

488 956

МИЯ И ВОЙНА

Проф. А. ЖЕЛЕХОВСКИЙ

ВОЙНА И ВОЗДУХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ

КИЕВ

Цена

№



ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

V.M. Karazin Kharkiv National University



00176265

1

ЦНБ ХНУ
Дата повернення:

21 ФЕВ 2003

817

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

СЕРИЯ „ХИМИЯ И ВОЙНА“

Проф. А. ЖЕЛЕХОВСКИЙ

ВОЙНА И ВОЗДУХ

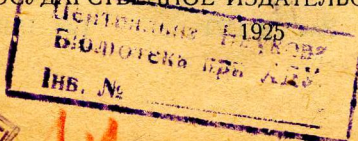


1942
ФФ



ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УКРАИНЫ



64

| 355 : 623 . 74 (04) = 917 . 1

Типография Государственного
Издательства Украины № 1
им. Г. И. Петровского Харьков

Р.У.П. № 11043

Зак. № 4771

Тир. 15.000 экз.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книжка является одной из серии библиотечки, посвященной вопросам химии в связи с задачами войны и мира.

Применение химии в целях войны в ряде случаев тесно связано с использованием наших сведений о состоянии атмосферы, а также и других более специальных достижений современной техники. Поэтому цельность картины требует знакомства с основными сведениями из области других наук, в частности, довольно подробного знакомства с основными положениями метеорологии — науки, изучающей свойства земной атмосферы.

Точно так же и авиационная техника в ряде случаев соприкасается с той же наукой. Дать необходимые элементарные сведения в этой области и является задачей настоящей брошюры.

THE [illegible] OF [illegible]

CHAPTER [illegible]

[The following text is extremely faint and largely illegible due to the age and quality of the document. It appears to be a series of paragraphs or a list of items, but the specific words and sentences cannot be accurately transcribed.]

ВОЙНА И ВОЗДУХ

Современный мир не в состоянии разрешать вопросы экономического и социального характера путем мирных соглашений. Последним решающим аргументом в международных спорах является сила оружия.

Прав тот, кто оказывается более сильным и горе более слабому. Сила же на стороне более совершенного вооружения, на стороне более высокой технической культуры.

Народы т. н. цивилизованного мира прилагают все усилия к тому, чтобы в вопросах военной техники очутиться впереди других, и в этой лихорадочной погоне за новыми средствами взаимного истребления уже использован камень, железо, сталь, взрывчатые вещества громадной силы, а последняя война принесла с собой еще новые, чрезвычайно губительные средства в виде ядовитых газов, выпускаемых противником с попутным ветром навстречу врагу, волнами ядовитого тумана или сбрасываемых в бомбах на голову с недосыгаемых аэропланов.

Мало - по - малу арена борьбы переносится в воздух, так как здесь находятся еще неиспользованные возможности, здесь можно опередить врага новым еще неизвестным ему открытием или усовершенствованием, а вместе с тем получить новый шанс на успех и победу.

Чтобы пользоваться атмосферой, нужно ее изучить

В технике давно уже получают в некоторых химических производствах большое количество ядовитых или, как теперь их называют, удушливых газов. Некоторые из этих газов, как например хлор, производятся в мирное время в громадных количествах и стоимость их не велика. Однако, применение их требует подробного изучения свойств и состояния атмосферного воздуха, иначе они могут принести вред не врагу, а стороне, их применяющей. Необходимо быть уверенным, что выпущенные на врага газы не подымутся бесполезно вверх или, что переменявший направление ветерок не отнесет их назад в область расположения своих войск. Только подробное изучение атмосферы дает почву для применения удушливых газов.

Газы имеют вес

Начало научному изучению атмосферного воздуха положило открытие ученого Торичелли, что воздух имеет вес. На первый взгляд кажется, что

очень нетрудно найти вес воздуха. Достаточно взвесить некоторый его объем на хороших весах. Однако, дело оказывается не таким простым. Первые опыты взвешивания воздуха производились так: брали бычачий пузырь, наполненный воздухом, и взвешивали; затем из пузыря выдавливали воздух и взвешивали его без воздуха. Оказалось, что вес пузыря, наполненного воздухом, и пустого был один и тот же; отсюда выведено было ошибочное заключение, что воздух не имеет веса.

Такое мнение господствовало очень долго, вплоть до начала XVII века, когда Торичелли своими опытами доказал существование атмосферного давления. Поводом для открытия Торичелли послужило следующее обстоятельство. Уже задолго до времен Торичелли, для того, чтобы поднять воду из глубоких колодцев на поверхность земли, а также при устройстве водопроводов, которые имелись в некоторых более культурных центрах, пользовались всасывающими водяными насосами.

Водяной насос

Насосы эти состоят из длинной трубы (в те времена обработка железа представляла большие трудности, поэтому такая труба осуществлялась из плотно сбитых досок и имела в сечении квадратную или трехугольную форму); дно этой трубы вставляется в воду и имеет небольшое отверстие, закрываю-

щееся сверху пластинкой или плотно пришлифованной по гнезду отверстия тяжелой металлической пробкой. Петля, приделанная к краю пластинки, позволяет ей подниматься вверх или опускаться вниз и не дает сдвигаться в сторону от отверстия. Внутри трубы вставлен поршень, плотно прилегающий к ее стенками и также снабженный отверстием с закрывающей его пластинкой или пробкой, как и дно трубы. Поршень этот прикреплен к стержню, ведущему к рукоятке, укрепленной над верхним отверстием трубы. Поднимая рукоятку вверх или опуская вниз, вместе с тем заставляют двигаться и поршень. Когда поршень поднимается вверх, то вода из водоема приподнимает заслонку, закрывающую отверстие внизу трубы (ее называют клапаном), и входит внутрь ее. Когда поршень опускают, то клапан, находящийся у отверстия на дне трубы, сам собою от давления поднявшейся воды закрывается, а оставшаяся в трубе вода, когда поршень опустится до ее поверхности, проходит в пространство над поршнем сквозь отверстие в нем, приподняв закрывающий его клапан. После нескольких движений поршнем вся труба над поршнем наполняется водой и начинает вытекать через отверстие, сделанное в боковой стороне трубы, недалеко от ее верхнего края.

