

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

В ряду других крайне интересных выпусков «занимательной» серии настоящая книга по необходимости займёт, пожалуй, несколько обособленное место.

Понимая под авиацией совокупность всех достижений человека в области механического летания, автор счёл здесь своей задачей изложить основную сущность некоторых вопросов этой области в общедоступной и по возможности занимательной форме. Общая проблема летания и та обстановка, в которой оперирует воздушный флот, не могут быть восприняты без знакомства с атмосферой и с её свойствами. С этого мы и начинаем. Затем следуют очерки развития авиации, вернее авиатехнических методов, до создания первого практически годного самолёта: это наилучший способ сразу открыть глаза новичкам, ответив на неизбежные и многочисленные вопросы «почему это так, а не иначе?», «не лучше ли сделать вот так?». В третьей главе описывается само летание и маневрирование современных аэропланов, как оно есть и как представляется, с его впечатлениями и переживаниями. И в двух последних главах предлагается ряд «самodelок», начиная с простейших, в которых каждый любитель найдёт возможность — думается, не без пользы и интереса — практически заниматься авиацией, вовсе не летая лично.

Как ни узка такая коротенькая программа, но и в ней автор признал обязательным давать изложение, начиная с азов и по возможности систематически, так как эти вопросы, не рассматриваемые в школе, для многих читателей могут представить безусловную новизну. В этом-то и лежит, пожалуй, отличие настоящей книги от других выпусков «занимательной» серии.

Но автор будет считать себя вполне удовлетворённым, если отличие скажется только в этом: в остальном было бы приятнее сохранить сходство, учитывая ту заслуженную популярность, которую эта серия давно приобрела.

*К.В.
Июнь 1928*

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Появление этих строк вызывается главным образом тем обстоятельством, что суть предисловия к первому изданию не учитывалась в некоторых прежних отзывах о книге. Автор точно изложил выше, что именно он счёл нужным включить в свою книгу в первую очередь, ясно отметив, что такое содержание отнюдь не исчерпывает всей темы, обнимаемой заглавием. Длинная серия ещё не затронутых вопросов — развитие авиации с 1909 г., современная материальная часть, теоретические основы и всё, касающееся различных применений авиации, — преднамеренно было оставлено для второй книги, которая, будем думать, тоже скоро увидит свет.

Настоящее второе издание отличается от первого лишь редакционными исправлениями и несколькими новыми рисунками.

*К.В.
Декабрь 1929
Ленинград*

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ В АТМОСФЕРЕ

Судить о воздухе по впечатлениям с земли то же самое, что судить об океане, плавая по его поверхности.

Д.И. Менделеев

ВОЗДУХ И ПУСТОТА

Что нужнее всего для жизни человека на Земле?

В разнообразных условиях человеческой жизни мы знаем случаи, когда люди живут и на воде, и под землёй. Знаем примеры, когда целые народы большую часть года совершенно лишены солнечного света и тепла, проживая во мраке и стуже... И люди приспособляются даже к такой обстановке.

Но как жить без воздуха? Можно ли приспособиться к такой жизни надолго или навсегда? Когда-нибудь, возможно, под влиянием необходимости человечество подойдёт и к этому. Но сейчас, как и на протяжении многих минувших тысячелетий и сотен веков, жизни без воздуха нет, не было и быть не может. Воздух необходим, как... воздух: не даром сложилась такая поговорка для выражения крайней необходимости.

Однако знаем ли мы о воздухе столько, сколько следовало бы знать в соответствии с его исключительно важной ролью? Нет, мы знаем о воздухе сравнительно немного, а о всей земной атмосфере — и того меньше. Почему? Потому что познание этой стихии

в соответствии с развитием естественных наук началось всего лишь с конца XVIII столетия, а практическое использование атмосферы техникой — только с начала XX века.

Правда, древнегреческая наука ещё за несколько веков до начала нашей эры признавала, что атмосферный воздух является основным элементом жизни на Земле, из которого путём сжатия образуются огонь, вода и земля (философы Анаксимен и Анаксимандр). А два других учёных грека несколько позднее (в V столетии до н.э.) даже на опыте доказали, и очень просто, что воздух не является пустотой, как это кажется.

