

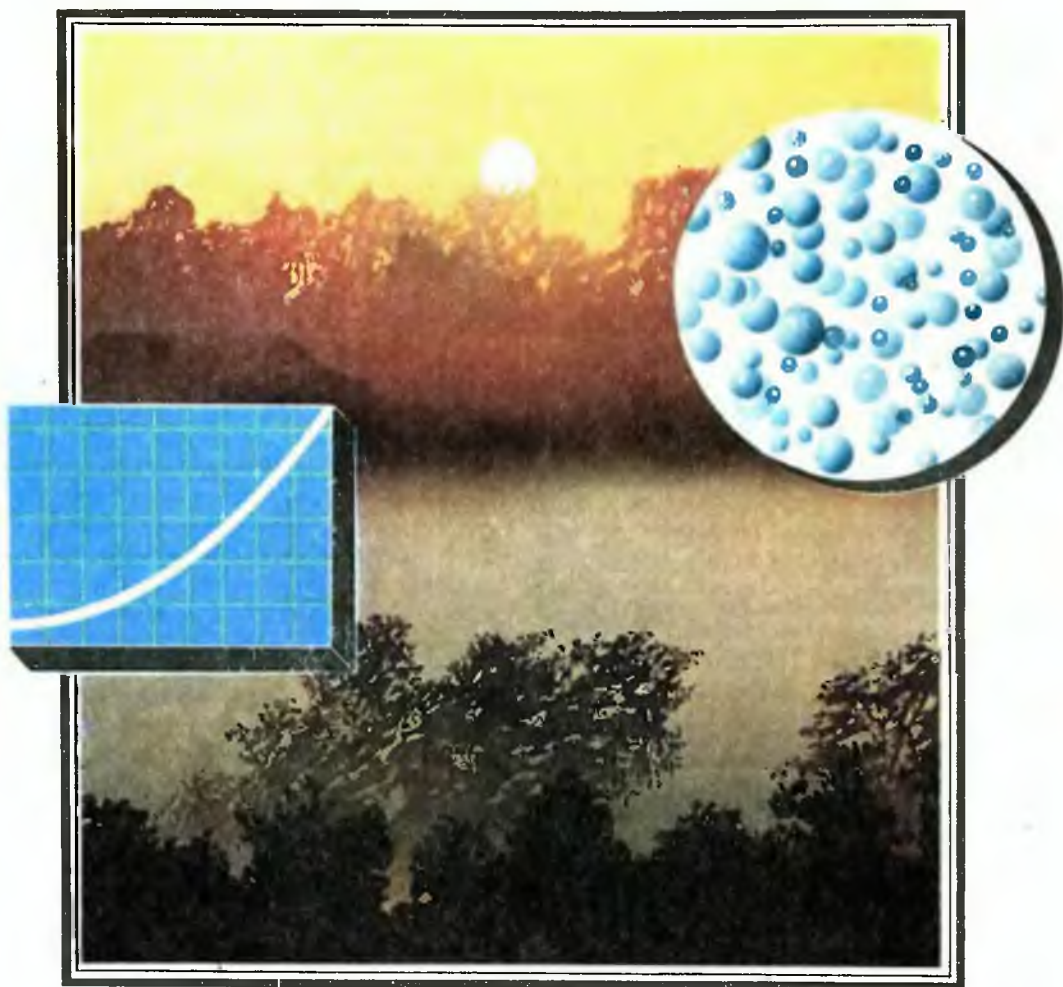
Л.В. Тарасов  
“Физика в природе”  
стр. 45-56

Москва, “Просвещение”, 1988

Бледнеет ночь... Туманов пелена  
В лощинах и лугах становится белее,  
Звучнее лес, безжизненной луна  
И серебро росы на стеклах холоднее.

*И. А. Бунин*

## ТУМАН



В наше время туманами интересуются не только поэты и художники. Пожалуй, особенно сильно туманы волнуют сегодня диспетчеров аэропортов, работников морских и речных портов, летчиков, капитанов кораблей, водителей автомашин и, конечно же, огромную армию метеорологов, синоптиков. «Внимание! Видимость на дорогах до 1 км», — предупреждает нас по радио служба погоды. Это значит, что ожидается слабый туман. При умеренном тумане видимость уменьшается до сотен метров, а при сильном — до нескольких десятков метров. И тогда временно закрываются аэродромы, встают на якорь суда, включаются сирены маяков.