При пользовании этими насосами обнаружилось следующее обстоятельство: до тех пор пока поршень

насоса поднимали не выше 5 сажень над уровнем воды в водоеме, вода следовала вверх по трубе насоса вслед за поршнем; но как только поршень поднимался выше, она останавливалась на высоте 5-ти сажень и не следовала дальше за поршнем. Тогда объясняли это так: вода устремляется в трубу при поднятии поршня, потому что когда он приподнимается, то под ним образуется пустота, а природа боится пустоты и, чтобы ее заполнить, вода должна подниматься, несмотря на свой вес. Однако, боязнь пустоты в природе имеет свой предел и вот, когда столб воды достигает высоты 5-ти сажень, то вес его становится настолько большим, что даже боязнь пустоты уже не может заставить воду дальше подниматься.

Это объяснение вполне было в духе того времени, когда природу человеческий ум склонен был одухотворять, приписывая ей свойства живого существа, каким, например, является „боязнь“ пустоты.

Во времена Торичелли подобные объяснения явлений природы казались уже неудовлетворительными. Расширение и углубление сведений о природе приучило людей искать причину явлений в механизме процессов и не связывать ее с представлениями о сознательной жизни природы, которая представлялась уже тогда очень сомнительной, а в наше время совершенно отрицается наукой. Эта новая эпоха в развитии науки тесно связана

с именем итальянского ученого Галилея, жившего в конце XVI и начале XVII века. С этого времени в основу науки кладется опыт, который и даёт возможность широкого развития знаний и разрушает целый ряд заблуждений человеческой мысли. Торичелли был учеником Галилея и когда, однажды, обратились к Галилею с просьбой объяснить — почему во вновь устроенном водопроводе вода не поднимается за поршнем насоса выше определенной высоты, несмотря на то, что тщательное устройство насоса гарантировало образование под поршнем полной пустоты, он поручил выяснить этот вопрос своему даровитейшему ученику.

Давление атмосферы

Торичелли принялся за изучение этого вопроса и в основу своих исследований положил опыт. Предположив, что причиной поднятия воды за поршнем насоса может быть то обстоятельство, что воздух, окружающий землю, имеет вес, а потому давит на поверхность воды и, таким образом, вгоняет ее в пустое пространство, образующееся под поднимающимся поршнем, он сейчас же попытался проверить свое умозаключение на опыте. С этой целью он взял стеклянную трубку длиною около одного метра¹⁾, запаянную с одного конца, и наполнил ее

¹⁾ Метр — общепринятая единица меры длины в науке. Длина одного метра приблизительно равна полутора аршинам.

ртутью. Ртуть приблизительно в тринадцать с половиной раз тяжелее воды, а поэтому он решил, что если давление воздуха является причиной поднятия воды на высоту около 5 сажен, то более тяжелую ртуть оно поднимет на высоту в тринадцать с половиною раз меньшую, т. - е. немного выше одного аршина. Закрыв предварительно отверстие трубки для того, чтобы ртуть при опрокидывании из нее не выливалась, он погрузил незапаянный конец трубки в чашку со ртутью и затем открыл отверстие. Сейчас же ртуть, наполнявшая до того трубку до верха, отделилась от верхнего запаянного конца трубки, опустилась, и верхний ее край остановился на такой высоте, которая вполне соответствовала расчетам Торичелли. Этим опытом была объяснена причина поднятия воды в насосах, а также доказано, что воздух имеет вес и своею тяжестью производит давление на поверхность предметов.

Как можно взвесить воздух

Почему же, однако, бычачий пузырь с воздухом и пустой имеет одинаковый вес? Закон природы, благодаря действию которого вес бычачьего пузыря, когда его надувают, не изменяется, был открыт за две тысячи лет до Торичелли греческим ученым Архимедом.

О жизни Архимеда известно мало достоверного. Он родился около 287 г. до начала нашей эры

в городе Сиракузах. По большей части то, что рассказывают об этом великом человеке древние историки, слагается из мелких анекдотов, какими в древности любили украшать биографии знаменитых людей. Повидимому Архимед был родственником тирана (так назывались неограниченные владыки, вроде царей) сиракузского Гиерона II. Так как сиракузцы в то время вели кровопролитную войну с римлянами, то, по требованию Гиерона, Архимед сделал целый ряд изобретений, имевших целью облегчить защиту родного города.

Об открытии Архимедом закона, который здесь нас интересует, историк рассказывает следующее: Однажды Гиерон заказал себе корону из заранее взвешенного слитка золота. Когда корона была готова, поступил донос, что часть золота мастером скрыта и заменена серебром. Архимеду поручено было узнать истину, не нарушая целостности художественно сделанного предмета. Долго раздумывал Архимед, как решить поставленную ему задачу; однажды, погруженный в свои размышления, он отправился в баню. Садясь в ванну, он обратил внимание, что по мере того, как его тело погружалось в воду, вода все больше поднималась вверх. Это натолкнуло его на мысль, как найти решение интересовавшей его задачи. Древний историк пишет, что в порыве радости он выскочил из ванны и побежал к себе домой голый, крича по дороге: „я нашел“.

