

A dramatic, high-contrast photograph of a stormy sky. Dark, heavy clouds fill the upper two-thirds of the frame. A bright, jagged lightning bolt streaks across the upper left. In the lower third, a bright, glowing area on the right suggests a sun or moon breaking through the clouds, with rain falling in visible streaks. The foreground is a dark, flat landscape with a few silhouetted trees.

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА



Важнейшим компонентом земной атмосферы является водяной пар.

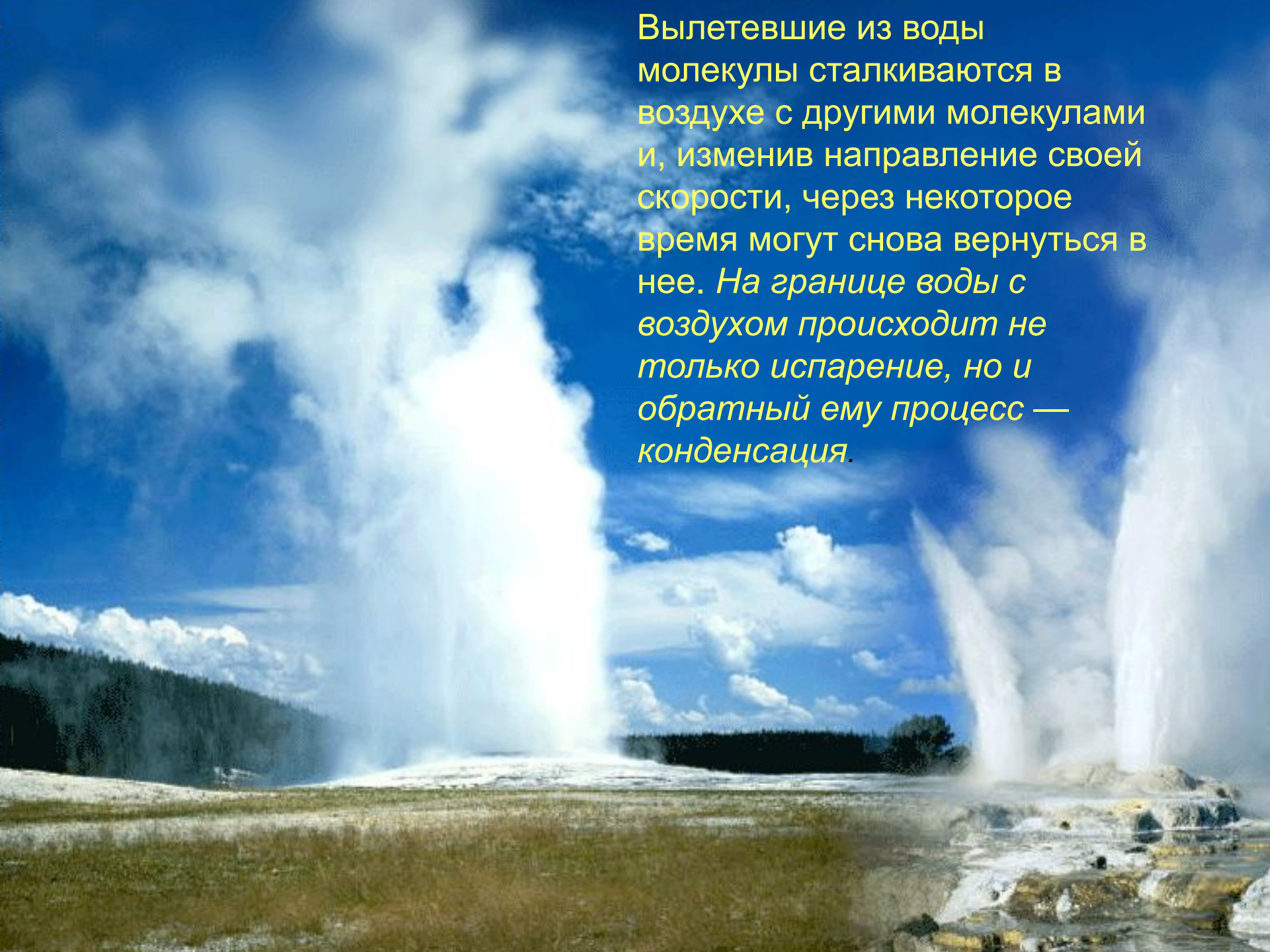
Его присутствие в ближайших к ее поверхности слоях обусловлено испарением воды с поверхностей океанов, морей, водоемов, влажной почвы и растений. особенно Наличие водяных паров в воздухе является необходимым условием существования жизни на Земле.