А как важно было предвидеть появление тумана в дни боевых действий во время Великой Отечественной войны! Сколько дерзких операций провели, как говорится, перед носом у противника наши бойцы и партизаны под прикрытием тумана! Недаром же в те грозные годы родилась песня:

Ой, туманы мои, растуманы!  
Ой, родные поля и луга!  
Уходили в поход партизаны,  
Уходили в поход на врага!

(слова этой песни написал М. В. Исаковский, а музыку В. Г. Захаров).

Туманы хорошо знакомы как живущим в сельской местности, так и жителям городов. Сельский житель обычно рад туману. Он знает, что туман ранней весной предвещает потепление, что туман на утренней заре летом связан с выпадением росы, которая напитает растения влагой. Иначе воспринимают туман жители больших современных городов с сильно

загрязненным воздухом. Городскому жителю в сильный туман не только трудно ходить по улицам, но и трудно дышать; его физическое состояние резко ухудшается, портится настроение. В довольно мрачных тонах описывает Э. Верхарн туман, сгустившийся в большом городе над загрязненной рекой:

Сплошными белыми пластами  
Туман залег между домов...  
Туман сырой, туман холодный,  
Туман, как белый войлок плотный,  
Окутал низкие челны.  
Они, закинув якоря,  
Туман кровава нимбом фонаря,  
В безумье тихое сейчас погружены...  
Седая ночь мира в туманах прячет  
И в тусклых душах монотонно плачет.

К счастью, в наших городах не бывает таких мрачных, унылых туманов. Зато с ними знакомы жители Лондона и Парижа, Лос-Анджелеса и Токио, где слово «туман» нередко связывают со страшным словом «смог». В романах Бальзака, Золя, Диккенса можно найти немало сцен с описанием удручающе мрачных туманов. «Туман везде, — читаем мы, например, в романе Ч. Диккенса «Холодный дом». — Туман ползет в камбузы угольных бригов; туман лежит на ряях и плывет сквозь снасти больших кораблей; туман оседает на бортах баржей и шлюпок. Туман слепит глаза и забивает глотки престарелым гринвичским пенсионерам, хрипящим у каминов в доме призрения. На мостах какие-то люди, перегнувшись через перила, заглядывают в туманную преисподнюю, и сами, окруженные туманом чувствуют себя как на воздушном шаре, что висит среди туч».

Несмотря на подобные способные вызвать озноб описания тумана, его все же вряд ли можно отнести к грозным явлениям природы. В давние времена он воспринимался не как что-то карающее, а просто как таинственное явление, способное порождать призраки и скрывать предметы, как нечто незаметно подкрадывающееся, обволакивающее. Таинственность тумана рождала суеверные представления, и возникали различные легенды, иногда даже светлые, не лишённые поэзии.

Герой «Карельских рун» (эпических произведений древней народной поэзии Карелии) кузнец Илмаринен выковал стальную узду и цепь, чтобы поймать свирепых зверей. Он обращается к дочери тумана с просьбой помочь ему:

И ловить зверей он вышел,  
Говоря слова такие:  
«Трженетяр, дочь тумана!  
Решетом всю хмарь просей ты,  
Поразвесь клочками дымку  
Над звериными тропами,  
Чтобы мне пройти неслышно,  
Никого не всполошивши».

Существует старинная эстонская сказка «Король Туманной горы». Эстонка Тийу случайно повстречалась с этим королем. Он помог бедной эстонке, но велел сохранить тайну его горы. Тийу сохранила тайну, она ничего не сказала односельчанам о могущественном короле туманов. Те решили, что она кодунья, которую следует сжечь на костре. «Но как только огонь стал разгораться,— повествует сказка,— на землю пал такой густой туман, что и в двух шагах ничего не было видно. Когда, наконец, солнечные лучи побороли туман, оказалось, что костер не загорелся, а женщина ис-

чезла, словно растаяла в тумане. Король Туманной горы спас ее».