Придя домой, он взял два слитка одинакового веса: один серебряный, другой золотой и, наполнив сосуд водою до краев, погрузил в него сначала серебряный слиток. По мере погружения слитка вода из сосуда выливалась. Вынув из воды серебряный слиток, Архимед долил его опять до краев водою, при чем точно измерил об'ем долитой воды. То же самое он проделал с слитком золота. Оказалось, что слиток золота вытесняет воды ровно во столько же раз меньше, чем серебряный, во сколько об'ем золотого слитка был меньше об'ема равного ему по весу серебряного.

Отсюда не трудно было рассчитать, взвесив предварительно корону, какое количество воды она должна вытеснить, если бы она состояла из золота. Погрузив корону в наполненный до краев сосуд, он нашел, что при этом было вытеснено больше воды, чем если бы она была из чистого золота. Определив излишек вытесненной воды, он рассчитал количество серебра, которое было подмешано в корону, и таким образом с очевидностью доказал обман мастера.

Своими исследованиями над количеством воды, вытесняемой телом, Архимед доказал, что об'ем вытесненной воды всегда равен об'ему погружаемого тела. Но тот об'ем воды, на место которого становится тело до тех пор, пока оно не было погружено, не падал вниз на дно сосуда и не поднимался на поверхность жидкости, а следовательно

окружающая вода поддерживала его с силой, в точности равной его весу. Сила эта обусловлена давлением окружающих слоев воды. Когда тело погружено в воду, то окружающие слои оказывают на него такое же давление, как и на ту воду, которая до его погружения занимала его место, а поэтому всякое тело теряет в весе, будучи погруженным в воду, ровно столько, сколько весит вытесненный им об'ем воды.

Эту потерю в весе тел в воде читатель неоднократно замечал. Вспомните свои ощущения в то время, когда вы вытаскиваете ведро воды из колодца. Ведро наполнено водой и погружено в воду; вы его начинаете вытаскивать и, хотя вместе с ведром приходится поднимать и наполняющую его воду, однако, тяжесть этой воды совершенно не ощущается вами, пока ведро не показалось над водой. Но как только ведро начинает выходить из воды, сейчас же тянуть его становится труднее и тяжесть его становится все больше и больше.

Ту же потерю в весе легко заметить при купании; наше тело в воде становится значительно легче, благодаря чему сравнительно не очень сильными толчками рук или ног можно держаться на поверхности воды, не касаясь дна реки.

Причиной потери в весе погруженного в воду тела является давление окружающих слоев воды, которое появляется вследствие того, что вода

тяжела и имеет вес. Так же, как вода, будет действовать и всякая другая жидкость, ибо всякая жидкость имеет вес, а следовательно должна оказывать давление; только давление это будет больше или меньше, чем давление воды, смотря по тому возьмем ли мы жидкость более легкую или более тяжелую.

И воздух, как показал Торичелли, оказывает давление на поверхность тел, находящихся в нем, а поэтому и для него должно иметь место то же, что и для жидкостей. И в жидкости и в воздухе тело становится легче настолько, сколько весит вытесненная им жидкость или воздух. В этом и состоит знаменитый закон Архимеда.

При взвешивании бычьего пузыря, сначала наполненного воздухом, а потом пустого, объем его, конечно, изменяется, изменяется следовательно и давление окружающего воздуха, под влиянием которого пузырь становится, согласно закону Архимеда, легче и при том настолько, что уничтожает всегда вес заключенного в нем воздуха. Таким образом обнаружить взвешиванием пузыря вес заполняющего его воздуха нельзя.

Иначе происходит в том случае, когда вместо пузыря взять сосуд, объем которого не меняется, например, стеклянный шар с отверстием, закрываемым краном, и взвесить его, когда он наполнен воздухом, а затем еще раз, предварительно выкачав воздух посредством специально

устроенного воздушного насоса. При таком опыте оказывается, что вес шара с воздухом больше, чем в том случае, когда воздух из него выкачан.

При опыте об'ем шара, а следовательно и потеря в весе, благодаря давлению окружающего воздуха, всегда оказывается одной и той же. На величину этой потери не имеет никакого влияния то, чем наполнен шар внутри. Удаляя же воздух из шара, мы, очевидно, уменьшаем его вес ровно на вес выкачанного воздуха. Понятно, что вычитая из веса шара с воздухом вес его, когда воздух выкачан, мы найдем вес воздуха его наполняющего.

Такие взвешивания показали, что воздух обладает весом, хотя и небольшим. Оказывается, что он легче воды почти в восемьсот раз. Хотя вес его по сравнению с весом даже очень легких твердых и жидких веществ не велик, но в тех случаях, когда мы имеем дело с большими об'емами, он достигает не малой величины. Так вес одного ведра воздуха приблизительно равен одной двадцать пятой части фунта. Если подсчитать вес воздуха, заключающегося в об'еме комнаты средней величины (6 ар. $\times$ 9 ар. $\times$ 4 ар.), то получим величину этого веса, превышающего пять пудов.