Общая масса водяного пара в атмосфере Земли составляет около $1,24 \cdot 10^{16}$ кг (если бы весь этот пар сконденсировался, то образовался бы «слой осажденной воды» толщиной 2,4 см).

Каждые сутки с поверхности Земли испаряется 7000 км^3 воды. Этим количеством воды можно заполнить бассейн размером $80 \times 90 \times 1 \text{ км}$.

Вылетевшие из воды молекулы сталкиваются в воздухе с другими молекулами и, изменив направление своей скорости, через некоторое время могут снова вернуться в нее. *На границе воды с воздухом происходит не только испарение, но и обратный ему процесс — конденсация.*



Пусть N_1 — число молекул, вылетающих из жидкости за данное время, а N_2 — число молекул, возвращающихся в нее за то же время. Если $N_1 > N_2$, то испарение будет преобладать над конденсацией и уровень жидкости будет понижаться.



Если же $N_1=N_2$, то процессы испарения и конденсации как бы компенсируют друг друга и система «жидкость — пар» оказывается в состоянии динамического равновесия, при котором количества жидкости и пара над ней остаются неизменными





*Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется **насыщенным паром**.*

После того как в данном объеме при данной температуре водяной пар становится насыщенным, его количество перестает возрастать, чем и объясняется название «насыщенный».

Значение плотности и давления, при которых водяной пар становится насыщенным, зависят от температуры.

$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60	80	100
$\rho, \text{г/м}^3$	4,8	17,3	52,0	133	293	598
$p, \text{Па}$	613	2333	7330	19900	47343	101325
$\rho, \text{г/м}^3$	4,8	17,3	52,0	133	293	598
Плотность водяного пара при температуре 20°C равна 16г/см^3 . какой это пар? Какой должна быть плотность водяного пара, чтобы он был насыщенным при температуре 60°C ?						
$\rho, \text{г/м}^3$	4,8	17,3	52,0	133	293	598

Водяной пар в воздухе, несмотря на огромные поверхности рек, озер, океанов, не является насыщенным, атмосфера - открытый сосуд. Движение воздушных масс приводит к тому, что в одних местах в данный момент испарение воды преобладает над конденсацией, а в других - наоборот.



«Отчего паук иногда делает частую паутину и сидит в самой середине гнезда, а иногда выходит из гнезда и выводит новую паутину?»



Паук делает паутину по погоде, какая есть и какая будет. Глядя на паутину, можно узнать, какая будет погода; если паук сидит, забившись в середине паутины, и не выходит, - это к дождю. Если он выходит из гнезда и делает новые паутины, то это к погоде.

Чувства у паука так тонки, что когда в воздухе начнет только собираться сырость, а мы этой сырости не слышим, и для нас погода еще ясная, - для паука уже идет дождь....» **Л.Н. Толстой.**

Что значит сырость? Влажность.

Влажность - это мера, характеризующая содержание водяных паров в воздухе.



Для количественной оценки содержания водяного пара в воздухе вводят понятия абсолютной и относительной влажности воздуха.

Абсолютной влажностью воздуха называется масса водяного пара (в граммах), содержащегося в 1 м^3 воздуха.

Атмосферный воздух представляет собой смесь различных газов и водяного пара.

Давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы отсутствовали, называют парциальным давлением (или упругостью) водяного пара

Абсолютная влажность и парциальное давление водяного пара связаны уравнением

$$p = \frac{mRT}{VM} \quad p = \frac{\rho RT}{M}$$

Измерения показывают, что абсолютная влажность воздуха обычно мало отличается от парциального давления водяного пара (при тех же условиях).