Надо признать, что поэты всегда любили обращаться к туману, они использовали его как поэтический образ, помогающий выразить самые разные настроения. В одних случаях поэты видят в туманной дымке неуловимый облик возлюбленной:

Как сквозь туман вишневые цветы  
На горных склонах раннею весною  
Белеют вдалеке,—  
Так промелькнула ты,  
Но сердце все полно тобою.

В других случаях туман наводит их на грустные думы, вызывает беспокойство, тревогу:

В тумане утреннем бухта Акаси,  
Которой свет зари едва-едва коснулся.  
Не видно островов...  
И думы все мои  
О корабле, что не вернулся.

Эти чем-то напоминающие изящные кружева стихи относятся к средневековой японской поэзии X—XIII вв. Автор первого стихотворения Ки-но Цураюки, автор второго, к сожалению, не известен.

Часто с туманом ассоциируются печальные воспоминания, чувство утраты. За душу берут исполненные глубокой печали строки, написанные И. С. Тургеневым:

Утро туманное, утро седое,  
Нивы печальные, снегом покрытые,  
Нехотя вспомнишь и время былое,  
Вспомнишь и лица, давно позабытые.

Порождаемая туманом печаль может обостриться настолько, что появляется чувство безысходности, незащитности. Его создает холодный туман, долго не прекращающийся, «пронизывающий до костей». Это ощущение хорошо

передал Райнис в своем стихотворении «Туман без конца»:

Туман сочится меж ветвей,  
Трава сырая побелела.  
Пронизывает до костей  
Седею изморосью тело.  
Где спрятаться? Где переждать?  
Туманный полог не редееет.  
Настанет день... И ночь опять...  
А изморось все сеет, сеет.

**Туман глазами внимательного наблюдателя.** Туман представляет собой скопления мелких капелек воды (или мелких ледяных кристалликов), возникающие при определенных условиях в непосредственной близости от поверхности земли или водной поверхности. Туман стелется над самой поверхностью земли или воды, образуя слой толщиной примерно от метра до десятков метров (иногда до сотен метров). Он снижает горизонтальную видимость, ограничивает ее расстояниями от километра (слабый туман) до нескольких метров (очень сильный туман).

Когда и где образуется туман? Все знают, что туман часто образуется в низинах, оврагах, болотистых местах, где воздух достаточно влажный. Возникает он и над поверхностью воды (морские, озерные, речные туманы). Туман может образоваться утром, но может появиться и вечером — после захода солнца. Иногда туман не прекращается целые сутки.

Из огромного разнообразия туманов мы выделим пять конкретных примеров, опишем их, а впоследствии объясним физику возникновения.

*Первый пример.* Предположим, что имеется хорошо прогреваемый солнцем водоем — пруд, озеро,

мелководная бухта. За ночь воздух над поверхностью воды охлаждается в большей степени, чем сама вода, и его температура оказывается существенно ниже. Над водой возникает утренний туман.

Этот утренний туман весьма нестойк. Взойдет солнце, и он растает без следа. Желая подчеркнуть быстротечность молодости и юных мечтаний, А. С. Пушкин недаром упоминает утренний туман. Напомним строки из его стихотворения «К Чаадаеву»:

Любви, надежды, тихой славы  
Недолго нежил нас обман,  
Исчезли юные забавы,  
Как сон, как утренний туман.

*Второй пример.* Холодный воздух переносится ветром в горизонтальном направлении и оказывается над теплой водой. И тут же над водой начинает образовываться туман. Такой туман можно наблюдать, например, в Арктике, когда слои холодного воздуха над льдами перемещаются на открытую воду.

*Третий пример.* Теплый воздух переносится ветром в горизонтальном направлении и оказывается над холодной поверхностью. При этом он охлаждается, и в результате возникает туман. Такой туман образуется, например, когда воздушные массы, получившие теплоту от реки, перемещаются к покрытому снегом холодному берегу. Таковы зимние туманы, характерные для Ленинграда. Возможен и другой случай: слой воздуха, прогретый над берегом, перемещается в сторону моря и там отдает теплоту холодной морской воде. Эти туманы образуются летними вечерами на море вблизи берега.