Кроме воздуха, имеется еще и целый ряд других газов. Одни из них имеют вес больший, чем воздух, другие — меньший. Понятно, что те газы,

которые тяжелее воздуха, будут падать на землю, те же, которые легче, будут подниматься вверх. При смешивании газов, имеющих различный вес, будет происходить нечто подобное тому, что наблюдается при смешивании разных жидкостей, например, керосина и воды. Более тяжелая вода садится на дно, а керосин всплывает на поверхность.

Но и один и тот же газ, в зависимости от обстоятельств, в которых он находится, будучи взят в одном и том же объеме, будет иметь не всегда одинаковый вес. С этим обстоятельством мы познакомимся дальше, когда встретимся с влиянием температуры газа на его объем.

Первые полеты

9568881 То обстоятельство, что воздух имеет вес, люди с успехом использовали для устройства первых летательных аппаратов. С этой целью стали устраивать большие шары, стенки которых изготовлялись из прорезиненной ткани, и наполняли их каким-либо газом, который легче воздуха. Таких газов довольно много; так, газ, который известен под именем светильного газа и который употребляют для освещения улиц больших городов, значительно легче воздуха; наиболее легким газом является водород, входящий в состав воды, растительный, животных тканей и который можно легко добыть в большом количестве из воды, разлагая

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

ІНВ. №

ее на составные части. Надутый легким газом шар оказывается настолько легче воздуха, что не только сам по себе поднимается вверх, но способен поднять с собою и значительный груз: лодочку, в которую помещаются пассажиры, вместе с необходимым багажом.

Долго такие воздушные шары были единственным способом, доступным человеку для поднятия в верхние слои атмосферы. Такие полеты на воздушных шарах или аэростатах совершали ученые с целью исследовать состав и свойства атмосферы, окружающей нашу землю. Эти полеты были сопряжены с большой опасностью, так как такой воздушный шар совершенно предоставлен воле воздушных течений. Ветер несет его по своему произволу, и изменить направление своего движения летчики бессильны. Поэтому неоднократно случалось так, что шар с пассажирами уносило в море и там они гибли. Однако, опасность не останавливала смелых исследователей, и благодаря им, наши сведения о земной атмосфере значительно расширились.

Военная техника сейчас же стремится приспособить для своих целей всякое открытие и изобретение. И аэростаты нашли себе применение на войне. На их долю выпала разведочная служба. С парящего высоко в воздухе аэростата хорошо видно расположение и передвижения неприятельских войск. Для того, чтобы шар не снесло в сто-

рону ветром, его привязывают на очень длинной веревке, а находящаяся на нем команда наблюдает за неприятелем и передает своим все, что имеет значение для успеха сражения. Конечно, очень широкого применения аэростаты не могли приобрести, благодаря тому, что по необходимости они были прикованы к одному и тому же месту. Это, во - первых, уменьшало ценность их разведки, а, во - вторых, делало неприятелю очень легкой борьбу с ними. Легко было пристреляться по аэростату, и очень скоро он погибал под выстрелами неприятеля. Команда, поднимавшаяся на аэроста-тах, была обречена почти на верную гибель.

Теплый воздух легче холодного

Воздух, как и большинство других веществ, от нагревания расширяется. Убедиться в этом не представляет ни малейшего труда. Так, если вы возьмете в руки пустую бутылку, опрокинете ее горлышком вниз и погрузите горлышко в воду, а бутылку станете согревать, каким-либо способом, хотя бы обняв ее ладонями рук, то мало - по - малу и воздух, заключенный в ней, станет согреваться; от этого об'ем его увеличивается, он не сможет уже весь поместиться в бутылке и начнет выходить из нее пузырями.

Очевидно, что оставшийся в бутылке воздух, после того как часть его вышла, будет иметь

меньший вес, чем вес воздуха, наполнившего ее до нагревания. Другими словами — вес холодного и теплого воздуха, взятый в одном и том же объеме, будет различный. Холодный воздух будет тяжелее теплого.

Поэтому - то мы постоянно наблюдаем, что теплый воздух поднимается кверху. Когда горит керосиновая лампа, то из ее стекла поднимается кверху струя горячего воздуха, а через специально для этого сделанные прорезы в горелке, на место ушедшего воздуха, поступает струя свежего, более холодного воздуха.

Точно так же тяга в топках печей вызывается тем, что горячий воздух поднимается вверх по трубе, а через отверстие топки на его место поступает свежий, более холодный воздух.

Такие потоки поднимающегося вверх теплого воздуха и поступающего на его место холодного имеются постоянно в земной атмосфере. Поднимающихся потоков мы обычно не замечаем. Но если присмотреться к листьям деревьев в совершенно тихую погоду, то легко заметить, что, несмотря на полное отсутствие ветра, они трепещут и шелестят. Это движение листьев вызывается поднимающимися, или как их называют, восходящими токами теплого воздуха.

Гораздо более заметны и привычны нам течения воздуха, которые имеют направления вдоль поверхности земли. Когда в какой-либо местности

теплый воздух начинает подниматься кверху, то из соседних мест, где воздух холоднее, начинают притекать на его место новые слои воздуха. Двигаясь вдоль поверхности земли, эти токи и образуют то явление, которое мы называем ветром.