**Вблизи земной поверхности
концентрация водяного пара
колеблется от 3% в тропиках
до 0,00002% в Антарктиде.**

Если известна только абсолютная влажность воздуха, то нельзя определить, насколько он будет сырым или, наоборот, сухим. Интенсивность испарения воды с поверхности водоемов, растений или тела человека зависит от того, насколько водяной пар далек от насыщения. Если до насыщения еще далеко, то испарение будет заметно преобладать над конденсацией, а если находящийся в воздухе водяной пар уже близок к состоянию насыщения, то интенсивность испарения существенно меньше.

Величиной, показывающей, насколько водяной пар при данной температуре далек от насыщения, является относительная влажность воздуха.



Относительной влажностью воздуха называется отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара при той же температуре.

Относительную влажность воздуха обычно выражают в процентах. Поэтому в виде формулы ее определение записывают следующим образом:

$$\varphi = \frac{p(t)}{p_0(t)} 100\%$$

- ✓ Через $p_0(t)$ здесь обозначено давление насыщенного водяного пара при данной температуре t . Оно не зависит от объема пара и для данной температуры имеет постоянное значение. При решении задач величину $p_0(t)$ обычно берут из таблицы, в которой приведены значения давления насыщенного пара при различных температурах.
- ✓ Через $p(t)$ в формуле обозначено парциальное давление водяного пара при той же температуре t . Никаких таблиц для него не существует. Найти же его можно либо через абсолютную влажность, либо путем измерения *точки росы*.
- ✓ По известной точке росы можно найти парциальное давление водяного пара (по таблице), т.к. оно равно давлению насыщающего пара при точке росы.