**Туман под микроскопом.** При температурах, не опускающихся ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ , туман состоит в основном из мелких капелек воды, а при более низких температурах из мелких ледяных кристалликов. В дальнейшем мы будем рассматривать только водяные туманы.

Справа на с. 45 можно видеть фотографию тумана, снятую при значительном увеличении. На фотографии видны капельки различного диаметра. Они принимают значения примерно от 0,5 мкм до 100 мкм. В обычном тумане диаметр водяных капелек в основном порядка 10 мкм. Если в тумане преобладают очень мелкие капельки (диаметр менее 1 мкм), то такой туман называют *дымкой*. Если же капли тумана относительно велики (диаметр порядка 100 мкм), то это так называемая *морось*. Количество капелек в 1 см<sup>3</sup> тумана примерно от 100 до 1000.

Общая масса всех водяных капелек в единице объема тумана называется *водностью тумана*; эта величина измеряется в единицах плотности, чаще всего в г/м<sup>3</sup>. Водность тумана обычно не превышает 0,1 г/м<sup>3</sup>. В особо плотных туманах она может достигать 1 г/м<sup>3</sup>. Эти числа кажутся очень малыми, ведь собрав воедино все капельки из тумана, занимающего объем 10<sup>3</sup> м<sup>3</sup> и имеющего водность 0,1 г/м<sup>3</sup>, мы получим всего полстакана воды (100 г) и едва сможем утолить жажду. Поэтому кажется удивительным, как быстро намокает вся одежда у того, кто окунулся в промозглую сырость тумана.

Однако не следует особенно удивляться. В действительности воды в тумане не так уж мало. Рассмотрим слой тумана толщи-

ной 10 м, висящий над полем площадью 5 км<sup>2</sup>. Объем такого туманного слоя равен  $5 \cdot 10^7$  м<sup>3</sup>. При водности тумана 0,1 г/м<sup>3</sup> в нем содержится  $5 \cdot 10^3$  л воды. Этого вполне достаточно для орошения рассматриваемого поля.

То, что туманы и росы — существенный источник влаги, необходимой растениям, хорошо известно крестьянам. Разумеется, они не производили расчетов, просто они знали это из собственного опыта. Недаром сказка «Король Туманной горы», о которой мы говорили выше, заканчивается так: «...И не было больше удачи этим людям. Каждое лето засуха причиняла им большой урон, хлеба и травы погибали, потому что по ночам не опускался над ними освежающий туман. Король Туманной горы гневался на людей, которые хотели предать смерти его питомицу».

**Насыщенный водяной пар.** Прежде чем переходить к объяснению физики возникновения тумана, надо предварительно поговорить о *насыщенном водяном паре*.

Предположим, что мы находимся на берегу какого-нибудь водоема и глядим на поверхность воды. Она представляется нам спокойной. Но в действительности перед нами совершается великое множество микрособытий, недоступных нашему взору. Наиболее быстрые молекулы воды, преодолев притяжение со стороны других молекул, выскакивают из водной массы и образуют пар над водной поверхностью. Мы называем это *испарением воды*. Молекулы водяного пара сталкиваются друг с другом и с молекулами воздуха, часть молекул пара пере-

ходит обратно в жидкость. Это есть *конденсация пара*. При данной температуре устанавливается своеобразное *равновесие* (его называют *динамическим*), когда число молекул воды, покидающих за единицу времени жидкость, в среднем равно числу молекул воды, возвращающихся за то же время обратно. Можно сказать, что процессы испарения и конденсации взаимно компенсируются. Водяной пар, находящийся в этом случае над поверхностью воды, называют *насыщенным*.