Как далеко простирается атмосфера земли

Атмосферный воздух, окружающий землю, простирается вокруг нее на сравнительно небольшое расстояние. Толщина слоя атмосферы не превышает четырехсот с лишним верст. Чем выше над землей, тем более разрежен воздух. На вершинах высоких гор, достигающих семи-восьми верст дышать человеку становится уже тяжело. Благодаря тому, что здесь воздух давит слабее, кровеносные сосуды человеческого тела, приспособленные к более сильному давлению снаружи, расширяются. Иногда происходит даже при этом разрыв их, вызывающий кровотечение, а в случае повреждения важных для жизни органов, и смерть. Такие же явления наблюдаются и у воздухоплатователей, поднимающихся на большую высоту на аэростатах. О плотности атмосферы на разной высоте дает отчасти возможность судить распределение облаков. На высоте 2—3 верст лежит нижний наиболее плотный ярус скопления водяных паров. Это — грозовые и дождевые облака. На высоте 4—6 верст лежит средний ярус облаков. Это

перистые облака или барашки; и, наконец, на высоте около 9-ти верст лежат высочайшие облака, имеющие вид перистых слоев.

Во второй половине 1883 года на значительной части земной поверхности наблюдалось явление красной зари. Вскоре после заката солнца западная часть неба окрашивалась в яркий пурпурный цвет, напоминающий зарево большого пожара. В дневные часы диск солнца, а в ночные часы диск луны приобретали голубоватый или зеленоватый оттенок. Как выяснили исследования, явление это было вызвано слоем пыли, находившимся над поверхностью земли на расстоянии около 50-ти верст. Пыль эта была выброшена в воздух при извержении вулкана Крокатау, находящегося в Зондском проливе у южных берегов Азии, при извержении, имевшем место в конце августа 1883 г. С января 1885 года в полуночные часы на северной стороне горизонта можно наблюдать так называемые серебристые облака.

В северном полушарии они видны от мая до конца июня, в южном — в декабре. Измерения показали, что высота этих облаков, природа которых до сих пор остается загадочной, достигает 80 — 90 верст, а следовательно на этой высоте еще имеется достаточно плотный слой воздуха, который может их поддерживать.

Наблюдая после захода солнца, когда наступают сумерки, свет, исходящий от верхних слоев

воздуха, еще освещенных солнцем, можно определить высоту тех слоев атмосферы, которые еще способны отражать к нам свет. Высота этих слоев оказывается почти такой же, как и высота серебристых облаков.

Падающие звезды также дают нам основание для суждения о высоте атмосферы. Звезды эти представляют собой небольшие, холодные, несветящиеся тела, несущиеся в пространстве с громадной скоростью. Мировое пространство прорезывается постоянно целым роем таких мелких космических¹⁾ телец. Некоторые из них вторгаются в нашу атмосферу, имея скорость около семидесяти верст в секунду. Эта громадная скорость имеет своим результатом накаливание этих телец и соприкасающегося с ними воздуха, благодаря трению. Исследования показали, что возгорание падающих звезд происходит на высотах от 120 до 340 верст, а, следовательно, на этих высотах имеется еще достаточно плотный слой воздуха для того, чтобы вызвать нагревание метеорита (так называют падающие звезды). Еще выше расположена область северных сияний. Это красивое явление хорошо известно жителям северных стран и заменяет им в длинные полярные ночи, длящиеся несколько месяцев, свет луны и солнца. Оно состоит в том,

¹⁾ Космический происходит от греческого слова космос — мир, вселенная.

что среди глубокой полярной ночи верхние слои атмосферы начинают причудливо светиться, довольно хорошо освещая поверхность земли.

Причиной этого свечения являются мелкие частички, заряженные электричеством, которые, отделившись от солнца, достигают земной атмосферы и при своем движении в верхних слоях разреженного воздуха заставляют их светиться. Область атмосферы, где возникает величественное северное сияние, лежит над поверхностью земли на расстоянии около 400 верст. Таким образом, и на этой высоте имеется еще воздух, хотя уже чрезвычайно разреженный. Так, на высоте в 10 верст воздух в 4 раза более разрежен, чем на поверхности земли, а на высоте в 100 верст он уже в 600.000 раз реже, чем на земле.

Таким образом, чем выше над землею, тем все более и более разреженным становится воздух и, наконец, на некоторой высоте, превосходящей 400 верст, всякие следы воздуха исчезают. Там лежит полная пустота, пространство, в котором нет вещества.

Отчего происходят ветры?

Понятно, что когда где-либо на земле происходит увеличение нагревания ее поверхности солнечными лучами, то нагретый в том месте воздух становится более легким, начинает подниматься

кверху и, достигнув краев нашей атмосферы, растекается там по всем направлениям. От этого давление воздуха в местах, лежащих рядом с областью, где возникли восходящие токи воздуха, увеличивается, а воздух из нижних слоев этих мест устремляется в область с меньшим воздушным давлением. Начинается круговорот воздуха: в местах с малым давлением воздух поднимается кверху, в местах с большим давлением он опускается книзу, а в промежуточной области в нижних слоях у поверхности земли воздух устремляется от мест с большим давлением в места, где давление меньшее. В верхних же слоях происходит течение воздуха в обратном направлении.

Таково происхождение ветров на земле. Каковы же причины, вызывающие в одном месте земли большее повышение температуры, чем в другом, а вместе с тем воздушные течения или ветры? Таких причин несколько; среди них имеются такие, которые действуют в данном месте земли постоянно, вызывая правильные, повторяющиеся воздушные течения; существуют и такие, которые носят случайный характер.

Примером воздушных течений, вызывающихся правильно повторяющимися причинами могут, служат ветры, дующие у берегов морей и океанов. Днем земля нагревается больше, чем море, а потому и воздух над землей теплее, чем над поверхностью моря. Поэтому над поверхностью земли

образуется восходящий, поднимающийся ток воздуха, а над поверхностью моря нисходящий. С моря на сушу дует ветер в жаркие часы дня. Ночью земля и море остывают, но земля остывает быстрее и воздух над ней оказывается более холоднее, над морем же более теплым. Это вызывает, как понятно из предыдущего, движение воздуха с земли на море.