$$p(t) = p_0(t_p)$$

$$\varphi = \frac{p_0(t_p)}{p_0(t)} 100\%$$

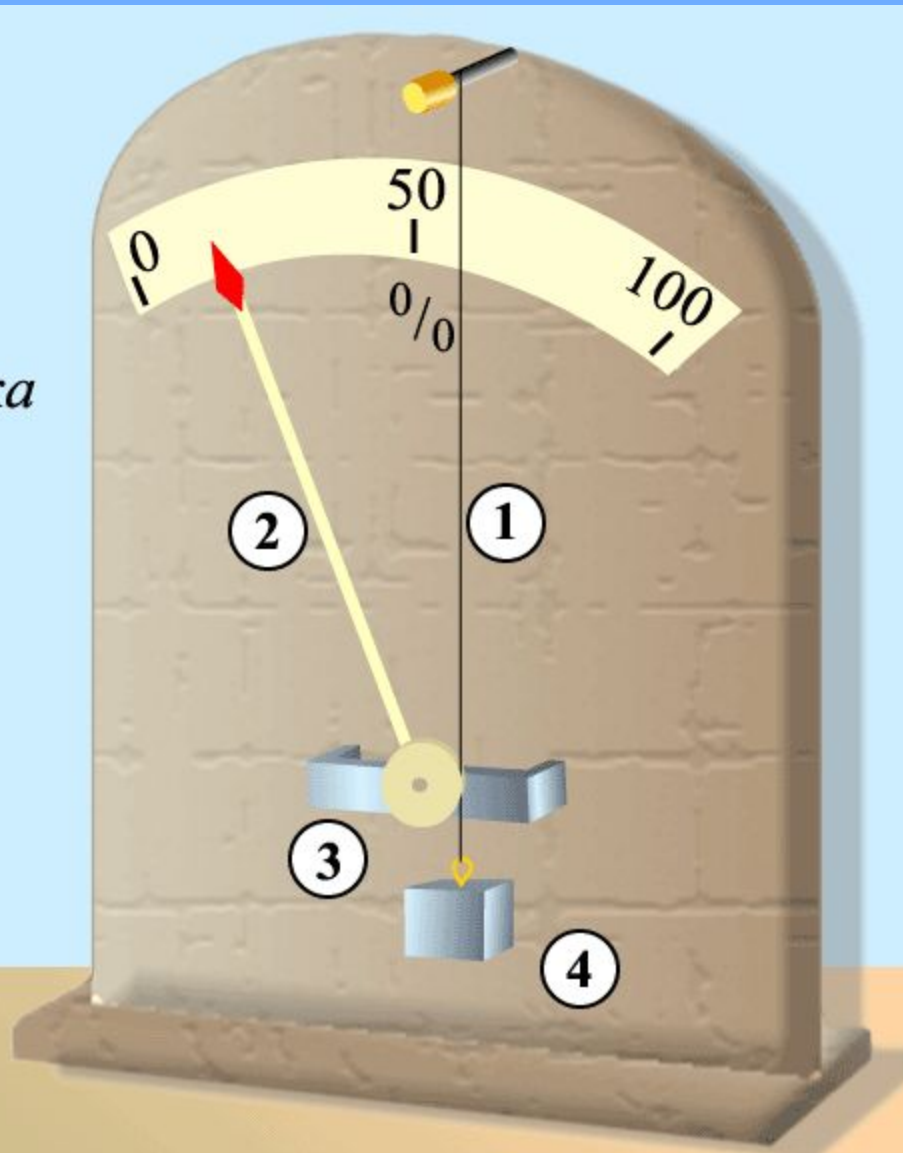


Точкой росы (t_p) называют температуру, до которой нужно, не меняя давления, охладить водяной пар в воздухе, чтобы он стал насыщенным. При дальнейшем понижении температуры конденсация начнет преобладать над испарением, в результате чего образуются капельки росы, может появиться туман, влага на окнах и т. д



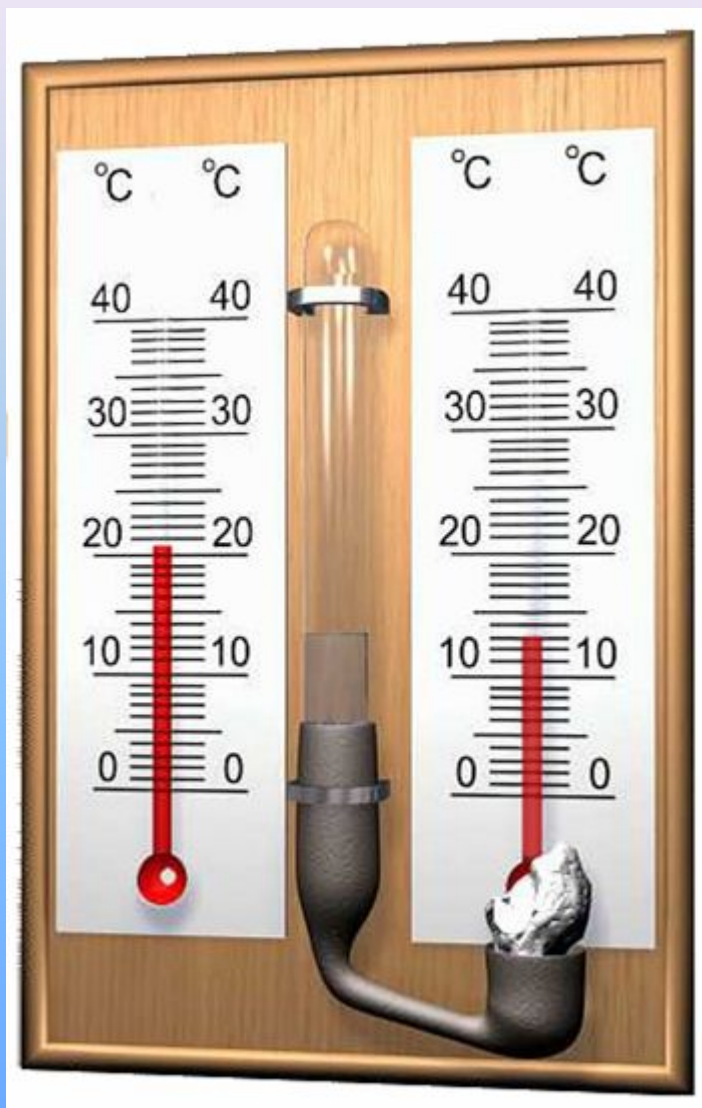
Для измерения точки росы применяют специальный прибор, называемый **конденсационным гигрометром**. Основной его частью является сосуд, передней стенкой которого служит металлическое зеркальце. Внутри этого сосуда наливают эфир, а сверху вставляют термометр. При продувании через него воздуха эфир испаряется и охлаждает стенки сосуда. Измеряя температуру, при которой зеркальце покрывается капельками воды (конденсирующейся из окружающего воздуха), определяют точку росы t_p .

