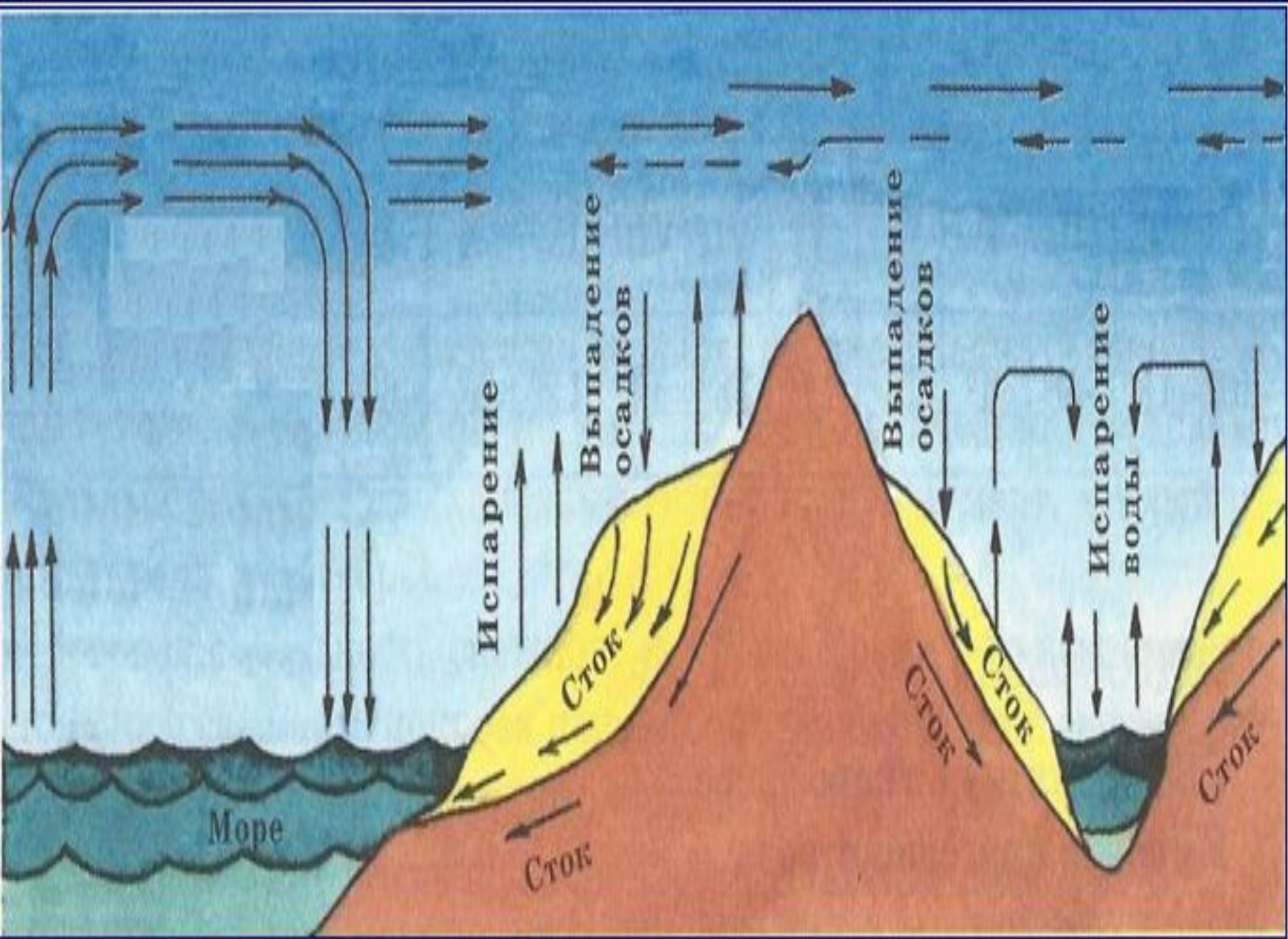


## **6. ВОДА В АТМОСФЕРЕ**

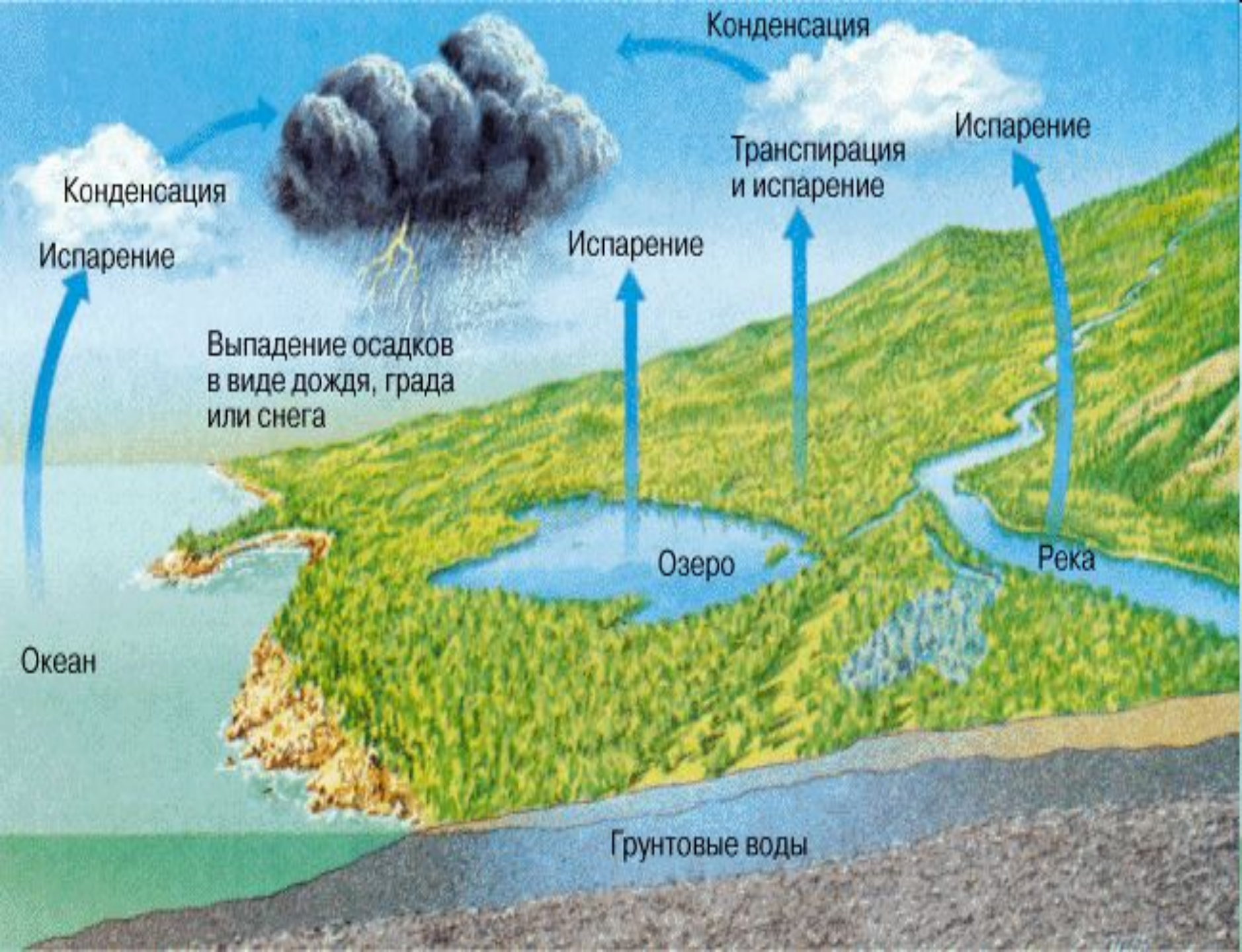
- 1. Характеристика влажности воздуха.**
- 2. Испарение и испаряемость.**
- 3. Суточный и годовой ход влажности воздуха.**
- 4. Конденсация и сублимация.**
- 5. Облака.**
- 6. Световые явления в атмосфере.**
- 7. Осадки.**
- 8. Снежный покров.**



## •1. Характеристика влажности воздуха.

• В земной атмосфере содержится около 14000 км<sup>3</sup> водяного пара. Вода попадает в атмосферу в результате испарения с поверхности Земли. В атмосфере влага конденсируется, переносится воздушными течениями и выпадает снова на земную поверхность. С водяным паром в воздухе, с его переходами из газового состояния в жидкое и твердое связаны важнейшие процессы формирования особенностей климата.

• Водяной пар сильно поглощает длинноволновую инфракрасную радиацию, которую излучает земная поверхность. В свою очередь он сам излучает такую же радиацию, которая большей частью идет к земной поверхности. Это уменьшает ночное охлаждение земной поверхности и нижних слоев воздуха. На испарение воды с земной поверхности затрачивается много тепла, при конденсации в атмосфере это тепло отдается воздуху.



- Содержание водяного пара в воздухе – влажность воздуха – характеризуется абсолютной влажностью, фактической упругостью, удельной влажностью, упругостью насыщения, относительной влажностью, дефицитом влажности, точкой росы.
- **Абсолютная влажность** – содержание в атмосфере водяного пара в граммах на 1 м<sup>3</sup> воздуха («а» г/м<sup>3</sup>).
- **Фактическая упругость водяного пара** – оказываемое им давление в миллиметрах ртутного столба или в миллибарах («е» мм рт.ст. или мб). Численные значения «а» и «е» очень близки, а при температуре +16,40С совпадают; поэтому фактическую упругость водяного пара часто называют абсолютной влажностью.