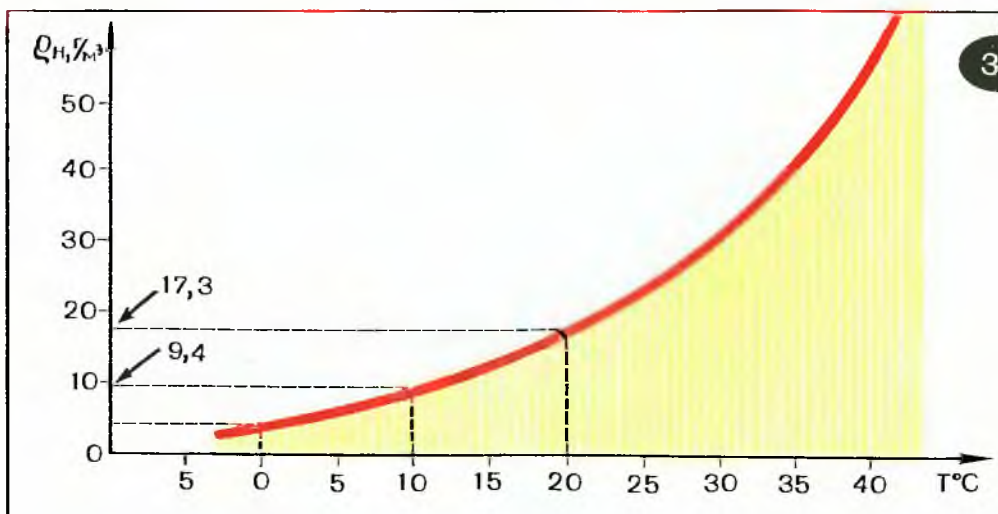
Если температура вдруг повысится, пар станет ненасыщенным: процесс испарения начнет преобладать над процессом конденсации, в результате давление пара начнет расти. Это будет продолжаться до того момента, пока снова не установится динамическое равновесие между испарением и конденсацией, иначе говоря, пока пар снова не станет насыщенным.

Если, напротив, температура вдруг понизится, пар станет перенасыщенным — теперь уже конденсация начнет преобладать над

испарением. В результате давление пара будет понижаться до тех пор, пока не будет снова достигнуто динамическое равновесие, т. е. состояние насыщения пара.

Мы видим, таким образом, что *давление насыщенного пара зависит от температуры*: оно возрастает с увеличением температуры и падает с ее уменьшением. Часто вместо давления пара рассматривают его плотность  $\rho$  (массу водяных паров в единице объема). Ясно, что плотность насыщенного пара  $\rho_n$  растет с увеличением температуры и падает с ее уменьшением. На рисунке 3.1 приведен график зависимости плотности насыщенного пара от температуры; первая величина измеряется в данном случае в  $\text{г/м}^3$ , а вторая — в  $^\circ\text{C}$ . Из графика видно, что при повышении температуры, например, от  $5^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$  плотность насыщенного пара возрастает более чем в 10 раз.

Заметим, что изображенный график подходит для плоской водной поверхности. Над *выпуклой* поверхностью плотность (и давле-



3.1

ние) насыщенного пара при данной температуре больше, чем над плоской поверхностью, а над вогнутой, наоборот, меньше. Дело в том, что в случае с выпуклой поверхностью имеются более благоприятные условия для преобладания испускания над конденсацией, тогда как вогнутая форма поверхности более благоприятствует конденсации.

Сделанное замечание имеет прямое отношение к туману. Представьте себе, что возникла и постепенно растет капелька воды в тумане. Она растет за счет конденсации водяных паров. А конденсируются они на выпуклой поверхности капельки. Но не будем забегать вперед — разговор о физике возникновения тумана еще впереди.

Теперь мысленно уберем поверхность воды и представим себе некий объем воздуха, содержащий какое-то количество водяных паров. Пусть плотность этих паров равна плотности насыщенного пара при данной температуре (в соответствии с графиком на рисунке 3.1). Предположим, что температура воздуха в рассматриваемом объеме вдруг уменьшилась. Тогда водяной пар окажется пересыщенным, начнется конденсация пара и на стенках объема появится влага — выпадет роса. Это будет продолжаться до тех пор, пока плотность водяных паров в рассматриваемом объеме не снизится до значения, равного плотности насыщенного водяного пара при новой температуре.

