

Но слои воздуха — не твердый свод. Звуковой «луч» в верхних слоях атмосферы постепенно искрив-

¹ То-есть отсутствие интенсивного перемешивания. Но относительная скорость ветра там больше, чем в тропосфере.

ляется, загибаясь вниз. Он идет по дуге, подобной пути брошенного камня.

Ученые вычислили, что «отражение» звука происходит на высоте около 50—60 километров.

Это было бы вполне возможно, если воздух выше 40 километров становился бы все теплее. Тогда звуковой «луч» пересекал бы все более теплые слои. При этом, подобно лучу света, переходящему из стекла в воздух, он преломлялся бы, отклоняясь вниз. И если бы на высоте 60 километров температура воздуха доходила до 75 градусов тепла, звуковой луч направлялся бы оттуда к земле.

Оставалось предполагать, что на высоте 60 километров температура воздуха действительно достигает 75 градусов выше нуля.

Чем же объяснить, что жестокий холод в стратосфере вдруг сменяется тропической жарой?

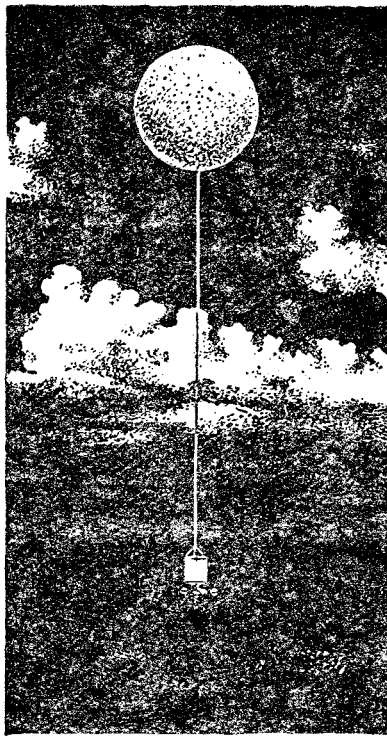
Что служит «коллектором» тепла в стратосфере?

Над потолком шара-зонда тепло сохраняется озоном. Этот газ образуется там под действием ультрафиолетовых солнечных лучей. Когда их колебания попадают на молекулу кислорода, они расщепляют ее. Появляются свободные атомы кислорода. Но атомы не «любят» одиночества. Встретив молекулу кислорода, атом тотчас же присоединяется к ней. В молекуле кислорода два атома. А когда к ней присоединится третий — образуется молекула озона. Этот газ проникает сверху в небольшом количестве и в нижние слои атмосферы. Он образуется вблизи земной поверхности также и во время электрических разрядов в воздухе — молний.

Чем выше над «потолком» шара-зонда, тем больше озона. Об этом сообщили приборы. На высоте 55 километров количество озона увеличивается уже почти до 1 процента.

А чем больше озона, тем становится теплее, так как озон поглощает большое количество тепла, излучаемого землей и пропускаемого нижними слоями атмосферы.

На очень большой высоте, однако, свободные атомы кислорода уже редко встречают молекулы кислорода, которые могут дать им «пристанище». Поэтому в ста километрах над землей все молекулы кислорода расщеплены на атомы. Там есть только «атомный» кислород.



Шар-зонд в полете.

Большинство людей даже не подозревает, от каких опасностей их спасает атмосфера!

Если бы воздух пропускал вместе со световыми много невидимых ультрафиолетовых лучей, то Солнце погубило бы все живое на земной поверхности.

К счастью, световое колебание, расщепившее молекулу кислорода, затухает. Поэтому лишь небольшая часть ультрафиолетового излучения достигает поверхности Земли.

ГДЕ ГРАНИЦА АТМОСФЕРЫ

Мы живем на дне воздушного океана

Человеку удалось пока подняться только на 22 километра вверх.

Чуть не вдвое выше залетают радиозонды. Высоко над «потолком» этих шаров-зондов поднимаются ракеты. Но мысль ученых стремится еще дальше.