На территории Европейской и Азиатской России гораздо большее значение имеют причины, не связанные с местными особенностями и приводящие к мощным, охватывающим громадные области, воздушным течениям, которым мы обязаны состоянием нашей погоды. Прежде, чем перейти к описанию этих течений, остановимся на некоторых явлениях, уяснение которых необходимо для понимания атмосферных явлений.

Чем выше над землей, тем воздух холоднее.

Почему?

Источником тепла на земле, главным образом, является солнце. Летом, когда солнце стоит высоко и дни большие — тепло, зимою же солнце греет мало и на земле холодно. Нагревается земля лучами, которые солнце посылает на землю. Часть из этих лучей мы видим нашими глазами — это лучи света, освещающие землю днем. Но, кроме этих видимых лучей, солнце посылает еще нам

и невидимые лучи. Эти невидимые лучи имеются двух сортов. Одни из них вызывают нагревание всех предметов, на которые они падают и в которых они задерживаются. Другие же нагревания не вызывают, но за то способны вызывать изменение вещества. Читателю знакомо выпцветание красок под влиянием света — это выпцветание вызвано указанными лучами. Падая на зеленые листья растений, они задерживаются ими и способствуют переработке веществ, необходимых для роста растений.

Невидимые лучи, вызывающие нагревание тел, называют тепловыми; лучи же, вызывающие изменение вещества, называют химическими.

Различные вещества по отношению к лучам того или иного сорта обладают различной задерживающей силой. Читателю хорошо известно, что одни вещества, например, воздух, вода, стекло и тому подобные, свободно сквозь себя пропускают видимые, световые лучи, почти не задерживая их; другие же, как например, металлы, совсем для них не прозрачны. Точно так же и для тепловых лучей одни вещества прозрачны, т. - е. свободно пропускают их через себя, другие же не прозрачны — задерживают их в себе и не пропускают дальше. Атмосферный воздух, в особенности, когда он чист, не содержит пыли и водяных паров, почти совершенно не задерживает тепловых лучей. Солнечные тепловые лучи свободно проходят

через всю громадную толщу нашей атмосферы и достигают поверхности земли. Конечно, вещество, не задерживающее тепловых лучей, не может нагреваться ими при их прохождении через него, т. к. они уносят дальше с собою свою энергию и отдают ее только тому веществу, которое их поглотит.

Поэтому атмосфера наша почти совершенно не нагревается непосредственно солнечными лучами, а получает теплоту от нагретой земли. Земля задерживает тепловые лучи, нагревается ими и нагревает прикасающийся к ней воздух. Вот почему чем выше, тем воздух холоднее. При поднятии на аэропланах на значительную высоту приходится захватывать с собою теплую одежду, как будто бы путешественники отправились в холодные северные страны. На вершинах гор круглый год лежат глубокие снега, так как воздух на этих высотах нагрет до температуры более низкой, чем та, которая нужна для таянья снега.

Нижние, касающиеся земли, слои воздуха, нагреваясь, становятся легче, начинают подниматься кверху; здесь они мало-по-малу охлаждаются, нагревая встречные слои воздуха, а на их место поступают спускающиеся книзу более холодные верхние слои. Таким образом, воздух оказывается прогретым в довольно значительной толще близь земной поверхности. Постоянное перемешивание слоев атмосферы несколько выравнивает

температуру воздуха, способствуя довольно плавному ее изменению по вертикальному направлению.

Если бы не некоторые осложняющие дело обстоятельства, мы бы всегда наблюдали, что более высокие слои воздуха холоднее, чем нижние. Однако, это бывает не всегда так. Зачастую случается, что слой выше лежащего воздуха теплее нижнего. Это явление носит название инверсии (переворачивания) температуры. Оно наступает по вечерам или ночью, когда поверхность почвы или растительность начинает остывать, чему в значительной степени способствует испарение влаги почвы и листьев растений.

Если при этом ветер очень слаб или его совсем нет, то прилегающие к поверхности земли слои воздуха, охлаждаясь от соприкосновения с ней, делаются более тяжелыми, начинают держаться у почвы, иногда медленно перетекая в места более низкие. В таких случаях термометр на высоте $1\frac{1}{2}$ — 3 аршина показывает температуру на несколько градусов более высокую, чем близ поверхности земли.

Это явление имеет чрезвычайную важность при использовании удушливых газов для военных целей. Если выпускаемый удушливый газ даже значительно тяжелее воздуха, волна его при обычном состоянии атмосферы не достигнет противника, так как он будет быстро уноситься восходящими токами теплого воздуха, с которыми он

смешивается у поверхности земли. Он будет быстро подниматься кверху и не достигнет того места, для которого он предназначался.

Только в том случае, когда верхний слой воздуха теплее, чем нижний, последний не поднимается кверху, держится у поверхности земли, а с ним держится и ядовитый газ, выпущенный для газовой атаки.

Влияние водяных паров на воздушные течения

В воздухе всегда имеется некоторое количество водяных паров. Пары эти образуются на поверхности рек, озер, морей, а также у поверхности влажной почвы и растительного покрова.

Пары эти вместе с восходящими токами воздуха поднимаются кверху и, попадая в верхние, более холодные слои воздуха, сгущаются здесь в туман, состоящий из мельчайших пузырьков воды, совершенно подобный тому туману, который читатель наблюдал в холодное осеннее утро. Скопления этого тумана и представляют собою облака.