**Задача, имеющая отношение к возникновению тумана.** Предварительно поговорим о том, что такое относительная и абсолютная

влажность. *Относительная влажность*  $f$  при данной температуре определяется как отношение давления  $p$  водяных паров при этой температуре к давлению  $p_n$  насыщенного пара, соответствующему рассматриваемой температуре:

$$f = \frac{p}{p_n} 100\%. \quad (3.1)$$

Обычно относительную влажность измеряют в процентах.

При фиксированной температуре давление водяного пара  $p$  пропорционально его плотности  $\rho$ , поэтому вместо формулы (3.1) можно использовать формулу

$$f = \frac{\rho}{\rho_n} 100\%. \quad (3.2)$$

Плотность водяных паров, находящихся в воздухе при данной температуре, называют *абсолютной влажностью* воздуха (для рассматриваемой температуры). Это есть общая масса водяных паров в единице объема воздуха в том или ином конкретном случае. (Ее не надо путать с водностью тумана — общей массой водяных капелек в единице объема; масса пара — это одно, а масса водяных капелек (масса воды) — это, очевидно, другое.) Из (3.2) следует, что относительная влажность воздуха может быть определена как отношение абсолютной влажности к плотности насыщающих паров; все эти три величины ( $f$ ,  $\rho$ ,  $\rho_n$ ) должны соответствовать выбранному значению температуры.

Рассмотрим следующую задачу. В замкнутом объеме  $V=1 \text{ м}^3$  при температуре  $T_1=20^\circ\text{C}$  находится воздух с относительной влажностью  $f_1=60\%$ . Сколько воды надо дополнительно испарить в рассматриваемый объем, чтобы относительная влаж-



ность стала  $f_2=80\%$ ? Выпадет ли роса, если воздух охладить до  $T_2=10^\circ\text{C}$ ?

Пусть  $\rho_1$  — абсолютная влажность при температуре  $T_1$ . После дополнительного испарения воды массы  $m$  абсолютная влажность станет  $\rho_1 + m/V$ . Используя (3.2), запишем:

$$f_1 = \frac{\rho_1}{\rho_n} 100\% ;$$

$$f_2 = \frac{\rho_1 + m/V}{\rho_n} 100\% ,$$

откуда получаем

$$f_2/f_1 = (\rho_1 + m/V) / \rho_1$$

и, следовательно,

$$m = \rho_1 V \frac{f_2 - f_1}{f_1} ,$$

или, иначе,

$$m = \rho_n V \frac{f_2 - f_1}{100\%} . \quad (3.3)$$

Величина  $\rho_n$  здесь есть плотность насыщенного пара при  $T_1=20^\circ\text{C}$ . Согласно графику на рисунке 3.1 она равна  $17,3 \text{ г/м}^3$ . Подставляя это число в (3.3) и используя данные из условия задачи, находим, что  $m=3,5 \text{ г}$ .

Итак, надо дополнительно испарить  $m=3,5 \text{ г}$  воды, чтобы относительная влажность воздуха в нашем объеме поднялась с  $f_1=60\%$  до  $f_2=80\%$ . Теперь масса водяного пара в  $1 \text{ м}^3$  воздуха составит

$$m' = m + \rho_1 V = m + \rho_n \frac{f_1}{100\%} V ,$$

где  $\rho_n$  — по-прежнему плотность насыщенного пара при  $20^\circ\text{C}$ , равная  $17,3 \text{ г/м}^3$ . Таким образом,

$$m' = (3,5 + 17,3 \cdot 0,6) \text{ г} = 13,9 \text{ г} .$$

Наконец, по графику на рисунке 3.1 находим, что при температуре  $T_2=10^\circ\text{C}$  плотность насыщенного пара составляет  $9,4 \text{ г/м}^3$ . Это меньше, чем  $13,9 \text{ г/м}^3$ . Значит, после рассмотренного дополнительного испарения и после охлаждения пар стал пересыщенным и, следовательно, выпадет роса.