# **Абсолютная влажность воздуха $\rho$**

**показывает, сколько граммов водяного пара содержится в воздухе объёмом  $1 \text{ м}^3$  при данных условиях, т.е., чему равна плотность водяного пара.**

## ***Обратите внимание:***

- 1. По плотности водяного пара нельзя судить о степени его насыщения.***
- 2. Степень насыщения водяного пара зависит от количества водяных паров, давления и температуры.***



- **Удельная влажность  $S$**  – отношение массы водяного пара к массе влажного воздуха в том же объеме. Выражается числом граммов водяного пара в кг воздуха (г/кг). При адиабатическом расширении и сжатии воздуха, когда меняется не масса, а объем, удельная влажность остается без изменений, а абсолютная изменяется.

- **Упругость водяного пара**, насыщающего воздух (упругость насыщения),  $E_{mb}$ ,  $E_{mm}$  – предел содержания водяного пара в воздухе при данной температуре. Максимальное влагосодержание находится в прямой зависимости от температуры. Чем выше температура воздуха, тем больше водяного пар он может содержать.

- При низких температурах воздух способен содержать очень малое количество водяного пара. Поэтому понижение температуры может вызвать конденсацию.

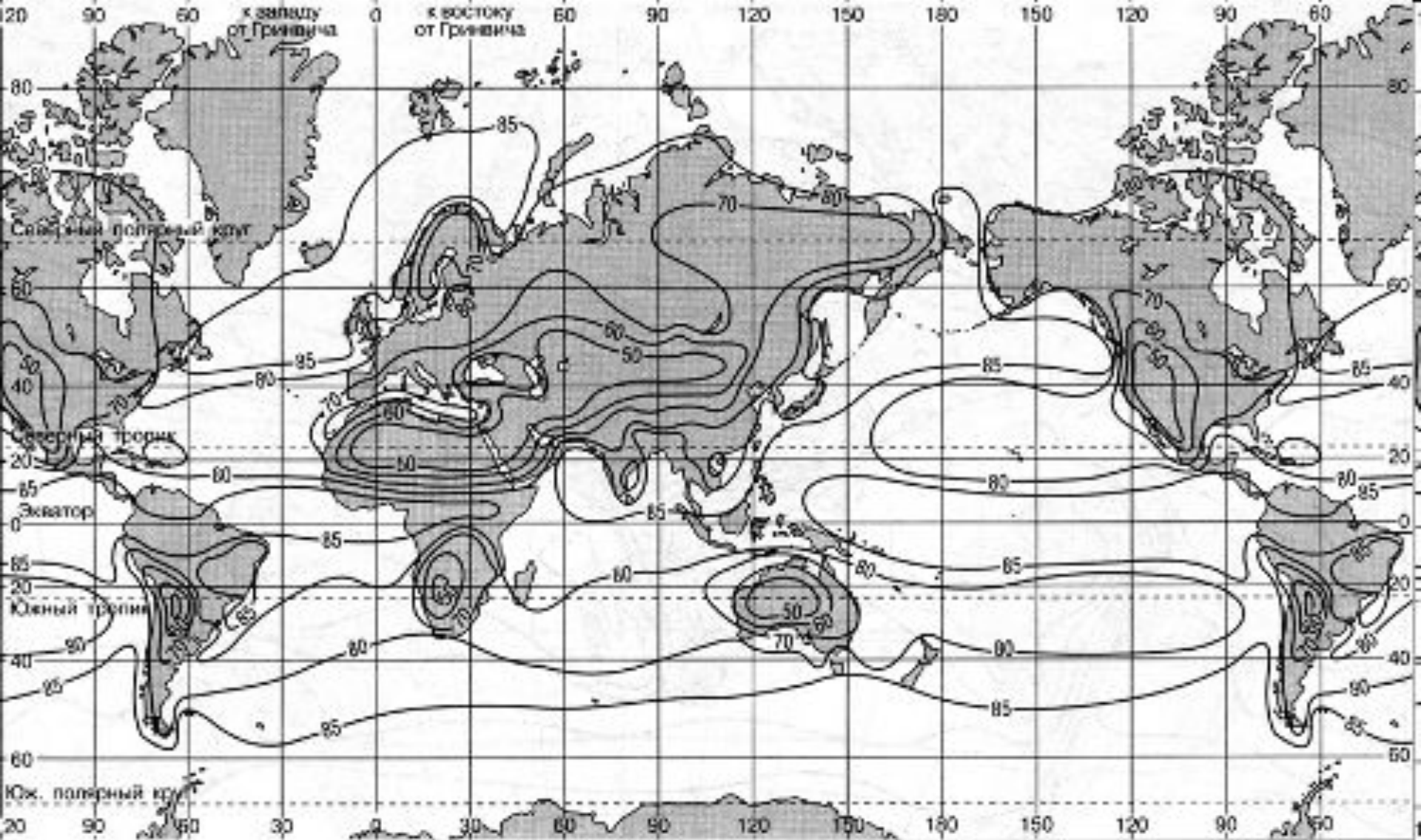
- **Относительная влажность**  $r$  – отношение фактической упругости водяного пара к упругости насыщения, выраженное в процентах:  $r = \frac{e}{E} \times 100\%$ .  
Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром. При насыщении  $E = e$ ;  $r = 100\%$ .
- **Дефицит влажности**  $D$  – недостаток насыщения при данной температуре:  $D = E - e$ .
- **Точка росы**  $T_0$  – температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар насыщает его. При  $r < 100\%$   $T_0$  всегда меньше фактической температуры воздуха.



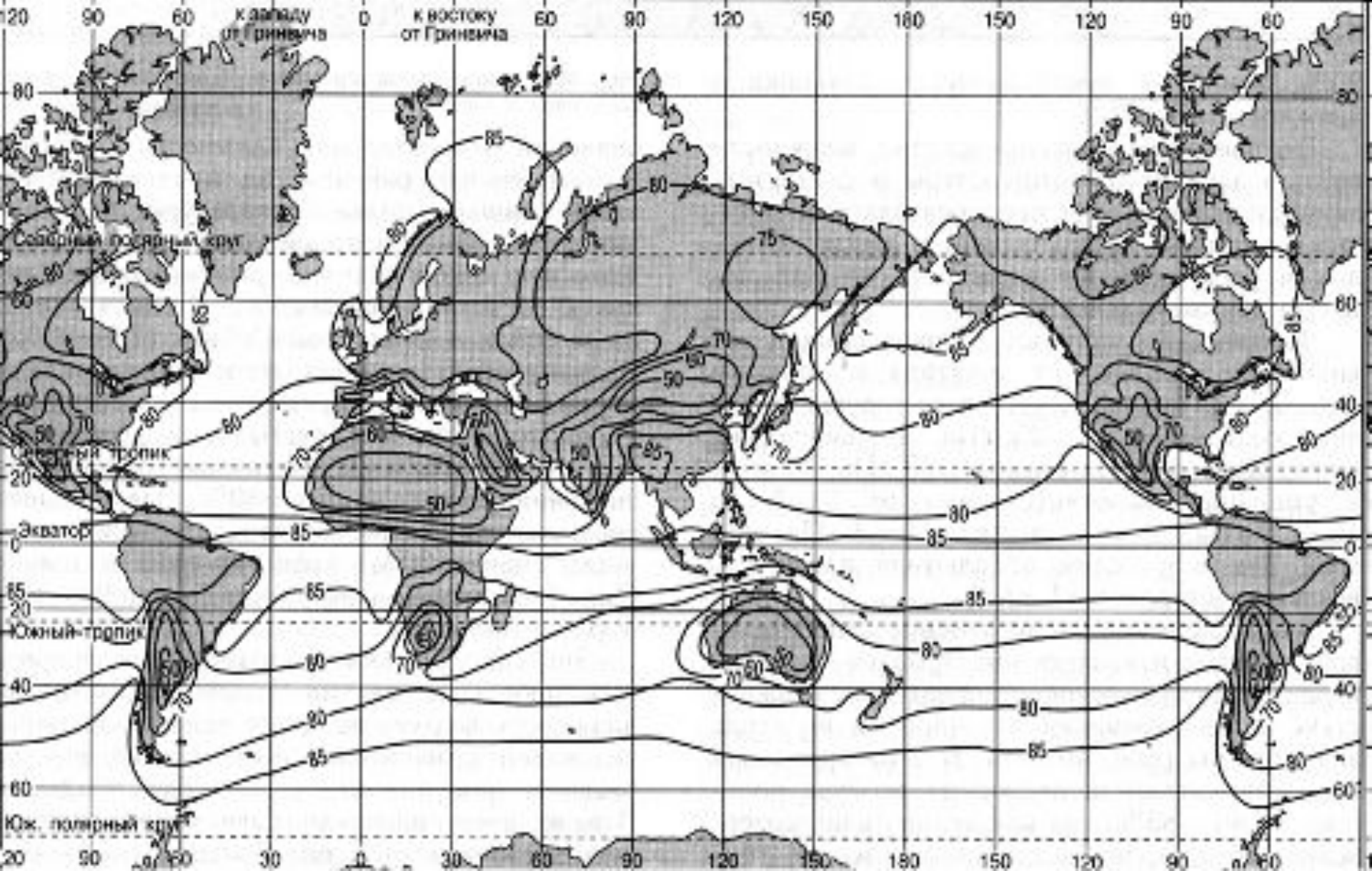
**Чтобы судить о степени влажности воздуха, важно знать, близок или далёк водяной пар от насыщения.**

**Относительной влажностью воздуха  $\varphi$  называют отношение абсолютной влажности воздуха  $\rho$  к плотности  $\rho_0$  насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженное в %.**