Весьма важно заметить, что превращение воды в пар непременно связано с поглощением теплоты из окружающего пространства, а сгущение пара в водяные капельки—туман—с выделением теплоты из пара. Причина этого заключается в том, что переход из жидкого состояния в парообразное

происходит за счет теплоты. Если кипятить воду на очаге, то, как читателю известно, температура ее, пока она кипит, остается все время одной и той же, — она равна 100° по термометру Цельсия. Происходит это потому, что притекающая теплота тратится на превращение воды в пар, хотя температура пара такая же, как и воды. Кипящая вода и образующийся из нее пар имеют температуру 100° , но в воде и паре теплоты заключается не одинаковое количество. Пар, имеющий температуру одинаковую с водой, заключает в себе, по сравнению с водой, избыток тепла, достаточный для того, чтобы нагреть на один градус в пятьсот с лишним раз большее количество воды, чем то, из которого образовалось данное количество пара.

Таким образом, превращение воды из жидкого состояния в парообразное сопряжено с очень большой затратой теплоты. Конечно, это поглощение тепла происходит не только тогда, когда вода превращается в пар при кипении, но и в тех случаях, когда она медленно испаряется при более низких температурах, чем 100° . Теплота, затрачиваемая на испарение, как упоминалось, не вызывает повышения температуры, а только способствует переходу вещества из жидкого в парообразное состояние. Не вызывая повышения температуры, она, конечно, не обнаруживается при помощи термометра, а поэтому и получила название скрытой теплоты испарения жидкости.

Если принять за единицу то количество теплоты, которое нужно, чтобы нагреть на один градус один грамм¹⁾ воды (эта общепринятая единица теплоты носит название калории), то оказывается, что для того, чтобы превратить один грамм воды в пар имеющий ту же температуру, нужно затратить 536 калорий.

Эта скрытая теплота, когда пар превращается опять в воду, выделяется из него и передается в окружающее пространство. Понятно, что постоянное испарение громадных количеств воды на поверхности земли связано с постоянным поглощением в нижних слоях атмосферы теплоты. Эти водяные пары уносят с собою запас скрытой теплоты в верхние слои, где они опять превращаются в капельки воды и при этом выделяют из себя скрытую в них теплоту, способствуя нагреванию окружающих масс воздуха.

Влияние ветров на атмосферные осадки

Водяные пары, поднявшиеся вверх вместе с токами восходящего воздуха, являются источником образования облаков, а следовательно и дождей. Однако, нетрудно сообразить, что сколько-нибудь длительный дождь не возможен за счет водяных

¹⁾ Грамм — принятая в науке единица веса. Он приблизительно в четыреста десять раз меньше фунта.

паров, имеющих в атмосфере над данным участком земли. Количество же воды, выпадающее за время дождя, иногда очень велико. Для примера укажем некоторые числа, характеризующие количество воды, выпадающей в течение года в виде дождя. Особенно значительно количество осадков в экваториальной¹⁾ области земли. Так, в некоторые особенно дождливые годы в жарких странах выпавшая влага, если бы она не стекала, не испарялась, а была равномерно распределена по поверхности соответственной области, образовала бы слой толщиной в 14 метров.

В Европе наиболее дождливые годы дают осадков до 4¹/₂ метров. Количество водяного пара, имеющейся в данном месте атмосферы, несравненно меньше количества воды, выпадающей во время дождя. Кроме того, из воздуха в виде дождя и тумана выпадает не вся влага.

Пока водяных паров в воздухе немного, они не образуют тумана, т.-е. не превращаются в мельчайшие пузырьки воды, и, следовательно, не могут быть причиной дождя или росы. Только тогда, когда в воздухе накапливается избыток водяных паров, часть их начинает превращаться в водяные капли, другая же часть по-прежнему остается в воздухе в виде водяных

¹⁾ Область земного шара между экватором и тропиками самая жаркая.

паров. Количество водяных паров, которое может содержаться в воздухе, не оседая в виде водяных капель, зависит всецело от температуры. Вспомните, что происходит, если зимой открыть дверь хорошо натопленной избы. У двери образуются клубы белого пара; клубы эти представляют собою сгустившийся в туман водяной пар, наполнявший воздух теплой избы. В теплом воздухе количество водяного пара может быть гораздо большим, чем в холодном; несмотря на это, в нем незаметно и следов превращения его в туман. Но как только холодный воздух врывается в открытую дверь избы, как сейчас же избыток водяного пара, придя в соприкосновение с холодными струями наружного воздуха, обращается в водяные капли, которые мы и наблюдаем в виде тумана.

Точно так же, если внести стакан холодной воды в комнату, то его наружная поверхность покрывается слоем мелких пузырьков влаги, или, как обычно говорят, потеет. Здесь также влага, наполняющая теплый воздух комнаты, соприкасаясь с поверхностью холодного предмета, сгущается, превращаясь в жидкость.

Если количество водяных паров, имеющееся в воздухе, таково, что они не могут из него выделяться в виде влаги, то говорят, что водяные пары не насыщают воздуха. Если же количество водяных паров достаточно для того, чтобы началось выделение тумана, то говорят, что пары насы-

щают воздух. Будет ли данное количество водяных паров насыщать воздух или не будет — зависит от температуры. В холодном воздухе уже небольшое количество пара находится в насыщенном состоянии; в жаркий же летний день во много раз большее количество пара, имеющегося в воздухе, находится еще далеко от состояния насыщения.