Поставленная задача решена. Но прежде чем с ней расстаться, напомним понятие *точка росы*. Это такая температура, при которой пар, содержащийся в воздухе, оказывается насыщенным. Иначе говоря, если температура есть точка росы, то плотность насыщенного пара есть абсолютная влажность. Значит, график на рисунке 3.1 можно рассматривать двояко: как зависимость плотности насыщенного пара от температуры или как зависимость между точкой росы и абсолютной влажностью. В первом случае по оси абсцисс откладываются значения температуры (в  $^\circ\text{C}$ ), а по оси ординат значения плотности насыщенного пара (в  $\text{г/м}^3$ ). Во втором случае по оси абсцисс откладываются значения точки росы (в  $^\circ\text{C}$ ), а по оси ординат значения абсолютной влажности (в  $\text{г/м}^3$ ).

**Возникновение тумана. Туманы испарения и туманы охлаждения.** В известном смысле возникновение тумана есть явление выпадения росы. Существенно, однако, что выпадение росы происходит в данном случае не на поверхности земли или воды, не на поверхностях листьев или травинки, а в объеме воздуха. При определенных условиях водяные пары, находящиеся в воздухе, частично конденсируются, в результате чего и возникают водяные капельки тумана. Сразу же отметим, что лишь очень небольшая часть массы водяных паров превращается в воду, содержащуюся в капельках тумана. Из графика на рисунке 3.1 видно, что при обычных температурах (близких к  $20^\circ\text{C}$ ) общая масса насыщенных паров в кубометре воздуха составляет

20 г. В то же время водность тумана, как ранее отмечалось, не превышает обычно  $0,1 \text{ г/м}^3$ . Значит, в воду капель тумана конденсируется примерно не более 1% массы водяных паров.

При каких условиях возникает туман? Таких условий два. Во-первых, необходимо, чтобы в воздухе содержалось достаточно большое число так называемых *ядер конденсации* — центров, на которых происходит конденсация пара. Наряду с отдельными молекулами воздуха или пара, а также со случайно образующимися скоплениями молекул, роль ядер конденсации играют ионы, капельки воды, пылинки, частички сажи и вообще всевозможные мелкие загрязнения, которые по тем или иным причинам могут появиться в воздухе. В городском воздухе, вследствие его относительно сильной загрязненности, плотность ядер конденсации в  $10 \dots 100$  раз больше, чем в воздухе сельских, морских, горных районов. Именно поэтому городские туманы отличаются, как правило, более высокой плотностью и устойчивостью.

Во-вторых, для возникновения тумана необходим не просто насыщенный, а *пересыщенный* пар; его плотность должна быть в несколько раз больше плотности насыщенного пара. Для получения пересыщенного пара можно использовать два способа. Они поясняются на рисунке 3.2, где 1 — кривая, фигурировавшая ранее, на рисунке 3.1.

В случае (рис. 3.2, слева) воздух имеет определенную и притом достаточно большую абсолютную влажность  $q_0$ ; температура воздуха постепенно понижается.

По достижении температуры

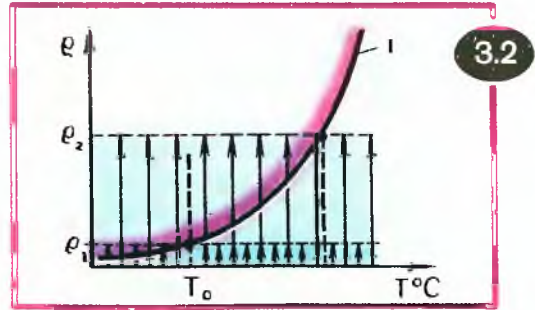
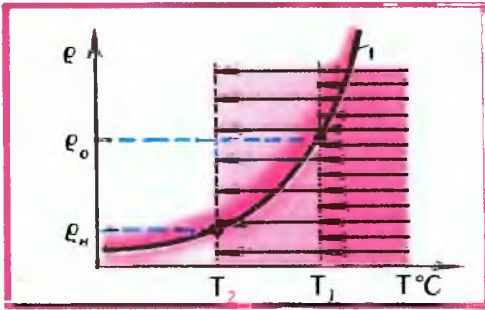
$T=T_1$  (точки росы) пар насыщается; при дальнейшем охлаждении он становится пересыщенным. Следует охлаждать воздух до такой температуры  $T_2$ , чтобы соответствующая ей плотность насыщенного пара  $q_n$  оказалась в несколько раз меньше абсолютной влажности  $q_0$  (см. рисунок). Выпадающий в рассматриваемом случае туман называют *туманом охлаждения*.