Прodelайте эти простые опыты сами. Если в глухую трубку вжмать плотно пригнаннй к ней поршенёк, то по мере давления рука будет чувствовать всё большую упругость, — значит, внутри что-то есть (опыт Анаксагора). Опустите под воду стакан или бутылку, аккуратно опрокинутые дном вверх; в ваши «пустые» сосуды вода не проникнет вовсе или попадёт в очень небольшом количестве: значит, «пустота» лишь кажущаяся, внутреннее пространство чем-то занято (опыт Эмпедокла).

Но это «что-то», уже ясно нащупанное, после того не изучалось очень долго. Наука того времени была слишком схоластична, умозрительна и далека от опытных методов, а тот опыт, который проделывался, преследовал оккультные цели (сокровенные замыслы в алхимии и в других подобных науках). Теперь кажется совершенно невероятным, что хитроумные греки нашли достойных преемников в своих опытах с воздухом лишь через *две тысячи лет!* Около двух тысяч раз человечество наблюдало на земле правильные чередования времён года. Учёные люди проникновенно постигали тайны хождения по небу Луны и Солнца, планет и бесчисленных отдалённейших звёзд. Но в познании воздуха, который в нашей жизни заполняет и объёмлет решительно всё, который буквально питает нашу кровь, две тысячи лет не принесли ничего нового. И только гений Галилея, не побрезговавшего заняться и воздухом, наряду с величайшими открытиями в механике, вписал в этом вопросе нечто новое. Если воздух отличен от пустоты, он имеет свой вес; значит, для первого познания его надо хоть просто взвесить. Галилей и взвесил: сперва пустую бутылку на холоде, а потом ту же бутылку после сильного нагревания, когда часть воздуха от расширения вышла (это было в начале XVII столетия). Как Галилей

и ожидал, в весах получилась разница: она-то и определила собой вес воздуха (хотя, конечно, не точно).

Ещё нагляднее разделил понятия о воздухе и о пустоте ученик Галилея и его преемник по академии во Флоренции — знаменитый *Торичелли*. То пространство, которое получается в стеклянной барометрической трубке над столбом ртути высотой в 760 мм, не содержит воздуха (*Торичеллиева пустота* — см. рис. 1). Значит, воздух, заполняющий у земли всё и забивающийся в малейшие поры, всё же отделим от пространства.

Блестяще демонстрировал несколько позднее опыт с воздухом «германский Галилей» — учёный *Отто Герике*, бывший в течение 35 лет бессменным бургомистром в г. Магдебурге. Сделав два медных полушария диаметром около 40 сантиметров, в точности одинаковых, он сомкнул их отверстиями, проложив по кромке кожаное кольцо, пропитанное раствором и не пропускающее воздуха. И когда из полученного шара весь внутренний воздух удалялся через кран с помощью изобретённого Герике воздушного насоса, то оба полушария оказывались так прилипшими одно к другому, что шестнадцать лошадей, впряжённых по восьми с каждой стороны, могли отодрать их одно от другого лишь при долгих стараниях усердных погонщиков! При этом раздавался громовой звук, подобный выстрелу. А при открывании крана, когда воздух спокойно впускаться внутрь безвоздушного шара, его половинки распадались при малейшем усилии. «*Магдебургские полушария*» (опыт относится к 1654 г., см. рис. 2) доказали не только разницу между пространством воздушным и безвоздушным, но и всю мощь атмосферы, которая своим весом (давлением) извне препятствовала разъединению двух ничем не скреплённых тел.

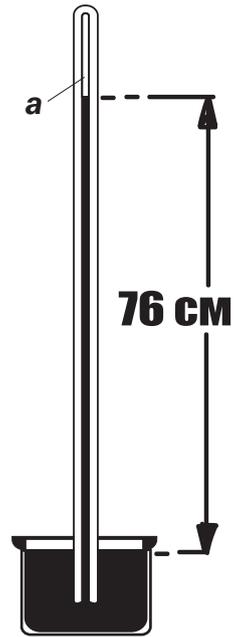


Рис. 1. Барометрическая трубка. Давление атмосферы на поверхность ртути в сосуде уравнивается столбом ртути в 76 см. Сверху в трубке образуется *Торичеллиева (абсолютная) пустота (а)*.



Рис. 2. Опыт с «магдебургскими полушариями» 1654 г. (гравюра из книги Герике).

