

# Лекция 1

**Цель дисциплины  
«Гидрометеорологическое  
обеспечение мореплавания»,  
Состав и строение атмосферы.  
Основные характеристики  
воздуха.**

1. Цель дисциплины «Гидрометеорологическое обеспечение мореплавания»
2. Состав и строение атмосферы.
3. Основные характеристики воздуха.

# Суть дисциплины «Гидрометеорологическое обеспечение мореплавания»

- Дисциплина « Гидрометеорологическое обеспечение судоходства» базируется на дисциплинах «Физика», «Математика», «География водных путей» и является базовой при изучении дисциплин «Навигация и Лоция», « Маневрирование и управление судном».

# Основные функции, выполняемые флотом

Перевозка грузов и пассажиров

Добыча рыбы и морепродуктов

Разведка и добыча энергоносителей

Спасение на море

Круизы

Строительство гидротехнических сооружений

# Влияние гидрометеорологических факторов на деятельность флота

Ремонт

Элементы ремонтных работ

Направление и скорость ветра

Заводка и вывод судна из дока, покраска

Опасность навала на док, несоблюдение технологии покраски

Температура и влажность воздуха и окрашиваемой поверхности

Покраска

Качественная окраска предохраняет корпус от коррозии, препятствует обрастанию, что влияет на ходкость судна

Осадки

Сварочные работы

Невозможность сварки при дожде и снеге



# Погрузка

Ветер

Температура воздуха

Волнение и приливо-отливные явления

Осадки

Ограничения в работе грузовых устройств судна и порта

Учет при погрузке наливных и навалочных грузов

Безопасность стоянки судна

Невозможность погрузки грузов, кроме наливных и контейнеров

При изменении температуры в ходе плавания возможны повреждения корпуса, смещение груза, потеря остойчивости

# Судно в море

Ветер и волнение

Туман и осадки

Течения

Температура воздуха и воды

Ухудшают видимость, что влияет на выбор безопасной скорости, повышает опасность столкновения

Влияют на траекторию и скорость движения судна

Образование льда, обледенение

Ухудшают управляемость и ходкость судна, возможны повреждения корпуса и конструкций судна, повреждение груза, невозможность промысла морепродуктов и работы по добыче и разведке полезных ископаемых

# Система обеспечения гидрометеоинформации

Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания (ГМССБ), GMDSS.

Международная служба NAVTEX

Передача прогнозов погоды и штормовых предупреждений в прибрежных районах

Международная сеть безопасности SAFETYNET через систему ИСЗ INMARSAT

Передача прогнозов погоды и штормовых предупреждений на более отдаленные районы

Передача прогнозов погоды и штормовых предупреждений в радиотелефонии

В диапазоне УКВ в прибрежных районах и в диапазонах ПВ/Кв в отдаленных



# Умения, необходимые судоводителю для ориентирования и оценки гидрометеорологических факторов

Разбираться в физических процессах и явлениях, происходящих в атмосфере, на морях и океанах

Правильно оценивать влияние тех или иных погодных и гидрологических условий на судно;

Производить судовые гидрометеонаблюдения, их кодирование для передачи в службы погоды

Грамотно оценивать рекомендации по выбору выгоднейшего пути плавания в зависимости от гидрометеорологических условий

Учитывать местные признаки погоды (наблюдаемые с судна) для уточнения официальных прогнозов погоды

Использовать в навигационной практике факсимильные карты погоды, штормовые предупреждения, прогнозы погоды, подаваемые гидрометеорологическими центрами различных стран

## ■ 2. Состав и строение атмосферы

- *Атмосфера* — газовая (воздушная) оболочка Земли .
- *Границы атмосферы*: нижняя — поверхность Земли, верхняя 2000 км
- *Форма атмосферы*: сфероид, сплюснутый к полюсам, вытянута в сторону, противоположную от Солнца, образуя газовый хвост до 100000 км.
- Скорость движения атмосферы вместе с Землей вокруг Солнца 29,8 км/с. Участвует во вращательном движении вокруг земной оси. В результате атмосфера хорошо перемешивается и является однородной механической смесью газов.
- Основная масса атмосферы в слое до 100 км. Остальной слой — 0,0001 % массы.
- Горизонтальные размеры явлений в атмосфере гораздо больше вертикальных

■ Состав воздуха

Состав воздуха

Постоянные компоненты

Азот  
~78%,

Кислород  
~21%,

Аргон  
~0,9%,

Другие  
инертные  
газы (в том  
числе  
водород) ~  
0,1%.