Относительную влажность воздуха можно определить и не измеряя точку росы. Для этого на практике используют другой прибор - **волосяной гигрометр**



- 1 – волос
- 2 – стрелка
- 3 – ролик
- 4 – груз

Его действие основано на свойстве человеческого волоса удлиняться при увеличении влажности. Волос (1) наматывается на ролик (3) и растягивается грузом (4). Если влажность возрастает, волос удлиняется и ролик вместе с прикрепленной к ней стрелкой поворачивается. Показания снимаются по шкале.



Относительную влажность можно узнать используя прибор — **психрометр**. Он состоит из двух термометров — сухого и смоченного водой. Сухой термометр показывает температуру воздуха, а смоченный, резервуар которого обвязан батистом, опущенным в воду, — более низкую температуру, обусловленную интенсивностью испарения с влажного батиста. Чем суше воздух, влажность которого измеряется, тем ниже показания смоченного термометра. И наоборот, чем больше относительная влажность воздуха, тем менее интенсивно идет испарение и тем более высокую температуру показывает этот термометр.

Относительная влажность воздуха определяется по показаниям сухого и смоченного термометров с помощью специальной психрометрической таблицы

Показание сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C					
	0	1	2	3	4	5
	Относительная влажность, %					
15	100	90	80	71	61	52
16	100	90	81	71	62	54
17	100	90	81	72	64	55
18	100	91	82	73	65	56
19	100	91	82	74	65	58
20	100	91	83	74	66	59
21	100	91	83	75	67	60
22	100	92	83	76	68	61
23	100	92	84	76	69	61
24	100	92	84	77	69	62
25	100	92	84	77	70	63
26	100	92	85	78	71	64
27	100	92	85	78	71	65

Показания сухого термометра в психрометре 20° C, влажного 18° C.
Определите относительную влажность воздуха.

- Психрометры можно увидеть на стенах музеев и некоторых других учреждений. Поддержание определенной влажности воздуха необходимо не только при хранении произведений искусства и книг, но и во многих отраслях современной техники, например, в процессах сушки изделий, при хранении готовых изделий, в металлургии, различных технологических процессах, в ткацком, кондитерском и других производствах. Существенное влияние оказывает влажность на урожай с/х культур, на урожайность животноводства. Избыточная влажность вредна для ряда производственных процессов, для хранения продуктов и материалов. Без знания влажности воздуха невозможно сделать прогноз погодных условий, столь необходимый для сельского хозяйства, транспорта и ряда других отраслей народного хозяйства. Следовательно, измерение и регулирование влажности имеет большое практическое значение.

При температуре 20-25 °С наиболее благоприятным для жизни человека считается воздух с относительной влажностью от 40% до 60%.

Когда окружающая среда имеет температуру более высокую, чем температура тела человека, то происходит усиленное потоотделение. Обильное выделение пота ведет к охлаждению организма. Однако такое потоотделение является значительной нагрузкой для человека.

В современных зданиях производится кондиционирование воздуха — создание и поддержание в закрытых помещениях воздушной среды наиболее благоприятной для самочувствия людей.





Относительная влажность ниже 40% при нормальной температуре воздуха также вредна, так как приводит к усиленной потере влаги организмом, что ведет к его обезвоживанию. Особенно низкая влажность воздуха в помещениях в зимнее время; она составляет 10-20%. Это даже меньше, чем в пустыне Сахара! Там относительная влажность воздуха составляет 25%.