Так, только в середине XVII века были познаны основные свойства воздуха — его вес и давление. Но прошло ещё больше ста лет, пока люди стали разбираться в общих свойствах газообразных тел¹, и лишь в конце XVIII века, с появлением воздушных шаров бр. Монгольфье и физика Шарля, было положено начало знакомству с атмосферой в целом.

НА ДНЕ АТМОСФЕРЫ

«Мы живём на дне воздушного океана», — так выразился впервые Торичелли, желая подчеркнуть разницу между атмосферой и водной стихией. В морях и иных водоёмах мы оперируем обычно на поверхности, а в отношении к атмосфере наша жизнь проходит в самом низу её, на дне. Лишь отделяясь от этого дна, пускаясь в странствования по воздушным волнам, мы знакомимся с различными слоями атмосферы. Однако мы всегда очень далеки от того, чтобы всплыть на её поверхность (поскольку о таковой вообще может быть речь).

Вот почему не надо забывать, что масса воздуха, висящая над нашими головами, всегда давит на нас, как и на всё, находящееся на поверхности Земли. И это давление вовсе не такое маленькое, как может казаться. Тот же Торичелли непосредственно доказал, что для уравнивания обычного давления атмосферы нужен столб ртути высотой в 760 мм или столб воды высотой около 10,5 м (воды больше во столько раз, во сколько раз ртуть тяжелее воды, т. е. в 13,6). Значит, на площадь в 1 кв. м давление атмосферы составляет около $10\frac{1}{2}$ тонны (таков вес $10\frac{1}{2}$ куб. м воды или 0,76 куб. м ртути); на каждую площадку в 1 кв. см давление будет несколько больше 1 кг.

Читатели, никогда не задумывавшиеся над этим явлением, могут спросить: неужели же действительно каждый окружающий нас предмет выдерживает на себе от воздуха такую громадную нагрузку? Значит, например, на сидение стула всегда давит около 1 тонны, на обеденную тарелку 400 кг, а на тело лежащего человека

¹ Термин «газ» был придуман современником Торичелли и Герике, фламандским врачом, философом и алхимиком Гельмонтом (от слова «хаос»).

около 5 тонн? И может ли быть, чтобы подобную тяжесть выносили хрупкие предметы и сами люди? Как же воздушная масса не сминает в лепёшку все картонки, коробки, даже крыши наших домов, которые часто рушатся от снега толщиной всего в 1 м?



Рис. 3. «Тяжёлый пассажир». Давление атмосферы на сидение стула равносильно весу изображённого здесь сосуда с ртутью, что составляет примерно 100 пудов.

Эти кажущиеся несообразности имеют простое объяснение. По законам физики, атмосфера, как и всякая иная жидкая или газообразная среда, давит со всех сторон одинаково (на равных глубинах от своей поверхности или — проще — на равных высотах над дном). На сидение стула, на оконное стекло, на крыши или стены домов — атмосферное давление не может оказывать действия только с одной стороны, а давление с другой стороны всегда уравнивает первое. При этом воздух проникает во все щели и поры и создаёт в полых телах внутреннее давление, равное наружному (например, внутри нашего собственного тела, как и в организмах животных). И только в силу этих причин всё, что окружает нас на дне воздушного океана, не ощущает на себе его громадной тяжести.

Но стоит уничтожить или даже уменьшить давление внутри полого тела, как это было, например, в магдебургских полушариях (или увеличить как-либо давление извне, не изменяя его внутри), — и равновесие нарушается. Это проявляется сразу. Так, воздушная масса сплющивает глухую тонкостенную коробочку, если из неё выкачать часть воздуха, создав внутри разрежение. Так под давлением атмосферы поднимается жидкость вверх по вертикальной трубке пульверизатора, над которой вы уменьшили давление, пуская горизонтальную струю воздуха. А человек, поднимающийся на воздушном судне, будет испытывать на некоторой высоте известные физические недомогания, так как при прежнем давлении внутри его тела давление снаружи будет уменьшенное: в результате нарушения равновесия кровь может выступить из сосудов через нос, уши, даже через горло (этому есть, однако, и другие причины).

ЧЕГО БОЛЬШЕ: ВОДЫ ИЛИ ВОЗДУХА?

Количество воды на земной планете подсчитано очень давно. Полагают, что вода занимает около трёх четвертей всей поверхности нашей земли (точнее — 72 %), а объём этой воды составляет примерно 1200 миллионов куб. км. По весу вся водная масса выражается примерно таким числом: 1 200 000 000 000 миллионов тонн.