Переменные компоненты

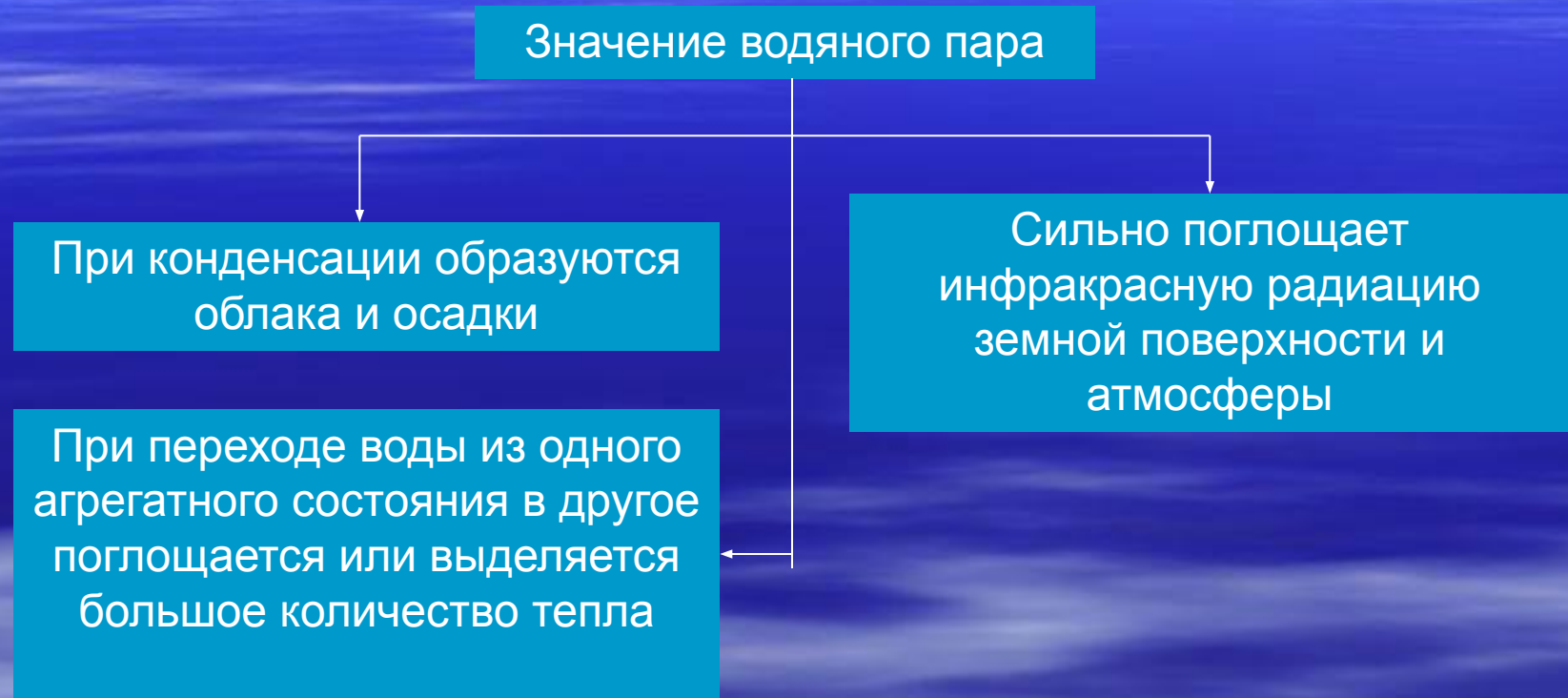
Водяной  
пар

Углекислый  
газ

Озон

Аэрозоли

- **Водяной пар.** Содержание его зависит от рода подстилающей поверхности, характера движения воздушных масс, температура воздуха. При очень низких температурах его количество приближается к нулю, а при высоких может достигать 4%. Количество водяного пара резко меняется с широтой, с высотой и по сезону года. Его значение очень велико:



- Все эти процессы оказывают существенное влияние на температурный режим поверхности Земли и АТ.



- *Углекислый газ*. Количество его меняется. Углекислого газа всегда больше в промышленных районах, в крупных городах и меньше вдали от них.
- *Атмосферный озон*. Он способен поглощать ультрафиолетовую часть солнечной радиации и тем самым играет защитную роль. Большая часть радиации поглощается уже в верхней части озонного слоя, что сопровождается резким повышением температуры. В пределах нижних слоев атмосферы количество озона очень мало, с высот 9-17 км его количество резко возрастает, достигая максимума на высотах 21-26 км, а в приполюсных районах 12-16 км.
- *Аэрозоли*. В атмосфере присутствуют многочисленные жидкие и твердые частицы различных размеров, находящиеся во взвешенном состоянии. Присутствие аэрозолей в атмосфере приводит к помутнению воздуха и загрязнению, что представляет непосредственную угрозу существования органического мира.