Понятно, что во время дождя выпадает из воздуха только излишек водяного пара — то его количество, которое является избыточным по сравнению с паром, насыщающим пространство. Если бы не существовало особых обстоятельств, благодаря которым происходит постоянное пополнение выпавшей влаги, то очень скоро после начала дождя он прекратился бы сам собой, вместе с исчезновением избытка паров.

Причиной, поддерживающей и вызывающей дождь, являются воздушные течения. Вместе с воздухом переносятся также водяные пары, и если в какой-либо местности образуется благоприятное воздушное течение, доставляющее все новые и новые количества водяных паров, то в ней наступает период дождей. В тех же местностях, где воздушных течений нет, или где они неблагоприятны, так как не содержат избытка пара, наступает сухая погода.

Таким образом, воздушные течения являются главной причиной того или иного состояния

погоды. Уметь предсказать наперед воздушные течения равносильно тому, что уметь предсказать погоду. Предсказание погоды имеет очень большое значение для земледельческих стран, все благополучие которых зависит от количества выпавших осадков. Зная наперед состояние погоды, можно приравнивать к ней текущие сельско-хозяйственные работы. Это обстоятельство было главным толчком к развитию исследований, имевших целью добиться успеха в вопросе о предсказании погоды наперед. Военная техника, в свою очередь, пользуясь данными, добытыми наукой для целей мирной хозяйственной деятельности, нашла пути использовать для газовой борьбы воздушные течения. Если бы не было уверенности в том, какова будет погода в ближайшее время, применение ядовитых газов в виде удушливого облака было бы невозможно.

Ц и к л о н ы

Уже упоминалось о том, что существуют правильные, постоянные причины для образования ветров. Эти причины имеют место, главным образом, в тропических (жарких) странах, где очень сильное нагревание вызывает появление восходящих токов воздуха, на место которого поступает воздух из соседних, более холодных, мест. Такими правильно, периодически повторяющимися причинами

вызываются береговые бури, связанные с суточным колебанием температуры. Существуют ветры, связанные с годовым колебанием температуры, с сменой зимы и лета. Такие ветры называют муссонами. Эта система ветров имеет большое значение для южных и восточно-азиатских побережий.

Для Европы эти правильные, связанные с колебанием температуры дня и года ветры не имеют почти никакого значения. Здесь на первый план выступают воздушные течения, возникновение которых носит в значительной степени случайный характер.

Если в некоторой части земной поверхности устанавливается большее нагревание, чем в соседних, а это может быть вызвано целым рядом случайных причин, например, меньшей облачностью, большей сухостью воздуха, который более прозрачен, чем влажный, для тепловых лучей, и т. п., то воздух над этой частью земной поверхности расширяется, а благодаря этому, столб воздуха в этой местности становится выше и он начинает выступать за верхние края атмосферы. Если подвергнуть подробному изучению распределение величины атмосферного давления в соответственной местности как вдоль поверхности земли, так и по вертикальному направлению, а затем точки с одинаковым атмосферным давлением соединить между собой непрерывными линиями, то полученная картина даст ясное представление

о распределении воздушных слоев: над наиболее нагретой частью поверхности образуется выступающий столб воздуха, как это видно из прилагаемого рисунка 1.

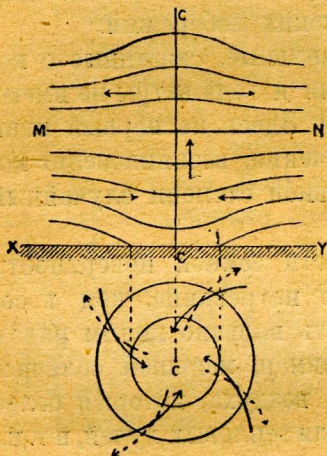


Рис. 1

Понятно, что выступающий слой не может оставаться в покое; не удерживаемый ничем с боков, он начинает растекаться в стороны, а это имеет своим результатом — во-первых, уменьшение веса воздуха, расположенного в сильно нагретой полосе, и во-вторых, увеличение количества воздуха, а следовательно, и его веса в соседних местностях. Таким

образом, образуется область с малым атмосферным давлением по середине и большим у краев.

Как только установилась разница в давлении атмосферы в соседних областях, сейчас же воздух в нижних слоях начинает перетекать из мест с большим, в места с меньшим давлением: у поверхности земли появляются течения от краев данной области к центру. Направление этих течений указано сплошными стрелками на нижней части

чертежа, представляющего собой картину того, что происходит вдоль поверхности земли, тогда как верхняя часть изображает картину того, что происходит по направлению вертикального разреза атмосферы.

На той же нижней части рисунка указано пунктирными стрелками движение воздушных течений, образующихся в верхних слоях атмосферы той же области. Понятно, что направление нижних и верхних течений прямо противоположно. Вместе с тем, в средней части области, где давление пало, появляется восходящий ток воздуха, и по краям ее — нисходящий.

Так начинается воздушный круговорот, напоминающий несколько вихрь, так как и нижнее течение у поверхности земли и верхнее — у верхней границы атмосферы происходят не по прямым линиям, а несколько искривляются, напоминая движение воды в воронках, образующихся на поверхности быстро текущей реки, или движение вихря в воздухе, который часто приходится наблюдать в жаркие летние месяцы.

Такие круговороты воздуха, в которых в средней части господствует уменьшенное давление, а по краям повышенное, называют циклонами. Чтобы представить образование такого круговорота, очевидно нужно знать распределение давлений в данной области поверхности земли.