В случае (рис. 3.2, справа) воздух имеет какую-то определенную и притом достаточно низкую температуру  $T_0$ . С относительно теплой поверхности в холодный воздух испаряется дополнительное количество пара — в результате абсолютная влажность воздуха повышается. За счет указанного испарения абсолютная влажность повышается до значения  $q_2$ , в несколько раз превышающего значение плотности насыщенного пара  $q_1$ , которое соответствует данной температуре  $T_0$ . Выпадающий при этом туман называют *туманом испарения*.

Итак, различные виды туманов можно разделить на две группы — туманы охлаждения и туманы испарения. В связи с этим вернемся к тем пяти конкретным примерам туманов, которые отмечались раньше.

*Первый пример.* Прилегающий к воде остывший утренний воздух имеет более низкую температуру, чем вода. Поэтому с теплой водной поверхности в холодный воздух испаряется дополнительное количество пара. В результате возникает туман испарения.

*Второй пример.* Здесь происходит испарение дополнительного количества пара в относительно холодный воздух (который находится над поверхностью льда) с



3.2

относительно теплой поверхности, какой является в данном случае поверхность открытой воды. Как и в предыдущем примере, мы имеем здесь дело с туманом испарения.

*Третий пример.* Теплый воздух, нагретый в первом случае (зимой) над речной водой, а во втором случае (летом) над берегом, обогащается влагой, а затем охлаждается над заснеженным берегом или над морской водой. И в том и в другом случае возникает туман охлаждения.

*Четвертый пример.* Теплые слои воздуха, обогатившиеся влагой, поднимаются вверх и сильно охлаждаются. Возникает туман охлаждения, который затем опускается по склону горы обратно к морю.

*Пятый пример.* Вследствие перехода теплоты от нагретого слоя приповерхностного воздуха к быстро остывшей земле происходит охлаждение воздуха и возникает типичный туман охлаждения.

Некоторые подробности физики возникновения тумана. Отметим, что физический механизм образования тумана описан выше лишь в самых общих чертах. В действительности он значительно слож-

нее. Необходимое для образования тумана пересыщение пара зависит от плотности и характера ядер конденсации, а также от температуры. Разделение туманов на туманы испарения и охлаждения достаточно условно; обычно процесс образования тумана включает как охлаждение воздуха, так и испарение в него дополнительного количества пара.

Взять хотя бы обсуждавшийся ранее утренний туман над мелководной бухтой. Мы отнесли его к туманам испарения — с поверхности теплой воды испаряется в остывший воздух дополнительная масса паров. Однако нельзя забывать, что, прежде чем остыть, прилегающий к воде слой воздуха был теплым и поэтому был обогащен влагой. Так что туман начал образовываться уже во время остывания воздуха, а на этой стадии туман следует рассматривать как туман охлаждения.

Достаточно сложен сам процесс формирования тумана, иначе говоря, процесс возникновения и роста водяных капель, взаимодействия их друг с другом. Любопытно, что в процессе формирования тумана относительная влажность воздуха понижается. Это связано с несколькими причинами: некоторым уменьшением абсолютной влажности за счет частичной кон-

денсации пара, повышением плотности насыщенного пара над выпуклой поверхностью (над поверхностью капли), повышением плотности насыщенного пара в результате увеличения температуры вследствие выделения теплоты парообразования при конденсации пара. Поэтому процесс формирования тумана, начавшись, развивается затем отнюдь не лавинообразно, а наоборот, довольно быстро прекращается. Недаром, как мы уже отмечали, в водяные капли тумана конденсируется не более 1% массы паров.

Процесс возникновения и формирования тумана весьма чувствителен к степени пересыщения пара и к плотности ядер конденсации. Обе величины могут меняться как во времени, так и от одной точки пространства к другой; это приводит к соответствующим изменениям во времени и пространстве плотности тумана. В результате туман клубится, волнуется, ползет.