- По своим физическим свойствам земная атмосфера очень неоднородна. Особенно резко меняются параметры атмосферы по вертикали.
- Существуют несколько систем деления атмосферы на слои по вертикали. По характеру распределения температуры с высотой, атмосфера разделяется на отдельные слои, в которых наблюдается определённая закономерность изменения температуры воздуха с высотой.

■ Таблица 1

■ Основные сферы и переходные слои атмосферы

Сфера	Средняя высота верхней и нижней границ, км	Переходной слой
Тропосфера	0-10	Тропопауза
Стратосфера	11-50	Стратопауза
Мезосфера	50-90	Мезопауза
Термосфера	90-450	Термопауза
Экзосфера	Выше 450	

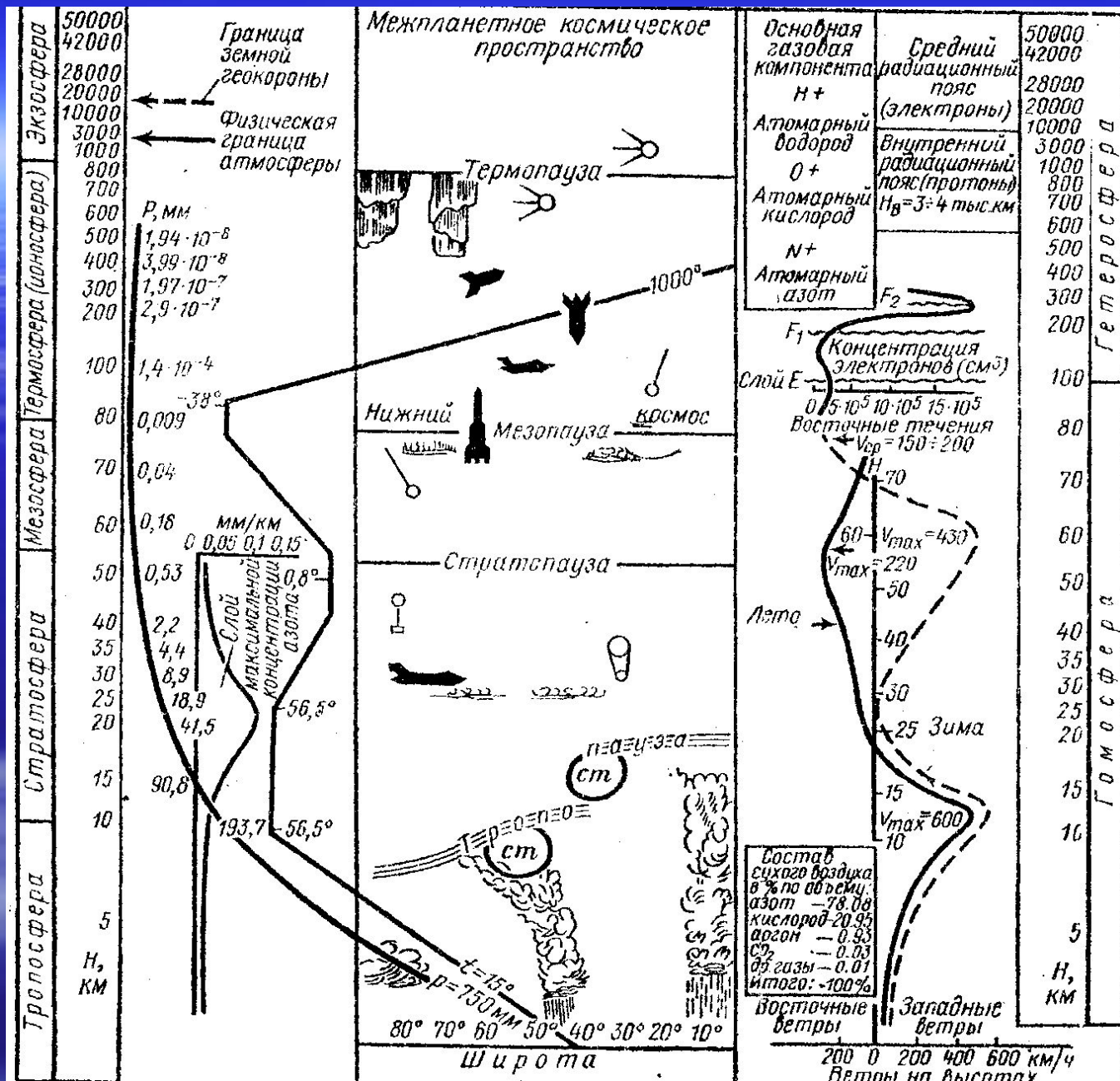


Рис. 1



- **Тропосфера** – нижний слой атмосферы, непосредственно примыкающий к поверхности Земли. Вертикальная протяженность ее в высоких (полярных) широтах – 8-9 км, в средних – 10-12 км и в тропических – 16-18 км.
- В тропосфере температура падает с высотой в среднем на 6-7° на 1 км высоты. На верхней границе тропосферы температура над экватором в среднем около минус 70 °, над северным полюсом зимой – минус 65°, летом – минус 45°. В тропосфере находится почти весь водяной пар, при конденсации которого образуются облака и осадки. Ветер в тропосфере умеренных и высоких широт имеет западное направление и усиливается с высотой. Давление с высотой падает и на высоте 5 км составляет 0,5, на высоте 10 км – 0,25 часть приземного.
- Высота верхней границы тропосферы не постоянна даже в одном и том же месте и зависит от времени года и от характера атмосферных процессов. Повышение вертикальной границы тропосферы наблюдается от зимы к лету и от полюса к экватору.
- **Тропопауза** – переходной слой между тропосферой и стратосферой толщиной 1-2 км. В тропопаузе наблюдается прекращение понижения температуры или ее повышение.

- **Стратосфера** – слой атмосферы с верхней границей 50-55 км.
- Температура постоянна с высотой в нижней части и ее растет , начиная с высоты 25 км, вплоть до верхней границы.
- В верхней границе стратосферы температура повышается до 0° , а максимальные значения могут достигать +10-30 ° из-за поглощающей способности озона, основная масса которого находится в стратосфере. Количество водяного пара в стратосфере незначительно, поэтому облаков почти не наблюдается. На высотах 22-27 км иногда появляются тонкие светящиеся облака, называемые перламутровыми. Они состоят из переохлажденных капелек воды.