Конечно, эти огромные цифры не дают конкретных представлений. Поэтому для удобства возьмём цифры относительные. Определим, например, сколько воды по объёму и по весу приходится на 1 кв. километр поверхности земного глобуса. Вся масса воды, равномерно разлитая на Земле, составила бы оболочку толщиной примерно около $2\frac{1}{3}$ км (от деления объёма 1200 миллионов куб. м на площадь поверхности Земли — около 510 миллионов кв. км). Это даёт примерно 2350 тонн на 1 кв. м поверхности.

Применительно к этим цифрам мы имеем данные также относительно веса атмосферы. Наша атмосфера не изведена в её высших слоях, где совершенно нельзя провести границ с безвоздушным пространством (следы атмосферы, но уже другого состава, чем на дне, имеются на высоте и в несколько сот километров). Вес её тем не менее известен хорошо. Как мы видели на весах барометрической трубки, наша атмосфера давит у Земли с силой примерно в $10\frac{1}{2}$ тонны на 1 кв. м. Сравнивая со всей водой, приходится сказать, что весовое количество воздуха на Земле примерно в 225 раз меньше ($2350 : 10,5$). Это и не удивительно, если помнить, что вода тяжелее воздуха в 775 раз.

Не зная границ атмосферы, нельзя ничего сказать точно о соотношении её объёма с объёмом водных масс. Но весовые цифры позволяют произвести условное сравнение. Если 1 куб. м воздуха весит 1,29 кг (при 760 мм давления и при 0°), то столб нашего воздушного океана, разнородный по плотности над любой площадкой его «дна», можно заменить воздухом постоянной плотности (как у самого дна) с высотой, равной частному от деления веса первого столба ($10\ 500$ кг на 1 м^2) на 1,29 кг. Значит, если бы вся атмосфера была однородна по плотности, то высота её составляла бы всего $10\ 500 : 1,29 = 8140$ м, или грубо 8 м (см. рис. 4). Сравнивая эту цифру с толщиной слоя воды, способного залить равномерно весь земной шар, приходим к выводу, что воздушный океан, даже в его

условном представлении, почти в $3\frac{1}{2}$ раза больше по объёму всех океанов и водных пространств на Земле (8140 : 2350).

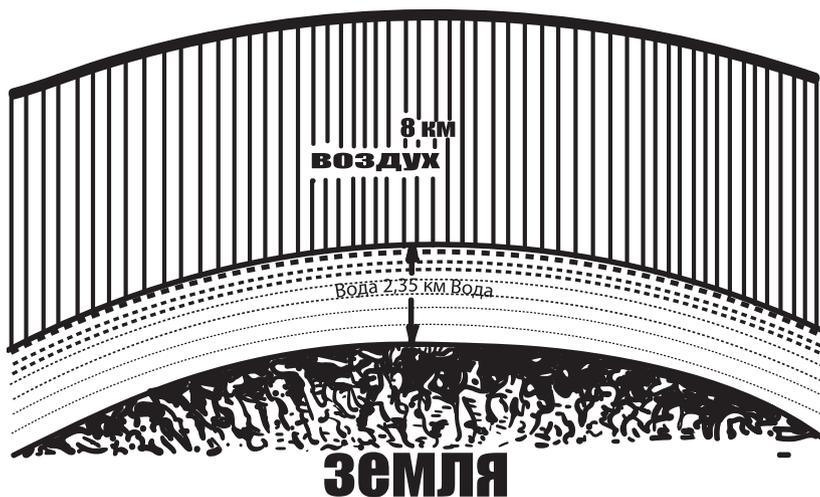


Рис. 4. Если бы наша Земля имела идеальную шаровую поверхность, а атмосфера сохраняла однородную плотность, как у Земли, при температуре в 0° , то соотношение водных и воздушных масс было бы подобно этой схеме.

Уступая водным массам по весу, земная атмосфера значительно превосходит их по объёму. Это соотношение будет ещё во много раз больше, если учесть постепенное разрежение воздушного океана с высотой.