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100 \%$$

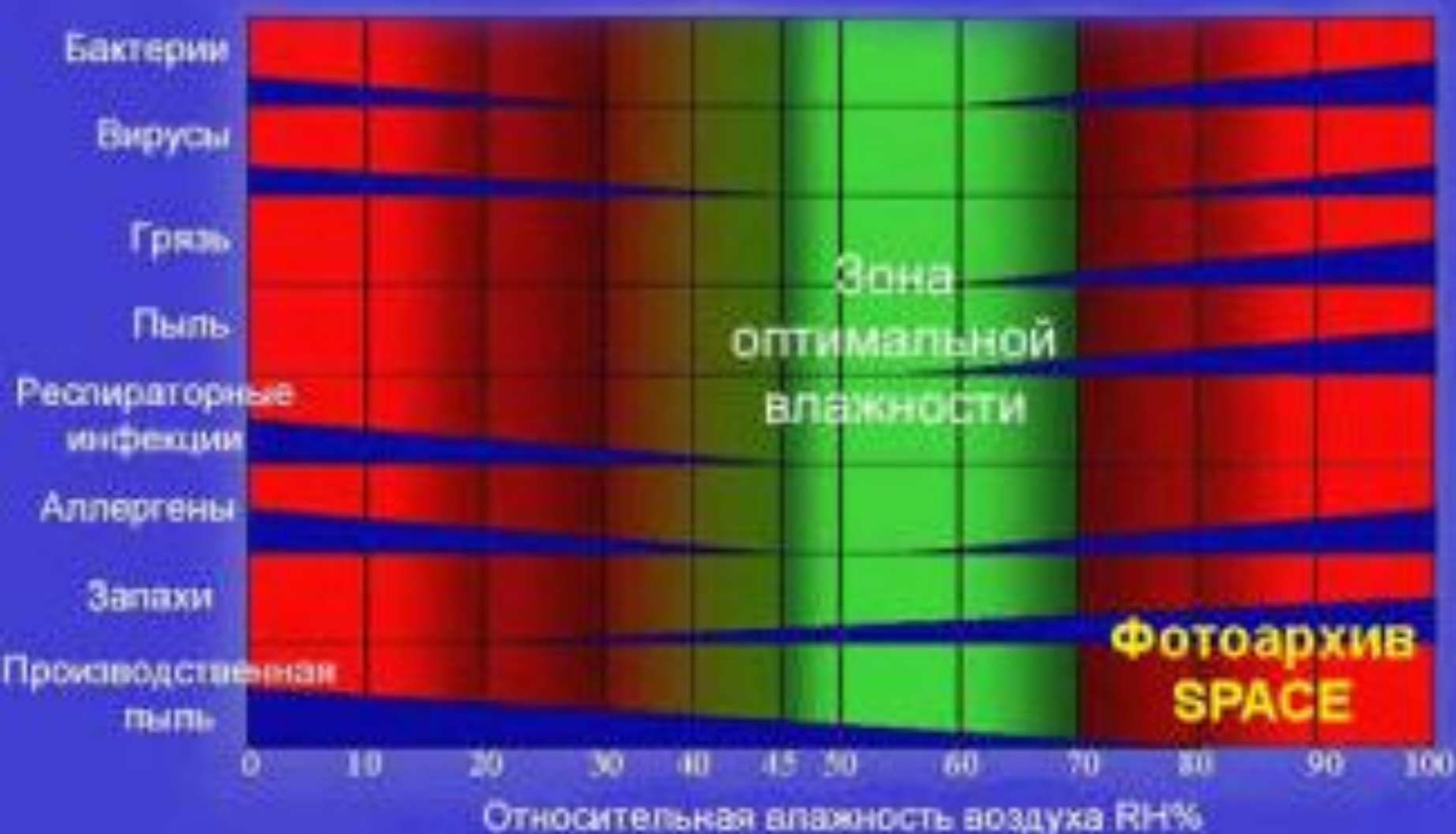


**Распределение среднемесячной относительной  
влажности в июле (%)**



- **Распределение среднемесячной относительной влажности в январе (%)**

# Относительная влажность воздуха и факторы, отрицательно влияющие на здоровье людей



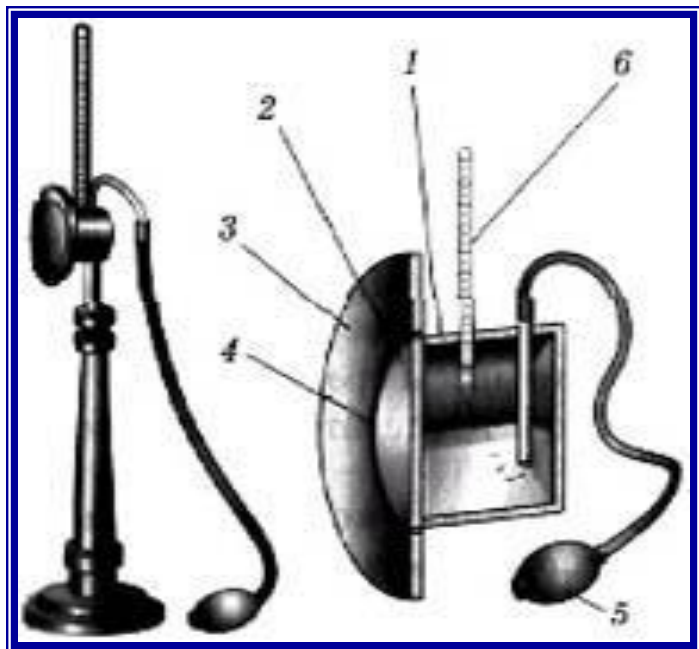
**Если влажный пар охладить, то при некоторой температуре находящийся в нём пар станет насыщенным и начнёт конденсироваться (выпадает роса, иней, появляется туман)**

**Температура**, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным, называется **точкой росы**.



# Конденсационный гигрометр

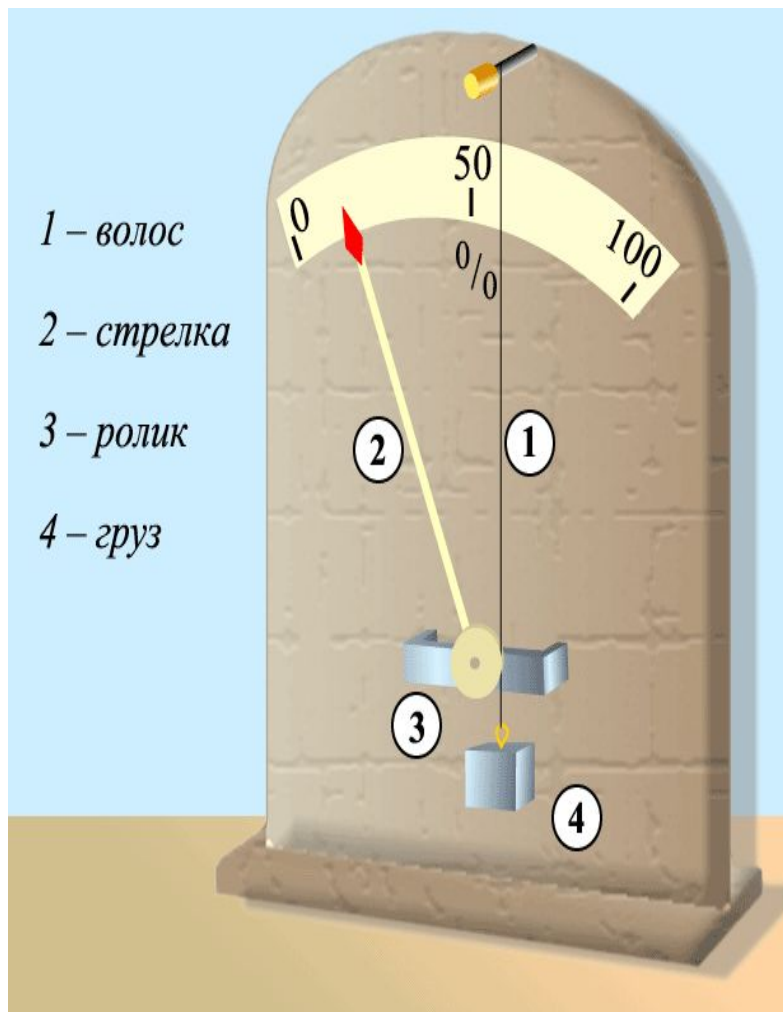
Определяет  
абсолютную влажность воздуха  
по точке росы



1. Металлическая коробочка
2. Полированная стенка
3. Полированное кольцо
4. Теплоизолированная прокладка
5. Резиновая груша
6. Термометр

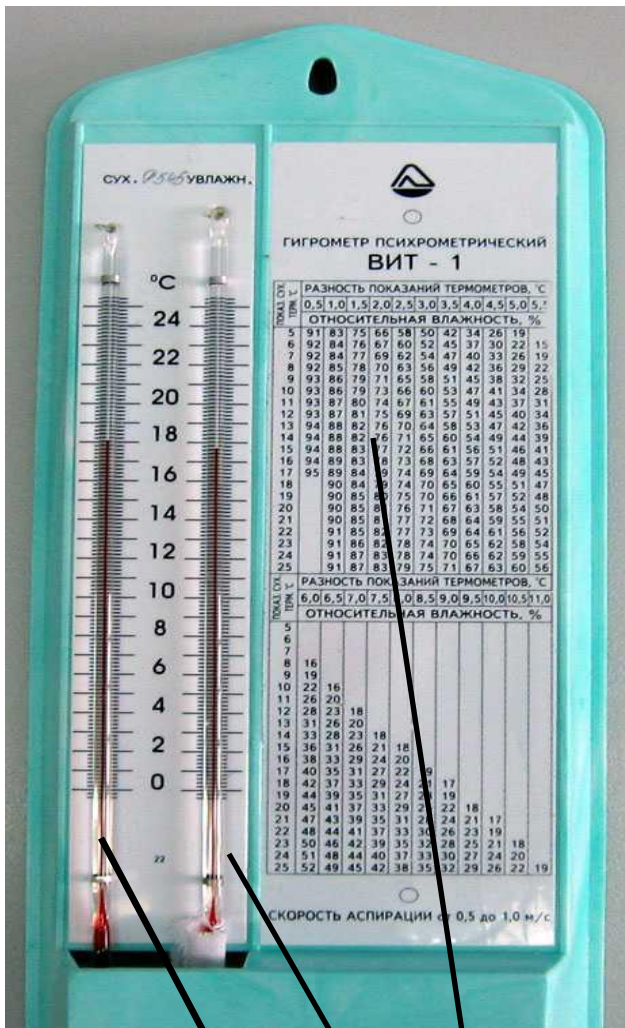
1. Налить эфир в коробку
2. Продувать грушей воздух для быстрого испарения
3. Отметить температуру, при которой на полированной стенке коробки появится роса.
4. По таблице плотности насыщенного водяного пара определить абсолютную влажность водяного пара.