Как высоко простирается атмосфера?

ра? Где «поверхность» воздушного океана?

Ответ на эти вопросы ученые ищут в «серебристых» облаках, во вспышках метеоров, в сумеречном свете неба и в огнях полярных сияний.

Летней ночью на темном фоне в северной части неба бывают видны какие-то совсем особенные облака: тонкие и прозрачные, освещенные лучами зашедшего солнца, они быстро несутся с востока на запад.

Впервые на них обратил внимание русский астроном В. К. Цераский в 80-х годах прошлого века. С тех пор ученые занялись наблюдением этих замечательных облаков.

Прежде всего измерили высоту этих облаков. Оказалось, что они плывут необычайно высоко.

Даже высокие перистые облака близехонько от нас по сравнению с серебристыми: до перистых облаков не более каких-нибудь 10 километров, а серебристые — в восемь раз выше.

Загадочна природа этих облаков!

Откуда взялся пар в верхних слоях стратосферы?

Быть может, извержения вулканов забрасывают на большую высоту пары воды и пепел, а воздушные течения поднимают их еще выше?

Но возможно, что серебристые облака и не земного происхождения: просто немного космической пыли, рассеянной на огромном пространстве.

Значит, на расстоянии 80—85 километров от земли еще имеется довольно плотный воздух; он поддерживает на весу серебристые облака и мчит их с большой быстротой.

Высоко ли простирается атмосфера над серебристыми облаками?

Метеоры, или «падающие звезды», сообщили наблюдателям, что и вдвое выше есть воздух.

Воздух предохраняет земную поверхность от разрушительных ударов этих космических снарядов.

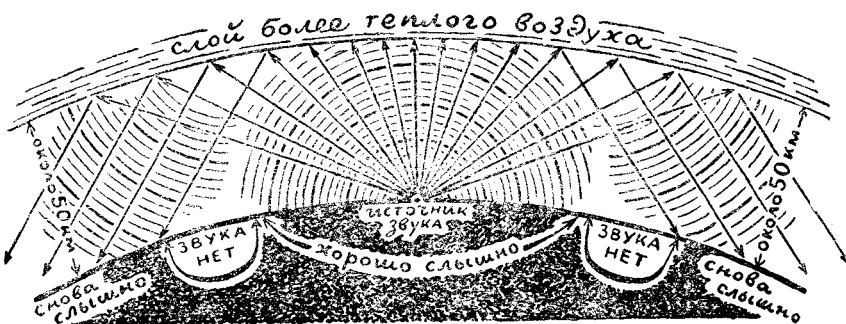
Вот нежданный гость из мирового пространства влетает в атмосферу. Он со страшной силой сжимает впереди себя воздух. А при сжатии газы нагреваются; перед метеоритом образуется «шапка» раскаленных газов, которая и кажется нам «падающей звездой».

Но и сам метеорит, ударившись о слои воздуха, раскалется и превращается в пар. Только более крупные «небесные камни», оплавившись с поверхности, падают на землю.

Ученые определили высоту взлета метеоров: они вспыхивают на расстоянии от 40 до 100, как правило, не выше 120 и очень редко до 150 километров над землей. Значит, и там еще есть довольно плотный воздух.

Наблюдения за метеорами позволили узнать кое-что об этой далекой области, куда не залетают наши радиозонды.

Видя, например, как сносится в



сторону светящийся след метеора, можно измерить и скорость воздушных течений.

Ученые уже определили плотность воздуха на высоте до 250 километров. Эту задачу они решили по движению метеоров, по яркости освещенных солнцем верхних слоев атмосферы во время сумерек и по другим наблюдениям в атмосфере.

Сумерки — рассеянный свет после захода или перед восходом солнца. Он попадает на земную поверхность из верхних слоев атмосферы, освещенных прямыми солнечными лучами.