ВЫСОТА ПО ВЕСУ И ПО СЛУХУ

Давление атмосферы, определённое на барометрических весах, позволило выше сделать оценку всей массы окружающего нас воздуха. И это же свойство позволяет делать в воздушном океане условные промеры его глубины. Ведь если атмосферное давление зависит от высоты над Землёй (вернее, над уровнем моря), то — наоборот — эту высоту можно определять по величине давления. Но пользоваться жидким ртутным барометром неудобно и громоздко, особен-

но в условиях воздушных путешествий. Поэтому вместо ртутного барометра на практике применяют своего рода атмосферные весы, называемые *анероидом*.

Представьте себе глухую тонкостенную металлическую коробочку, в которой создан частичный вакуум, т.е. из неё частично выкачан воздух. С этой глухой коробочкой, имеющей вид низкого цилиндра или трубки, свёрнутой спиралью, сопряжён указатель или стрелка, установленные в циферблате. При увеличении давления извне коробочка сжимается и стрелка уклоняется в одну сторону. С уменьшением же давления коробочка несколько вспухает и стрелка уклоняется в обратную сторону.

Таким образом, столб атмосферы действительно взвешивается анероидом, как товар на пружинных весах. И стрелка анероида честно показывает в миллиметрах ртутного столба все изменения, происходящие в давлении. Эти изменения можно получить и в виде графической записи, если длинную стрелку, снабжённую на конце острым пером, заставить скользить



Рис. 5. Барограф. Коробочка с разреженным воздухом — в середине (трёхъярусная). Длинный указатель, закреплённый осью на стойке справа, чертит пером на своём левом конце по бумаге, натянутой на большем полубарабане, который вращается часовым механизмом (внутри его).

по разграфлённой бумаге на вращающемся барабане (рис. 5). Такой прибор — *барограф* — не только измеряет, но и записывает температуру. *Барограммы*, кривые линии записи, отмечают давление в любой прошедший момент, так как барабан прибора вращается часовым механизмом и отсчёты по горизонтальным линиям дают достаточно точное время.

Для точных исчислений высоты показания анероида и барографа исправляются с помощью особых таблиц и путём внесения разных поправок на температуру, влажность и иные факторы. Но для приближённых определений достаточно иметь на циферблате ане-

роида постоянную градуировку высот в соответствии с разными давлениями, например на каждые 50–100 м. Такие приборы, показывающие прямо высоту, называются *альтиметрами* (высотомерами). Но так как атмосферное давление у земли постоянно колеблется, то шкалу высот альтиметра приходится делать отдельно от шкалы давлений, давая первой шкале вращательную установку, чтобы её нолевое деление всегда можно было совместить с любым делением шкалы давления атмосферы у земли.

Альтиметр — это первый основной измерительный и навигационный прибор на борту любого воздушного судна и в любом воздушном рейсе. Продолжая сравнение с морской навигацией, этот прибор можно бы назвать *лотом* для измерения глубины — таким он должен бы быть по существу дела. Но — увы! — не надо забывать, что альтиметр показывает высоту нахождения в воздухе сравнительно лишь с тем пунктом, где стрелка альтиметра была совмещена с делением 0 высоты, т.е. обычно с местом отправления. Если вы летите над равниной, то это разницы не делает (при неизменности в состоянии атмосферного давления, чем вообще приходится пренебрегать). Но в холмистой и в гористой местности такое свойство может угрожать серьёзными последствиями. Ведь блуждая в тумане, в облаках, лётчик легко может наскочить на гору, тогда как его альтиметр будет добросовестно показывать высоту в 1000–1500 или более метров над местом вылета... Нужен другой, настоящий лот, чтобы он мерил глубину по месту нахождения в каждый данный момент.

Для таких случаев атмосферные весы явно не годятся. Нужен уже другой принцип. Сейчас работают, например, над созданием акустического воздушного лота — по образцу существующего в мореплавании (эхо-лот). Здесь глубина или высота определяется в каждый данный момент по тому времени, которое нужно, чтобы от «дна» вернулось обратно эхо от резкого сигнального звука (вроде выстрела, например). Измерив точно это время и зная скорость распространения звука в атмосфере (330 м в секунду) и собственную скорость хода, аэронавигатор может определить и абсолютную глубину дна в данном месте, совершенно независимо от отправной точки и от колебаний в атмосферном давлении.

Акустические лоты уже применялись на практике в 1929 г. при длинных перелётах в океанах и над сушей на дирижабле «Граф

Цеппелин». Те или другие аэролоты должны сменить в ближайшем будущем и в авиации пока господствующие повсюду альтиметры.