# Волосной гигрометр



**Человеческий волос  
при увеличении  
влажности воздуха  
удлиняется;  
при уменьшении  
влажности воздуха  
длина волоса уменьшается.  
Стрелка, соединённая  
с натянутым волосом,  
показывает относительную  
влажность воздуха.**

# Психрометр



- 1 - «Сухой» термометр – показывает температуру воздуха
- 2 - «Влажный» термометр – показывает «точку росы»
- 3 - Психрометрическая таблица

1. Снять показания «сухого» и «влажного» термометров;
2. Определить разность показаний термометров;
3. На пересечении столбцов «температура воздуха» (по вертикали) и  $\Delta t$  (по горизонтали) найти значение относительной влажности воздуха

1 2 3



# Психрометрическая таблица

| Показания<br>сухого<br>термометра,<br>°C | Разность показаний сухого и влажного термометров, °C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|  | Относительная влажность, %                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12                                       | 100  | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 | -  |
| 13                                       | 100  | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 | 6  |
| 14                                       | 100  | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 | 9  |
| 15                                       | 100  | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 | 20 | 12 |
| 16                                       | 100  | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 | 15 |
| 17                                       | 100  | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 | 24 | 17 |
| 18                                       | 100  | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 | 20 |
| 19                                       | 100  | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 | 29 | 22 |
| 20                                       | 100  | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 |
| 21                                       | 100  | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 | 32 | 26 |
| 22                                       | 100  | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 | 28 |
| 23                                       | 100  | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 | 36 | 30 |
| 24                                       | 100  | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 |
| 25                                       | 100  | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 | 33 |

- **2.Испарение и испаряемость.**
- Водяной пар попадает в атмосферу посредством испарения с подстилающей поверхности (физическое испарение) и транспирации. Процесс физического испарения заключается в преодолении быстро движущимися молекулами воды сил сцепления, в отрыве их от поверхности и переходе в атмосферу. Чем выше температура испаряющей поверхности, тем быстрее движение молекул и тем больше их попадает в атмосферу. При насыщении воздуха водяным паром процесс испарения прекращается. Испарение зависит от дефицита влажности и от скорости ветра.
- Процесс испарения требует затрат тепла: на испарение 1 г. воды требуется 597 кал, на испарение

# Согласно законам физики

**Испарение**-процесс превращения жидкости в пар со свободной поверхности жидкости при любой температуре.

- Молекулы в жидкости непрерывно движутся.
- Если какая-нибудь молекула подойдет к поверхности и сможет вылететь из жидкости, то над жидкостью образуется пар.
- Чтобы вылететь из жидкости молекуле нужно иметь энергию, достаточную для преодоления притяжения соседних молекул.

Жидкость при испарении охлаждается, так как внутренняя энергия уменьшается.

## **Испарение зависит**

- 1) От влажности воздуха.
- 2) От вида жидкости.
- 3) От ветра.
- 4) От площади свободной поверхности.
- 5) От температуры жидкости.



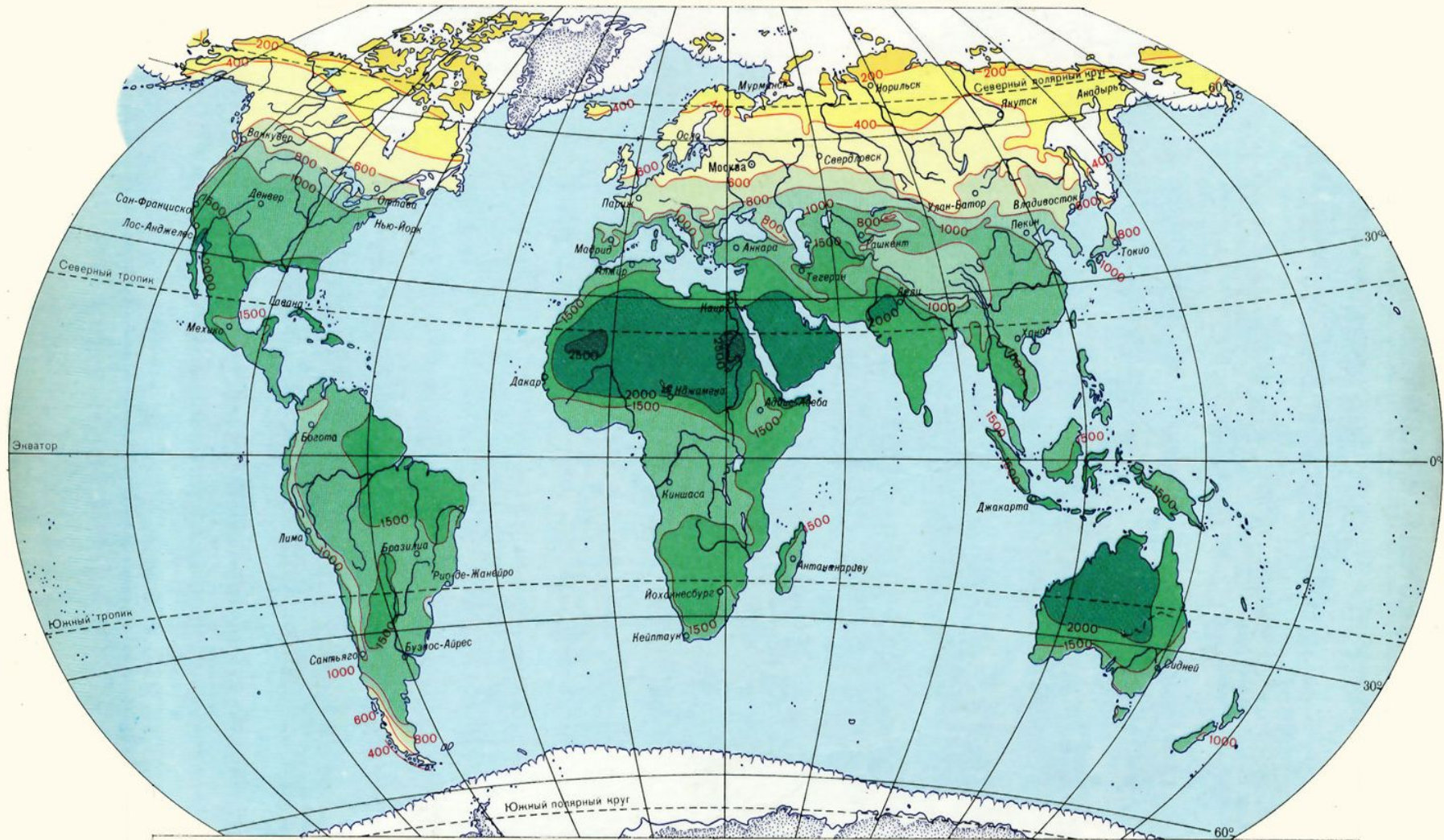
•Испарение с Океана на всех широтах значительно больше, чем испарение с суши. Максимальная величина его для Океана достигает 3000 см в год. В тропических широтах годовые суммы испарения с поверхности Океана наибольшие и в течение года оно меняется мало. В умеренных широтах максимальное испарение с Океана – зимой, в полярных широтах – летом. Максимальные величины испарения с поверхности суши составляют 1000 мм. Его различия по широтам определяются радиационным балансом и увлажнением. В целом, в направлении от экватора к полюсам в соответствии с понижением температуры испарение уменьшается.



**Средние годовые значения испарения с подстилающей поверхности (мм/год)**

• В случае отсутствия достаточного количества влаги на испаряющей поверхности испарение не может быть большим даже при высокой температуре и огромном дефиците влажности. Возможное испарение – **испаряемость** (максимально возможное испарение, не ограниченное запасами воды), в этом случае очень велико. Над водной поверхностью испарение и испаряемость совпадают. Над сушей испарение гораздо меньше испаряемости в засушливых условиях. Испаряемость характеризует величину возможного испарения с суши при достаточном увлажнении.

150° 120° 90° к западу от Гринвича 0° к востоку от Гринвича 90° 120° 150° 180° 150°



**ГОДОВАЯ ВЕЛИЧИНА ИСПАРЯЕМОСТИ В МИЛЛИМЕТРАХ**

менее 200 400 600 800 1000 1500 2000 2500 более

Области, для которых величины испаряемости не определены

Материковые льды
  Области с морскими льдами

Средняя граница плавающих льдов в период наибольшего распространения (в апреле—для северного полушария, в октябре—для южного)

Масштаб 1:150 000 000 (в 1 см 1500 км)

1500 0 1500 3000 4500 6000 7500 км

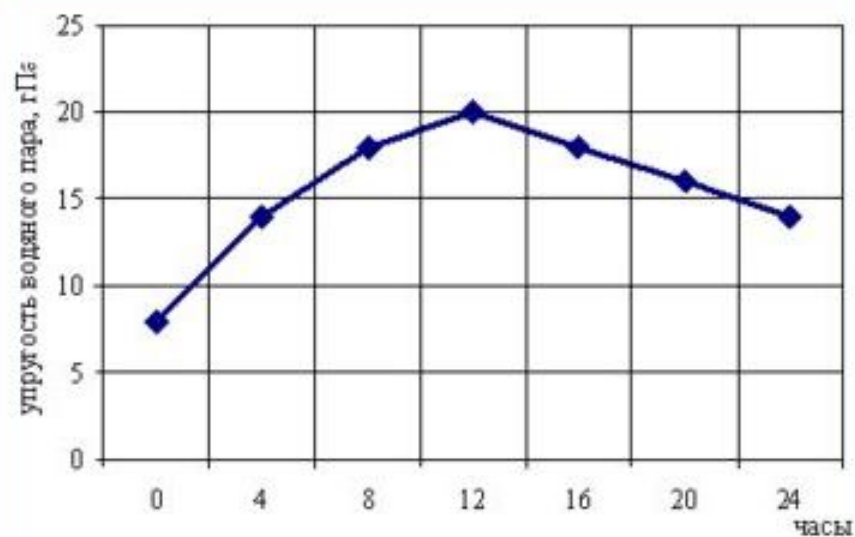
### •3. Суточный и годовой ход влажности воздуха.