При низкой влажности воздуха происходит быстрое испарение влаги с поверхности и высыхание слизистой оболочки носа, гортани, легких, что может привести к ухудшению самочувствия





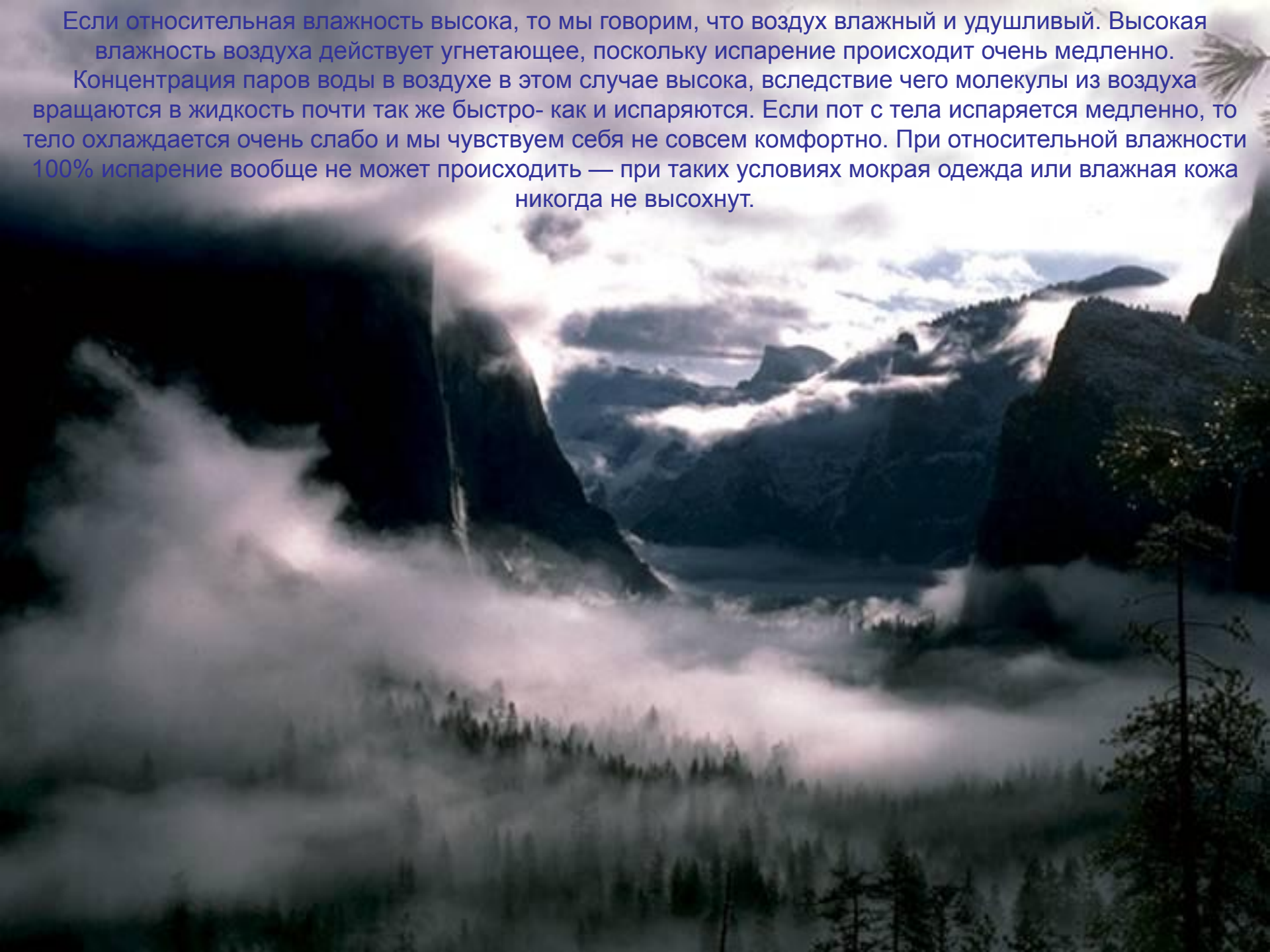
При низкой влажности воздуха во внешней среде дольше сохраняются патогенные микроорганизмы, а на поверхности предметов скапливается больше статического заряда. Поэтому в зимнее время в жилых помещениях производят увлажнение с помощью пористых увлажнителей. Хорошими увлажнителями являются растения.

Степень влажности воздуха имеет большое влияние на многие процессы, протекающие на Земле, например на развитие флоры и фауны.