Академик В. Г. Фесенков, наблюдая яркость неба во время сумерек, еще в 1915 году определил плотность воздуха в 200—250 километрах над землей.

Сколько удивительных свойств атмосферы открыли ученые, наблюдая распространение в ней звука, вспышки метеоров и явление сумерек!

Не так давно удалось установить, что радиоволны, как и звук, отражаются в стратосфере.

Чем дальше от коротковолнового радиопередатчика, тем меньше сила сигналов. Наконец на некотором расстоянии их вовсе не слышно. Но дальше опять сигналы хорошо слышны: радиоволны отразились высоко в атмосфере и возвратились на землю.

Теперь понятно, что они могут обегать вокруг земного шара, отражаясь то от земной поверхности, то от слоев атмосферы.

Возвращение радиоволн на землю происходит с высоты 100—300 километров.

Земля и океан отражают радиоволны потому, что горные породы и вода — электропроводны. Очевидно, что и слои воздуха на высоте 100—300 километров приобретают свойство проводить электрический ток.

Для этого нужно, чтобы в воздухе были заряженные электричеством частицы. Эти частицы появляются в воздухе под действием ультрафиолетовых лучей.

Короткие световые колебания отрывают электроны от атомов кислорода и азота высоких слоев атмосферы. Атомы, теряя отрицательно заряженные электроны, приобретают положительный заряд.

Там же, где есть отрицательно и положительно заряженные частицы, может распространяться электрический ток. Так радиоволны позволяют исследовать атмосферу до высоты 250—300 километров.

Но есть ли воздух еще выше и каковы его свойства? Кто может сообщить нам об этом?

Полярные сияния.

На большой высоте вдруг появляется несколько желто-зеленых или яркокрасных дуг, которые понемногу расширяются и приближаются к зениту, разбрасывая разноцветные лучи. Небо становится похожим на огромный светящийся купол, по которому катятся зеленые, синие, красные и желтые волны.

Иногда с небесного свода спускается сверкающий золотисто-красный занавес с волнующимися складками.

Полярное сияние — свечение разреженных газов воздуха. Значит, по высоте его появления можно судить о границах атмосферы.

Нижний край полярного сияния никогда не спускается ниже 100 километров. Верхние же лучи его иногда достигают 1000 километров над землей.

Можно поэтому быть уверенным, что в 1000 километрах над земной поверхностью еще есть разреженные газы.

Как необычайны свойства атмосферы на очень больших высотах!

Ученые были удивлены, что в

60 километрах над землей воздух нагрет до 75 градусов. Но на высоте 180 километров, по некоторым расчетам, он в десять раз горячеей.

Однако не нужно думать, что попавшая туда стальная ракета накалится докрасна, как в металлургической печи.

Ведь на такой высоте воздух разрежен больше, чем в вакууме, созданном лучшим воздушным насосом наших лабораторий. Частицы воздуха там так редки, что могут пролетать сотни километров, не сталкиваясь друг с другом.

Значит, о ракету ударится слишком недостаточное число частиц, которые не могут передать столько тепла ее корпусу, чтобы накаливать его.

Ужовы не вполне еще доказанные и не совсем еще объясненные свойства высоких слоев атмосферы.

Не вполне решена задача и о границе атмосферы.

Повидимому, такой резкой границы, как поверхность океана, у атмосферы нет.

Где-то на большой высоте частицы газов уже не удерживаются притяжением земли: они постепенно рассеиваются в пространстве.

Сфера рассеяния газов и может считаться границей атмосферы. За этой границей начинается межпланетное пространство. Оно пока еще не достижимо для наших приборов, но настанет день, когда советская наука и техника сделают доступным для исследования и межпланетное пространство. Наша страна — родина смелой идеи покорения межпланетных пространств. В трудах нашего великого соотечественника К. Э. Циолковского эта мечта, древняя, как само человечество, впервые облеклась в стройные математические формулы. Кому же, как не нам, осуществить в будущем эту прекрасную мечту?!