Влажность воздуха постоянно изменяется в связи с изменением температуры испаряющей поверхности и воздуха, соотношения процессов испарения и конденсации, переноса влаги. Суточный ход абсолютной влажности воздуха может быть простым и двойным. Первый совпадает с суточным ходом температуры, имеет один максимум и один минимум и характерен для мест с достаточным количеством влаги. Его можно наблюдать над Океаном, а зимой и осенью – над сушей. Двойной ход имеет два максимума и два минимума и характерен для суши. Утренний максимум перед восходом Солнца объясняется очень слабым испарением (или даже его отсутствием) в ночные часы. С увеличением прихода лучистой энергии Солнца испарение растет, абсолютная влажность достигает максимума около 9 часов.

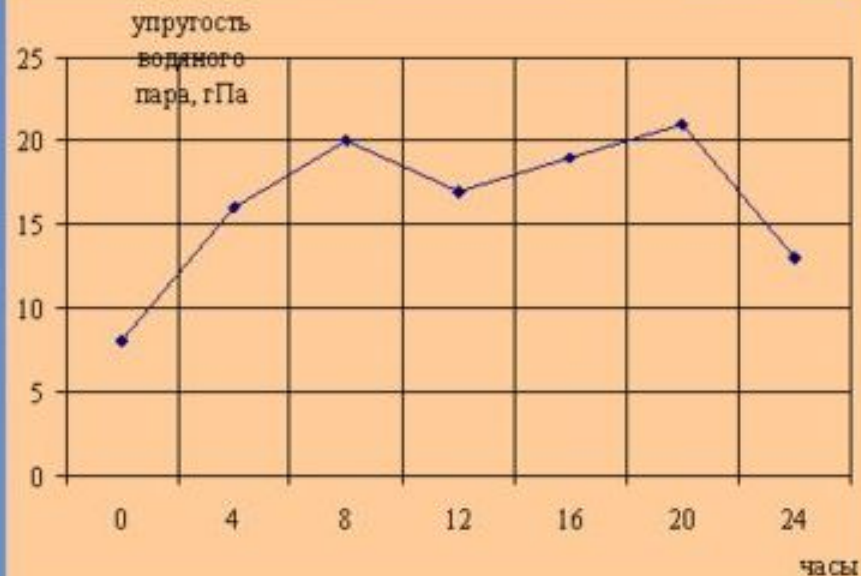


# Суточный ход абсолютной влажности

## Над океанами



## Над сушей

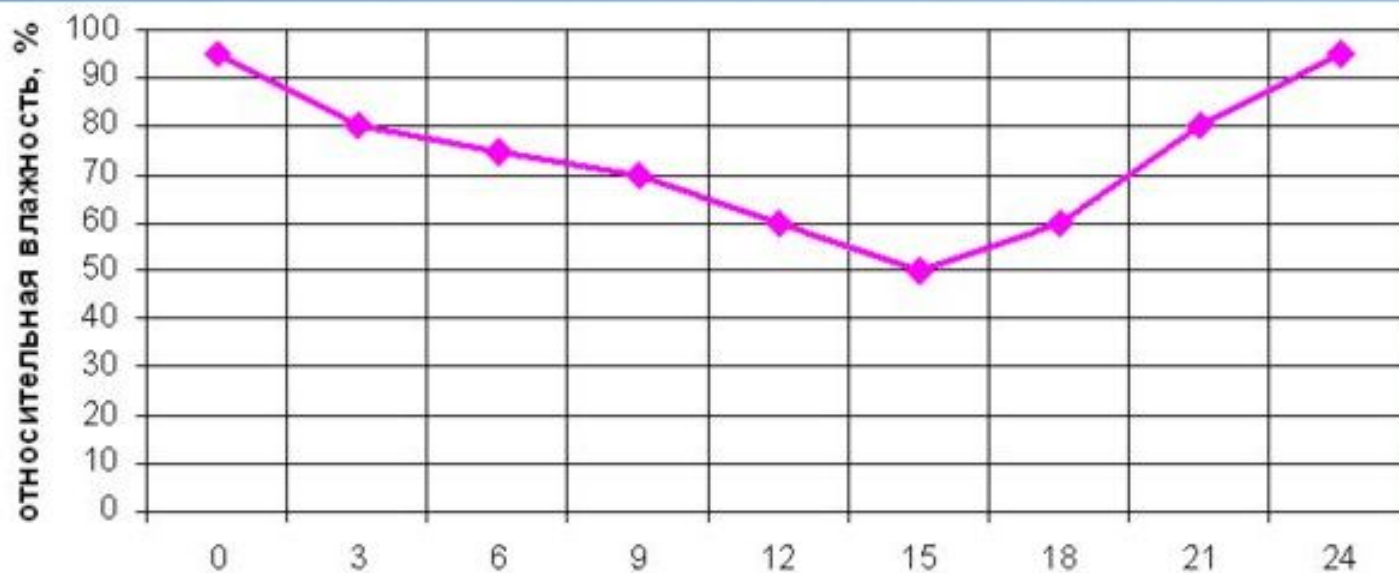


## Суточный ход относительной влажности

В суточном ходе относительной влажности наблюдаются

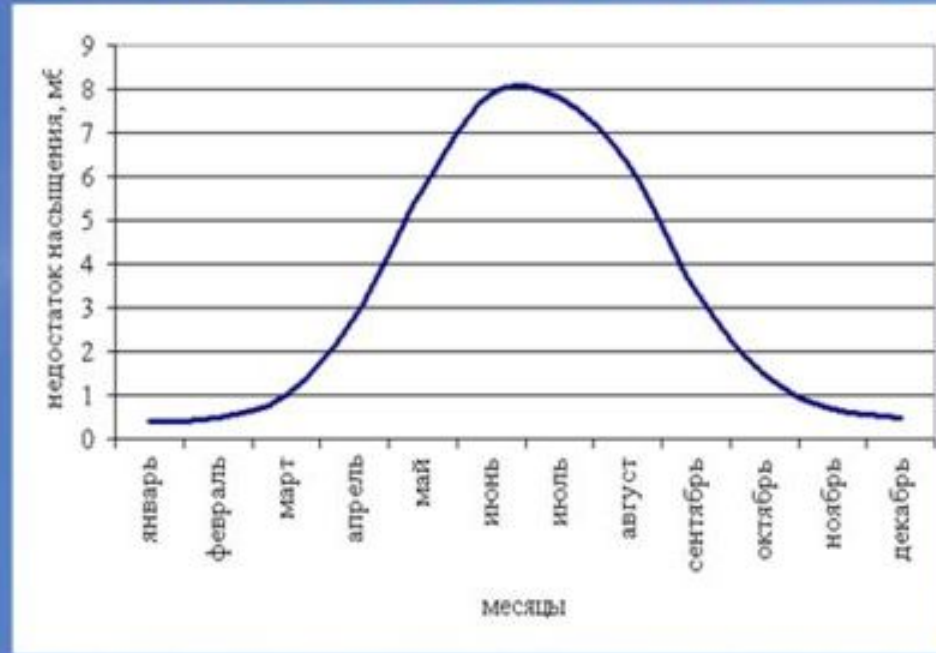
один **максимум** перед восходом Солнца

один **минимум** в 15 – 16 ч.

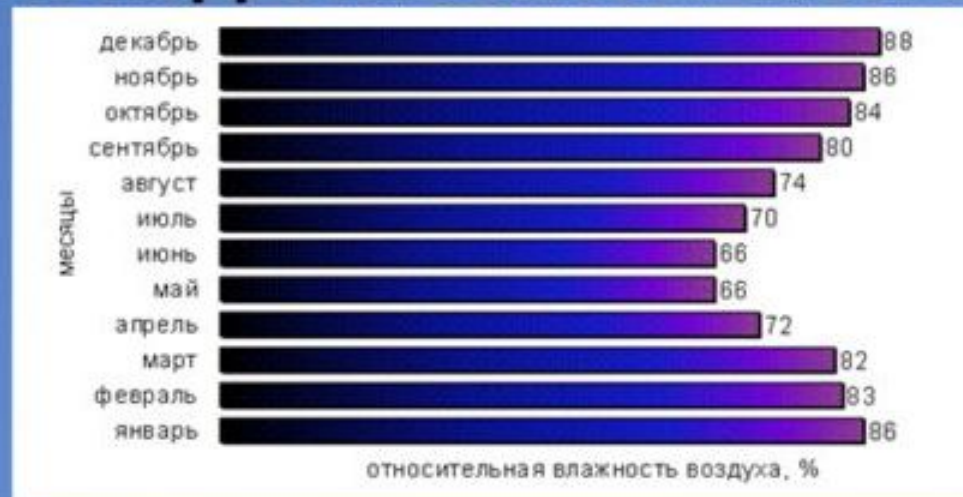


- В результате развивающаяся конвекция – перенос влаги в более верхние слои – происходит быстрее, чем поступление ее в воздух с испаряющейся поверхности, поэтому около 16 часов возникает второй минимум. К вечеру конвекция прекращается, а испарение с нагретой днем поверхности еще достаточно интенсивно и в нижних слоях воздуха накапливается влага, создавая около 20 – 21 часа второй (вечерний) максимум.
- Годовой ход абсолютной влажности также соответствует годовому ходу температуры, так как максимальное влагосодержание с повышением температуры растет быстрее абсолютной влажности. Суточный максимум относительной влажности наступает перед восходом Солнца,

# Годовой ход абсолютной влажности



# Годовой ход относительной влажности



- **Распределение абсолютной и относительной влажности по широтам.**
- **В экваториальных широтах** относительная влажность всегда высока. Абсолютная влажность здесь большая, а температуры не слишком велики из-за большой облачности (восходящие движения).
- **В тропических и субтропических широтах** (25 – 40 с. и ю. ш.) абсолютная влажность небольшая (нисходящие движения), температуры высокие, отсюда относительная влажность уменьшается до 70%.
- **В субполярных и полярных областях** относительная влажность увеличивается до 80%, т.к. температуры низкие, абсолютная влажность невелика, но отношение их свидетельствует о наличии значительного количества водяного пара, выраженного в процентах от максимального его количества при данной температуре.