Если относительная влажность высока, то мы говорим, что воздух влажный и удушливый. Высокая влажность воздуха действует угнетающее, поскольку испарение происходит очень медленно.

Концентрация паров воды в воздухе в этом случае высока, вследствие чего молекулы из воздуха возвращаются в жидкость почти так же быстро- как и испаряются. Если пот с тела испаряется медленно, то тело охлаждается очень слабо и мы чувствуем себя не совсем комфортно. При относительной влажности 100% испарение вообще не может происходить — при таких условиях мокрая одежда или влажная кожа никогда не высохнут.





Наличие в земной атмосфере водяного пара препятствует быстрому остыванию Земли. Земля излучает в окружающее пространство инфракрасное (тепловое) излучение. Однако водяной пар, достаточно хорошо пропускающий видимым свет поглощает инфракрасное излучение и тем самым нагревает окружающий воздух. Если бы этого не происходило, то средняя температура поверхности Земли оказалась бы значительно ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время как сейчас она составляет $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Занимательная информация:

Сотрудники Института катализа Сибирского отделения РАН получили селективный сорбент, который способен по ночам, в период повышенной влажности воздуха, вбирать в себя воду, а потом выделять ее. В лабораторных условиях 11 кг сорбента «высасывают» из атмосферы 400 мл воды в сутки. А 11 т сорбента хватит, чтобы обеспечить питьевой водой небольшой поселок Будем надеяться: где-нибудь в Казахстане, в Средней Азии, на побережье Крыма и Краснодарского края появятся новые водосборные установки. Ученые полагают, что даже в морское путешествие морякам лучше брать с собой запас сорбента, а не заполнять емкости пресной водой.

Тест.

Вариант 1

1. Определите абсолютную и относительную влажность воздуха при $t=15^{\circ}\text{C}$, если точка росы равна 10°C , давление насыщенного водяного пара при $t=10^{\circ}\text{C}$ равно 1,23 кПа, при $t=15^{\circ}\text{C}$ давление равно 1,71 кПа.
А) 1710 Па, 72%. Б) 1230 Па, 72%. В) 1710 Па, 50%.
2. Относительная влажность воздуха равна 100%. Какое соотношение выполняется для показаний сухого термометра T_c и влажного T_v ?
А) $T_c > T_v$. Б) $T_v > T_c$. В) $T_c = T_v$.
3. При равных температурах относительная влажность в сосудах равна: $\phi_1 = 30\%$, $\phi_2 = 60\%$. В каком из сосудов больше абсолютная влажность?
А) В сосуде, где $\phi_2 = 60\%$. Б) В сосуде, где $\phi_1 = 30\%$. В) Абсолютные влажности равны.
4. Плотность водяных паров воздуха вечером при $t=16^{\circ}\text{C}$ составляла $9,4 \text{ г/м}^3$. Выпадет ли роса, если ночью температура понизилась до 8°C ? (Плотность насыщенного пара при 8°C равна $8,3 \text{ г/м}^3$.)
А) Выпадет роса. Б) Не выпадет роса. В) Согласно условию задачи нельзя дать точный ответ.
5. Почему в теплый сухой день наше самочувствие лучше, чем в теплый сырой день?
А) В связи с пониженной абсолютной влажностью. Б) В связи с повышенной относительной влажностью. В) В связи с пониженной относительной влажностью.