К СОЛНЦУ БЛИЖЕ — А ХОЛОДНЕЕ. У ЗЕМЛИ ТЕПЛО — НО БЕСПОКОЙНО

Властитель всей жизни на земле — Солнце — не может не играть исключительной роли и во всех явлениях в атмосфере. В ряду основных свойств газов — способности безмерно разливаться в пространстве и их громадной упругости — столь же характерной является способность сильно увеличиваться в объёме при повышении температуры и сжиматься при похолодании. Колебания температуры в атмосфере вызывают колебания в давлении, это влечёт образование воздушных токов, а то и другое в связи с испарениями отражается на многообразных явлениях в области облачных образований и атмосферных осадков.

Часто рассуждают так. Верхние слои атмосферы ближе к Солнцу чем «дно» её; значит, наверху должно бы быть теплее, чем внизу. Этому отвечает и то, что холодный воздух естественно тяжелее, чем тёплый: первый и опускается вниз, к земле, а второй устремляется вверх. Как будто логично и убедительно? Но кто же не слышал, что на горах обычно холоднее, чем в долине, а по мере подъёма в высшие слои атмосферы делается всё морознее и морознее? Как объяснить это разногласие?

Очень просто.

Воздушный океан, имеющий над собой всегда ничем не заслонённое Солнце, не поглощает, однако, непосредственно энергии солнечных лучей, его пронизывающих. Но поверхность Земли воспринимает много тепла от солнечного лучеиспускания и уже от себя отдаёт его в атмосферу; притом, понятно, нижние слои нагреваются сильнее, а верхние — слабее. Таким образом, нагревание атмосферы происходит не *сверху*, как может казаться с первого взгляда, а *снизу*, со дна.

Твёрдая поверхность «дна» нагревается от Солнца за день — в зависимости от широты места и от времени года — в среднем от 10° до 40°. Часть этого тепла идёт в атмосферу, и не только днём, но и ночью при остывании. Но воздух — очень плохой проводник тепла, и в силу одной только теплопроводности Земля была бы в со-

стоянии нагревать за своё остывание ночью всего 3–4-метровый слой воздуха, непосредственно к ней прилегающий. Между тем влияние согревающего действия Земли наблюдается на высотах до 500–600, даже до 1000 м (на последней высоте разница в температурах днём и ночью бывает лишь около 2°). Тут сказывается явление так называемой *конвекции*: от нагревания снизу тёплый воздух действительно устремляется вверх, и эти-то воздушные токи, особенно сильные в часы после полудня, расширяют тёплую зону на дне воздушного океана, создавая постоянный обмен с холодными частицами воздуха, опускающимися сверху.

Вот, значит, в чём дело. Холодный воздух, конечно, опускается на «дно», но не с самых высот атмосферы, а из непосредственной близости. И он не остаётся внизу холодным, а быстро согревается землёй. Холодные же высоты воздушного океана — хотя ближе расположенные к солнцу (в планетном масштабе это и незаметно) — совершенно не могут воспринимать сами его теплоты, оставаясь морозными в силу своей большей разреженности и отдалённости от благотворного влияния Земли.

Такой характер роли Солнца в атмосферной жизни обуславливает разделение воздушного океана на две основных зоны: 1) *тропосфера* — переменная нижняя зона, до высоты в 10 000–12 000 м и 2) *стратосфера* — верхняя зона, как бы плавающая на нижней подобно маслу в воде.

В тропосфере средняя температура убывает от «дна» примерно на каждые 100 м «глубины» по 0,5°; убыль идёт сперва сравнительно медленно, а за пределами 5000 л — быстрее. Сложная обстановка, вытекающая из близости к Земле, обуславливает в этой зоне развитие ветров переменного характера и направления и сложных облачных образований, играющих здесь крупную роль.

Стратосфера обладает противоположными свойствами. Там постоянная температура в пределах между 50° и 60° мороза (в зависимости от широты и времени года). Там ветры хоть и сильные, но тоже постоянные и всегда горизонтальные по направлению. И там нет облаков и иных атмосферных осадков. Неправда ли, идеальные условия для курорта: сухой свежий воздух и вечно безоблачное небо со сверкающим солнцем. Жаль только, что холодно...

Вот как поделился воздушный океан в результате воздействия на него тепловой энергии, отражённой от солнца.