# Географическое распределение влажности

**Абсолютная влажность** уменьшается от экватора к полярным широтам:

- на экваторе она равна 25 – 30 г/м<sup>3</sup>,
- в тропических широтах – 20 г/м<sup>3</sup>,
- в умеренных широтах – 5–10 г/м<sup>3</sup>,
- в полярных – около 1 г/м<sup>3</sup> воздуха.

## **Относительная влажность**

- в экваториальных и полярных широтах составляет 85–90%: на экваторе из-за большого количества осадков и испарения, а в полярных широтах из-за низких температур;
- в умеренных широтах летом относительная влажность равна 60%, зимой она возрастает до 75–80%;
- самая низкая относительная влажность в тропиках на материках – 30–40%, летом может уменьшиться до 10%.

•**4. Конденсация и сублимация.** В воздухе, насыщенном водяным паром, при понижении его температуры до точки росы или увеличения в нем количества водяного пара происходит **конденсация** – переход воды из газообразного состояния в жидкое. При температуре ниже 0 С вода может, минуя жидкое состояние, перейти в твердое. Этот процесс называется **сублимацией**.

•И конденсация и сублимация могут происходить в воздухе на **ядрах конденсации**, на земной поверхности и на поверхности различных предметов. Уровень, на котором начинается облакообразование, называется уровнем конденсации.

•При соприкосновении более теплого влажного воздуха с поверхностью охлажденных предметов, температура соприкасающегося слоя воздуха понижается до точки росы. В этом случае продукты конденсации осаждаются на поверхности твердых предметов. К явлениям такого рода относится образование росы, иней, заморозы, образование

- **Роса** – образование капелек росы является наиболее простым видом конденсации. После захода Солнца, особенно при ясной погоде, земная поверхность излучает тепло в приземный слой воздуха и довольно быстро остывает. Особенно быстро остывают травинки, листья, ветви и крупинки верхнего слоя почвы. Воздух, соприкасаясь с охлажденными предметами, сам охлаждается, и достигнув точки росы, выделяет излишек водяных паров в виде капелек росы на поверхность охлажденных предметов. Количество выделившейся росы находится в прямой зависимости от степени влажности воздуха и степени охлаждения предметов. В умеренных широтах за ночь роса дает 0,1 – 0,3 мм, а за год 10 – 50 мм влаги.



• **Иней.** Если охлаждение паров происходит при температуре ниже 0 С, то вместо капелек росы образуются ледяные кристаллики, известные под названием инея. Если при образовании росы выделяется скрытая теплота, при образовании инея тепло, наоборот, поглощается.

• **Изморозью** называется слой белого рыхлого льда, оседающий в холодное время на телеграфных проводах, тонких ветвях деревьев из воздуха, насыщенного влагой.

• **Жидкий и твердый налет** – тонкая водяная или ледяная пленка, образующаяся на поверхности предметов при смене холодной погоды на теплую, в результате соприкосновения влажного и теплого воздуха с охлажденной поверхностью. Особенно часто этот процесс проявляется в горах, где на скалах, телеграфных столбах ледяной налет нередко достигает 50 см.



**Иней** – твердый белый осадок, появляющийся в случае заморозков на почве. При этом водяной пар, соприкасаясь с холодной поверхностью, имеющей отрицательную температуру, сублимируется на ней в виде кристаллов.



при образовании росы среднесуточная температура воздуха и точка росы положительные, при образовании инея среднесуточная температура положительная, а точка росы отрицательная.

• После сильных морозов на поверхности почвы, на дороге, на стенах и на деревьях очень часто образуется осадок в виде гладкого прозрачного ледяного слоя. Это явление известно под названием **гололед и гололедица**. Причиной его может быть также переохлажденный, или «ледяной» дождь. Он бывает в тех случаях, когда температура нижних слоев воздуха значительно ниже температуры тех слоев, где образуются капли дождя. При этих условиях капли падают на землю переохлажденными и тут же замерзают.



**Гололёд,  
Гололёд,  
Гололедица  
–  
Молодого  
мороза  
Наследница**

## **Конденсация и сублимация в свободной атмосфере.**

Воздух в различных слоях атмосферы охлаждается от подъема вверх, от встречи с холодными воздушными течениями и путем излучения тепла в окружающее пространство. Во всех случаях относительная влажность увеличивается. В конечном итоге происходит перенасыщение, т.к. температура оказывается равной точке росы. Эта граница называется уровнем конденсации. Выше при наличии ядер конденсации происходит образование облаков. Нижняя граница облаков практически совпадает с уровнем конденсации. Верхняя граница облаков определяется уровнем конвекции – границы распространения восходящих токов воздуха. Она часто совпадает с задерживающими слоями.

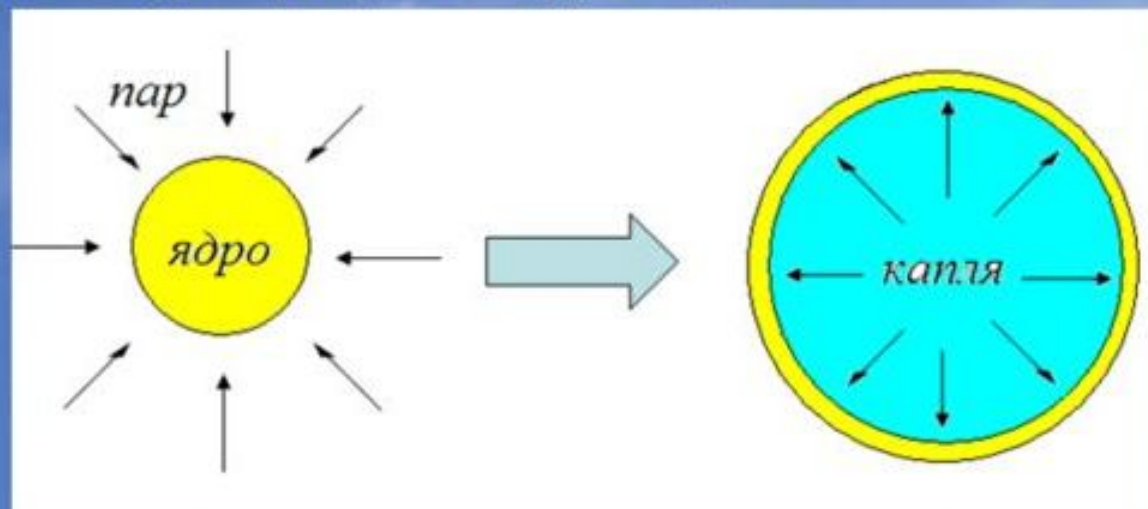
- Исследования показали, что для образования мельчайших капелек или ледяных кристалликов необходимо присутствие в воздухе твердых, жидких или газообразных частиц, около которых может начаться конденсация.
- Эти мельчайшие частички, около которых начинают оседать мельчайшие водяные капельки или кристаллики льда, называются **ядрами конденсации** (сублимации). Если зародыш капельки возникает без ядра, он оказывается неустойчивым. Роль ядра конденсации заключается в том, что вследствие своей гигроскопичности оно увеличивает устойчивость образовавшегося зародыша капельки.

# Словарь

- Ядра конденсации- жидкие или твердые частички, взвешенные в атмосфере, на которых начинается конденсация водяного пара и образуются капельки облаков и туманов (ионы, капельки воды, пылинки, частички сажи и др. )



**Ядра конденсации** – мельчайшие частички растворимых и нерастворимых в воде веществ. Они являются центрами, вокруг которых происходит процесс конденсации.



• Важнейшими ядрами являются частички растворимых гигроскопичных солей, особенно морской соли, которая всегда обнаруживается в виде осадков, продукты горения или органического распада. Частицы морской соли попадают в воздух в больших количествах при волнении моря и разбрызгивании морской воды и при последующем испарении капелек в воздухе. Пузырьки морской пены на гребнях волн наполнены воздухом, и когда они лопаются, происходит разбрызгивание. Разрыв только одного пузырька диаметром в 0,5 см дает 1000 капелек, которые испаряются в воздухе. От каждой капельки остаются мельчайшие частицы соли, вокруг которых и происходит конденсация и сублимация. Гигроскопические ядра также попадают в атмосферу при распылении почвы.



- Конденсация происходит и на гигроскопических твердых частицах, капельках, являющихся продуктами сгорания или органического распада. В промышленных центрах в атмосфере содержится особенно большое количество таких ядер конденсации.