Вариант 2

1. Определите абсолютную и относительную влажность воздуха при $t=20^{\circ}\text{C}$, если парциальное давление пара при этой температуре равно 1167 Па, а давление насыщенного пара равно 2333 Па.
А) Абсолютная влажность воздуха равна 2333 Па, относительная — приблизительно 50%.
Б) Абсолютная влажность воздуха приблизительно равна 50%, относительная равна 1167 Па.
В) Абсолютная влажность воздуха равна 1167 Па, относительная — 50%.
2. Относительная влажность воздуха равна 50%. Какое соотношение выполняется для показаний сухого T_c и влажного T_v термометров?
А) $T_c = T_v$. Б) $T_c > T_v$. В) $T_v > T_c$
3. Плотность водяных паров в воздухе вечером при $t=10^{\circ}\text{C}$ составляла 7 г/м^3 . Выпадет ли роса, если ночью температура понизилась до 8°C ? (Плотность насыщенного пара при 8°C равна $8,3 \text{ г/м}^3$.)
А) Выпадет роса. Б) Не выпадет роса. В) Согласно условию задачи дать точный ответ нельзя.
4. Как по внешнему виду отличить в бане трубу с горячей водой от трубы с холодной водой?
А.) Труба с холодной водой сухая, с горячей — покрыта влагой. Б) Труба с холодной водой покрыта влагой, с горячей — сухая. В) Обе трубы влажные, поэтому по внешнему виду отличить нельзя.
5. Для здоровья и хорошего самочувствия человека относительная влажность должна быть равна:
А) 20—30%. Б) 40—60%. В) 60—80%.

Проверь себя.

Вариант 1

1. Определите абсолютную и относительную влажность воздуха при $t=15^{\circ}\text{C}$, если точка росы равна 10°C , давление насыщенного водяного пара при $t=10^{\circ}\text{C}$ равно 1,23 кПа, при $t=15^{\circ}\text{C}$ давление равно 1,71 кПа.

Б) 1230 Па, 72%.

2. Относительная влажность воздуха равна 100%. Какое соотношение выполняется для показаний сухого термометра T_c и влажного T_v ?

В) $T_c = T_v$.

3. При равных температурах относительная влажность в сосудах равна: $\phi_1=30\%$, $\phi_2=60\%$. В каком из сосудов больше абсолютная влажность?

А) В сосуде, где $\phi_1 = 60\%$.

4. Плотность водяных паров воздуха вечером при $t=16^{\circ}\text{C}$ составляла $9,4 \text{ г/м}^3$. Выпадет ли роса, если ночью температура понизилась до 8°C ? (Плотность насыщенного пара при 8°C равна $8,3 \text{ г/м}^3$.)

А) Выпадет роса.

5. Почему в теплый сухой день наше самочувствие лучше, чем в теплый сырой день?

В) В связи с пониженной относительной влажностью.

Вариант 2

1. Определите абсолютную и относительную влажности воздуха при $t=20^{\circ}\text{C}$, если парциальное давление пара при этой температуре равно 1167 Па, а давление насыщенного пара равно 2333 Па.

В) Абсолютная влажность воздуха равна 1167 Па, относительная — 50%.

2. Относительная влажность воздуха равна 50%. Какое соотношение выполняется для показаний сухого T_c и влажного T_v термометров?

В) $T_v > T_c$

3. Плотность водяных паров в воздухе вечером при $t=10^{\circ}\text{C}$ составляла 7 г/м^3 . Выпадет ли роса, если ночью температура понизилась до 8°C ? (Плотность насыщенного пара при 8°C равна $8,3 \text{ г/м}^3$.)

Б) Не выпадет роса.

4. Как по внешнему виду отличить в бане трубу с горячей водой от трубы с холодной водой?

Б) Труба с холодной водой покрыта влагой, с горячей — сухая.

5. Для здоровья и хорошего самочувствия человека относительная влажность должна быть равна:

Б) 40—60%.

- Сколько водяного пара содержится в атмосфере Земли?

- Какой пар называют насыщенным?

.- Что такое абсолютная влажность?

- Какую величину называют относительной влажностью?

- Что такое точка росы? Почему она так называется?



- Чему равна относительная влажность воздуха при температуре, равной точке росы?

- Как изменяется относительная влажность воздуха с уменьшением температуры при неизменной плотности водяного пара в атмосфере?

- Какие приборы позволяют определить относительную влажность воздуха?

- Какая влажность воздуха наиболее благоприятна для человека?

Ресурсы

С.В.Громов «Физика 11» Мсква Просвещение 2005г

Д.Лупов Опорные конспекты 10 класс

А.Р. Акжигитов Поурочные планы физика 11 класс
Волгоград 2003г

А.Е. Гуревич Физика 7 класс Москва Дрофа 1997г.

Platinum DVD-SOFT ADOBE CREATIVE SUITE 2 PREMIUM
коллекция 5 тысяч клипов 2002г