- Возникшие таким образом ядра конденсации имеют размеры порядка десятых и сотых долей микрона, а наиболее крупные – до 1 микрона и более. Ядра конденсации вследствие своих размеров не оседают сами и переносятся воздушными потоками на большие расстояния. При этом, вследствие своей гигроскопичности, они часто плавают в атмосфере в виде мельчайших капелек. При повышении относительной влажности капельки начинают расти, а при значениях влажности около 100%, они превращаются в видимые капельки облаков и туманов.

- Конденсация водяного пара в свободной атмосфере сопровождается образованием облаков и туманов.

- **Туман** – это скопление продуктов конденсации в атмосфере у земной поверхности.
- В том случае, когда помутнение вызвано не продуктами конденсации, а содержанием в воздухе большого количества твердых коллоидных частиц, явление называется **мгл**ой.
- Мгла особенно часто наблюдается в результате пыльных бурь, задымления воздуха при лесных пожарах и над промышленными центрами.
- При этом относительная влажность может
- быть невелика. Дальность видимости при
- сильной мгле может уменьшаться значительно.





- Опасное явление представляет собой **смог** – дымный туман в больших городах или индустриальных центрах. Это сильный туман, смешанный с дымом, часто ядовитым, или выхлопными газами автомашин. При смоге в Лондоне наблюдалось резкое увеличение смертности от болезней дыхательных путей и сердечнососудистой системы. В декабре 1962 г. концентрация сернистого ангидрита при смоге в Лондоне превышала норму в 14 раз. Достаточно опасны для людей смоги в Лос-Анжелесе, где огромные объемы выхлопных газов, а топография поверхности способствует застою воздуха и образованию туманов.
- При густом тумане дальность видимости может уменьшиться до нескольких метров. При положительных температурах туман будет состоять из капелек, при низких до минус 80 – из переохлажденных капелек. И лишь при температуре ниже минус 100 в тумане наряду с каплями воды образуется и кристаллики



## СМОГ

Смог (от англ. smoke — дым и fog — туман) — один из видов загрязнения воздуха в крупных городах и промышленных центрах.

Первоначально под смогом подразумевался дым, образованный сжиганием большого количества угля (смешение дыма и диоксида серы  $SO_2$ ). В 1950-х гг. был впервые описан новый тип смога — фотохимический, который является результатом смешения следующих загрязнителей воздуха:

оксиды азота, например, диоксид азота (продукты горения ископаемого топлива); тропосферный озон; летучие органические вещества (пары бензина, красок, растворителей, пестицидов и других химикатов); перекиси нитратов.

Все перечисленные химикаты обычно обладают высокой химической активностью и легко окисляются, поэтому фотохимический смог считается одной из основных проблем современной цивилизации.

# КЛАССИФИКАЦИЯ

Смог бывает следующих типов:

Влажный смог лондонского типа - сочетание тумана с примесью дыма и газовых отходов производства.

Ледяной смог аляскинского типа - смог, образующийся при низких температурах из пара отопительных систем и бытовых газовых выбросов.

Радиационный туман - туман, который появляется в результате радиационного охлаждения земной поверхности и массы влажного приземного воздуха до точки росы.

Обычно радиационный туман возникает ночью в условиях антициклона при безоблачной погоде и легком бризе.

Часто радиационный туман возникает в условиях температурной инверсии, препятствующей подъему воздушной массы.

В промышленных районах может возникнуть крайняя форма радиационного тумана.

# КЛАССИФИКАЦИЯ

- Сухой смог лос-анджелесского типа - смог, возникающий в результате фото- химических реакций, которые происходят в газовых выбросах под действием солнечной радиации; устойчивая синеватая дымка из едких газов без тумана.

Фотохимический смог - смог, основной причиной возникновения которого считаются автомобильные выхлопы. Автомобильные выхлопные газы и загрязняющие выбросы предприятий в условиях инверсии температуры вступают в химическую реакцию с солнечным излучением, образуя озон. Фотохимический смог может вызвать поражение дыхательных путей, рвоту, раздражение слизистой оболочки глаз и общую вялость. В ряде случаев в фотохимическом смоге могут присутствовать соединения азота, которые повышают вероятность возникновения раковых заболеваний.



# • ФОТОХИМИЧЕСКИЙ СМОГ

- Фотохимический туман представляет собой многокомпонентную смесь газов и аэрозольных частиц первичного и вторичного происхождения. В состав основных компонентов смога входят озон, оксиды азота и серы, многочисленные органические соединения перекисной природы, называемые в совокупности фотооксидантами. Фотохимический смог возникает в результате фотохимических реакций при определенных условиях: наличии в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводородов и других загрязнителей, интенсивной солнечной радиации и безветрие или очень слабого обмена воздуха в приземном слое при мощной и в течение не менее суток повышенной инверсии. Устойчивая безветренная погода, обычно сопровождающаяся инверсиями, необходима для создания высокой концентрации реагирующих веществ.

- Такие условия создаются чаще в июне - сентябре и реже зимой. При продолжительной ясной погоде солнечная радиация вызывает расщепление молекул диоксида азота с образованием оксида азота и атомарного кислорода. Атомарный кислород с молекулярным кислородом дают озон. Казалось бы, последний, окисляя оксид азота, должен снова превращаться в молекулярный кислород, а оксид азота - в диоксид. Но этого не происходит. Оксид азота вступает в реакции с олефинами выхлопных газов, которые при этом расщепляются по двойной связи и образуют осколки молекул, и избыток озона. В результате продолжающейся диссоциации новые массы диоксида азота расщепляются и дают дополнительные количества озона. Возникает циклическая реакция, в результате которой в атмосфере постепенно накапливается озон.

## Смог и Лондон

Проблема задымления Лондона существовала уже в Средние века. В 1273 году английский король Эдуард 1 издал указ, запрещающий использовать уголь в городе из-за сильного дыма, создаваемого им при горении. В 1661 году английский писатель Джон Эвелин в своём памфлете «Fumifugium» (букв. «окуривание») предложил жечь ароматические полена вместо угля и перенести часть производств за пределы Лондона.

Смог стал неотъемлемой частью Лондона в конце 19 века и получил название «rea-souper» (то есть похожий на гороховый суп — густой и жёлтый).

От Великого смога в 1952 году скончалось более 4000 человек, ещё 8000 человек погибло в последующие несколько месяцев, причём британское правительство первое время отказывалось признать факт того, что эти смерти стали последствием смога от обильного сжигания угля, приписывая их эпидемии гриппа.

В настоящее время в Лондоне такие сильные смоги стали частью прошлого из-за активной политики по защите окружающей среды.



- **Великий смог** (1952 г.) окутал Лондон 5 декабря 1952 года и рассеялся только к 9 декабря того же года. Случившееся стало настоящей катастрофой, в результате погибло несколько тысяч человек, что послужило, как считается, отправной точкой современного природоохранного движения.

В начале декабря 1952 года холодный туман опустился на Лондон. Из-за холода горожане стали использовать для отопления уголь в большем количестве, чем обычно. Примерно к этому же времени завершился процесс замены городского электротранспорта на автобусы с дизельным двигателем. Запертые более тяжелым слоем холодного воздуха, продукты горения в воздухе в считанные дни достигли чрезвычайной концентрации. Туман был таким густым, что препятствовал движению автомобилей. Были отменены концерты, прекращена демонстрация кинофильмов, поскольку смог легко проникал внутрь помещений. Зрители иногда попросту не видели сцену или экран из-за плотной завесы.

Поначалу реакция горожан была спокойной, поскольку в Лондоне туманы не редкость. В последующие недели, однако, статистические данные, собранные медицинскими службами города, выявили смертоносный характер бедствия — количество смертей среди младенцев, престарелых и страдающих респираторными заболеваниями достигло четырёх тысяч человек. Ещё около восьми тысяч человек умерло в последующие недели и месяцы.



## ПОСЛЕДСТВИЯ СМОГА

Особенно опасен смог, когда из-за погодных условий пелена висит на одном месте, не рассеиваясь. Последствия для здоровья людей могут быть весьма тяжелыми. Как установили патологоанатомы, поверхность органов дыхания жителей крупных промышленных городов не нормального розового цвета, а покрыта темным налетом. Смог является большой проблемой во многих мегаполисах мира. Он особенно опасен для детей, пожилых людей и людей с пороками сердца и лёгких, больных бронхитом, астмой, эмфиземой. Смог может стать причиной одышки, затруднения и остановки дыхания, головных олей, кашля. Также он вызывает воспаление слизистых оболочек глаз, носа и гортани, снижение иммунитета. Во время смога часто повышается количество госпитализаций, ремиссий смерти от респираторных и сердечных заболеваний.

## СРАВНЕНИЕ СМОГОВ ЛОС-АНДЖЕЛЕСА И ЛОНДОНА

| Характеристика                    | Лос-Анджелес   | Лондон  |
|-----------------------------------|--|---|
| Температура воздуха               | От 24 до 32° С   | От -1 до 4° С                                     |
| Относительная влажность           | <70%   | 85% (+ туман)                                     |
| Инверсия температуры              | На высоте 1000 м   | На высоте нескольких сотен метров                 |
| Скорость ветра                    | < 3м/с   | Безветренно                                       |
| Видимость                         | <0,8–1,6 км  | <30 м   |
| Месяцы наиболее частого появления | Август – сентябрь  | Декабрь – январь                                  |
| Основные топлива                  | Бензин   | Уголь (и бензин)                                  |
| Основные составляющие             | O <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , CO, органические вещества | Мелкие частицы, SO <sub>2</sub> , соединения серы |
| Тип химических реакций            | Окисление  | Восстановление                                    |
| Время максимального сгущения      | Полдень  | Раннее утро                                       |
| Основное воздействие на здоровье  | Раздражение глаз, нарушение дыхание                              | Раздражение дыхательных путей                     |
| Наиболее повреждаемые материалы   | Резина   | Железо, бетон                                     |

• **Условия образования туманов.** Туман возникает в том случае, когда у земной поверхности создаются благоприятные условия для конденсации водяного пара. Нужные для этого ядра конденсации существуют в воздухе всегда. Однако, в больших промышленных центрах содержание в воздухе ядер конденсации, причем крупных, резко возрастает. Поэтому повторяемость и плотность туманов в больших городах больше, чем в загородных местностях.

• Вследствие гигроскопичности ядер конденсации образование тумана начинается при относительной влажности меньше 100%, т.е. еще до достижения точки росы.

• Приближение к состоянию насыщения происходит преимущественно в результате охлаждения воздуха (туманы охлаждения). Второстепенную роль играет возрастание влагосодержания воздуха вследствие испарения с теплой поверхности в холодный воздух (туманы испарения).

• В зависимости от причин образования туманы делятся на два основных класса: туманы охлаждения и туманы испарения.

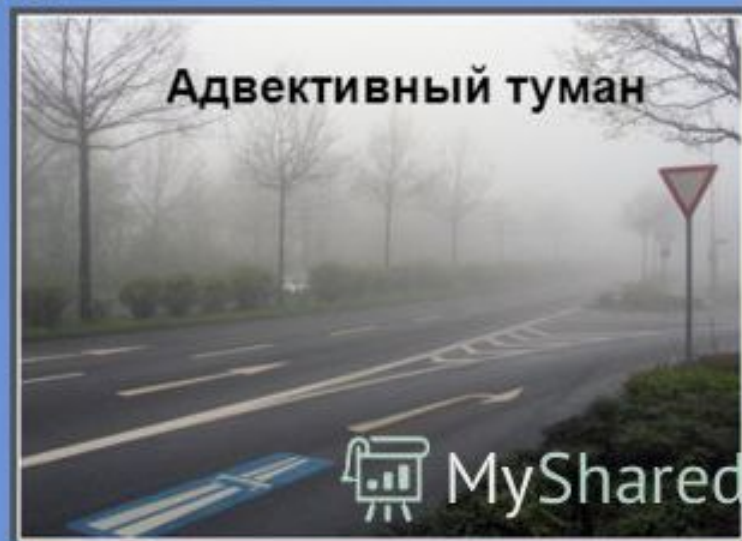
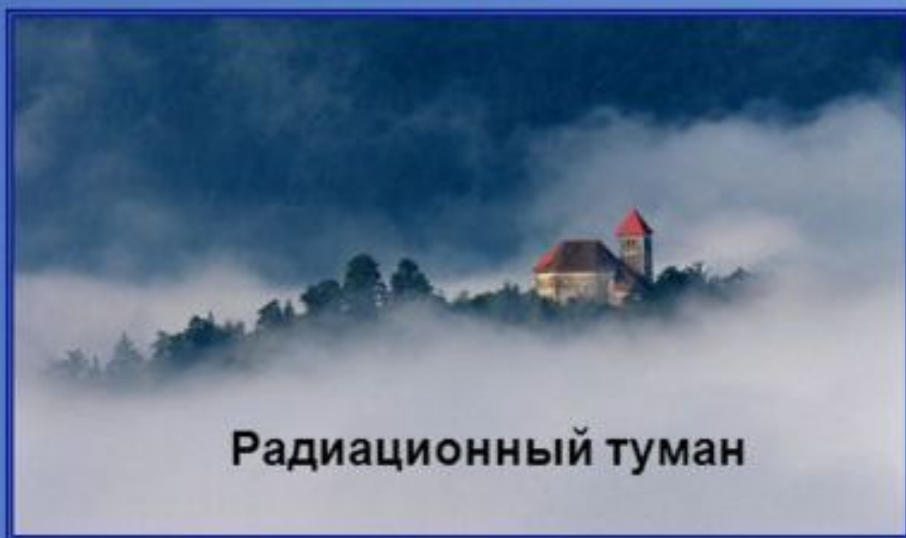
• **Туманы охлаждения** наиболее распространены. Охлаждение у земной поверхности происходит вследствие влияния самой поверхности. Охлаждение может происходить при разных условиях.

• **Во-первых**, воздух может перемещаться с более теплой подстилающей поверхности на более холодную и охлаждаться. Туманы, которые при этом возникают *называются адвективными туманами* (адвекция – перенос в горизонтальном направлении воздуха, а вместе с ним и ряда его качеств).

• **Во-вторых**, воздух может охлаждаться потому, что сама подстилающая поверхность под ним охлаждается радиационным путем. Такие туманы называются радиационными туманами. Речь идет о радиационном охлаждении поверхности почвы, снежного покрова, а не воздуха, т.к. воздух охлаждается уже от земной поверхности.

**Туманы охлаждения** появляются в результате радиационного охлаждения поверхности, а от нее и воздуха, ночью в малооблачную погоду. Такие туманы называются **радиационными**.

**Адвективные туманы** появляются в результате вторжения теплой воздушной массы на холодную подстилающую поверхность: при этом теплый воздух охлаждается до точки росы. Наиболее холодными становятся нижние слои воздуха, создается инверсия и устойчивая стратификация воздуха.



• *Радиационные туманы* подразделяются на два вида: поземные и высокие. Поземные туманы наблюдаются только над сушей в ясные ночи со слабым ветром. Они связаны с ночным радиационным выхолаживанием почвы или снежного покрова. Вверх они распространяются невысоко, до нескольких десятков метров. Распределение их носит локальный характер, они могут возникать участками, особенно в низинах, вблизи болот, на лесных полянах. Над реками они не возникают вследствие конвекции над теплой (в ночные часы) водой. Туманы образуются в ясную погоду, но должен быть небольшой ветер, т.к. он создает турбулентность, которая способствует распространению охлаждения и росту тумана вверх. Поземные туманы возникают в слое приземной инверсии и после восхода Солнца исчезают вместе с ней.

- Высокие радиационные туманы могут наблюдаться и над сушей, и над морем в холодное время года. Вследствие турбулентного переноса водяного пара вверх, на высоте нескольких сотен метров развиваются облака. Затем эти облака распространяются сверху вниз до земной поверхности и тогда их уже называют высоким радиационным туманом. Такой туман может сохраняться неделями над большими районами, захватывая их целиком.

- ***Туманы испарения*** возникают чаще всего осенью и зимой в холодном воздухе над более теплой открытой водой. С более теплой поверхности в холодный воздух происходит испарение. Над сушей они появляются вечером или ночью над реками и озерами, куда стекает воздух, охлажденный над соседними участками суши.

***Туманы испарения*** возникают при наличии более теплой поверхности по сравнению с воздухом. Пары воды при поступлении в воздух охлаждаются и конденсируются. Зимой туманы испарения появляются над открытыми водными пространствами – полыньями, водопадами, теплыми течениями.





- Туман испарения может возникать также вечером во время или после дождя, когда почва увлажнена и сильно испаряет, а температура воздуха падает. Над морем в полярных широтах туманы испарения возникают над полыньями или над открытой водой у кромки льда, куда переносится воздух с ледяного покрова. Зимой они наблюдаются над внутренними морями (Балтийское и Черное), при переносе на них холодных воздушных масс с суши. Туман испарения обычно клубится и быстро рассеивается, т.к. нагревается снизу от теплой воды. Но если причина туманообразования сохраняется долго, то и туман также сохраняется.

• **В суточном ходе туманы** на равнине имеют максимум интенсивности и повторяемости утром. На высоких уровнях в горах туманы распределяются в течение суток равномерно или имеют слабый максимум в послеполуденные часы. Причина этого явления в особых условиях образования туманов в горах. Горный туман, по существу, представляет собой облако, возникающее в связи с восходящим движением воздуха по горным склонам. Этот туман, связанный с адиабатическим охлаждением воздуха, выделяется в особый тип тумана склонов. **(Адиабатический процесс** проходит без теплообмена с окружающей средой. Если масса воздуха в атмосфере адиабатически расширяется, то давление в ней падает, а вместе с ним падает и температура. Если воздух адиабатически сжимается, то давление и температура растут).

## Суточный и годовой ход туманов

Минимум повторяемости туманов наблюдается днем, максимум – ночью и утром.

В годовом ходе

над континентами максимум образования туманов характерен для зимнего сезона,

над морями – для весны, когда поверхность морей наиболее холодная.

- **Географическое распределение туманов.**
- Часта повторяемость туманов в Арктике: число дней в году с туманом может превышать 80.  
Причина: 1) перенос теплых воздушных масс на холодную поверхность льда (адвективные туманы) и 2) перемещение холодного воздуха со льда или с холодной суши на открытую воду (туманы испарения).
- В умеренных широтах северного полушария частыми туманами отличается район о. Ньюфаундленд (до 80 дней и более).
- В субтропических широтах южного полушария часты туманы в прибрежных пустынях Атакама и Намиб (до 80 дней и более). Теплый воздух, поднимаясь, попадает на холодные океанические

# География туманов

Наиболее часты туманы в Арктике (до 80 дней);

В умеренных широтах наибольшее число дней с туманами наблюдается около острова Ньюфаундленд (80 дней), над Курильскими островами (40 дней);

Над сушей в умеренных широтах повторяемость дней с туманами небольшая – 10–20 дней, в центрах материков – меньше.

В тропических широтах у западных берегов материков отмечается до 40 дней с туманами, в пустынях в центре материков до 5 дней.

В экваториальных широтах наблюдается до 20 дней с туманами.

- Выше средней повторяемость туманов в средней Европе, на берегах Калифорнии, на атлантическом побережье Южной Америки, на Мадагаскаре. В этих областях высокая повторяемость туманов объясняется термическими особенностями подстилающей поверхности, над которой проходят преобладающие воздушные течения.
- Незначительное количество туманов во внутренних частях материков, особенно в пустынях, где содержание водяного пара в воздухе невелико, а температуры высоки (нисходящее движение воздуха).