- **Стратопауза** – переходной слой между стратосферой и мезосферой, лежащий на высоте около 50 км.



- **Термосфера** – очень мощный слой с верхней границей около 800 км. Характерен ростом температуры с высотой, который связан с поглощением солнечной энергии атомарным кислородом. На верхней границе слоя температура может достигать 750-1500°. Однако, тело, помещенное в газовой среде этого слоя, не может принять температуру окружающего воздух, так как атмосфера здесь сильно разрежена.
- **Термопауза** – переходной слой между термосферой и экзосферой.

- **Экзосфера** – слой атмосферы, расположенный выше термосферы. Температура газов еще больше значений, чем в термосфере. В верхней части экзосферы происходит рассеяние атомов и молекул атмосферных газов в межпланетное пространство. В основном происходит рассеивание легких газов водорода и гелия., которые достигают критической скорости 11,2 км/с и, преодолевая силу земного тяготения, ускользают, рассеиваясь из земной атмосферы. Поэтому экзосферу называют сферой рассеивания.

## ■ Деление атмосферы

### Атмосфера

```
graph TD; A[Атмосфера] --> B[Планетарный пограничный слой (слой трения)]; A --> C[Свободная атмосфера — остальная часть атмосферы]; B --> D[Приводный (приземный) слой];
```

*Планетарный пограничный слой (слой трения)*, высотой 1-1,5 км. Хорошо выражены суточные изменения метеорологических элементов. Скорость ветра здесь, как правило, увеличивается с высотой

*Свободная атмосфера* — остальная часть атмосферы

Приводный (приземный) слой атмосферы высотой 30-50 м сказывается влияние подстилающей поверхности и быстро изменяется по высоте температура и влажность воздуха. Ветер с высотой не изменяется по направлению, но быстро меняется по скорости

- Деление атмосферы по электрическому состоянию

Атмосфера

```
graph TD; A[Атмосфера] --- B[Нейтросфера — плохо проводящая нижняя атмосфера, от поверхности Земли до высот примерно 40 км.]; A --- C[Переходной слой — слой АТ между 40 и 80 км является переходным.]; A --- D[Ионосфера — сильно ионизированные слои воздуха, расположенные на высотах более 80 км.]
```

*Нейтросфера* — плохо проводящая нижняя атмосфера, от поверхности Земли до высот примерно 40 км.

Переходной слой — слой АТ между 40 и 80 км является переходным.

*Ионосфера* — сильно ионизированные слои воздуха, расположенные на высотах более 80 км .



- *Воздушные массы (ВМ)* —отдельные более или менее однородные в горизонтальном направлении объёмы воздуха в тропосфере, занимающие обширные пространства, соизмеримые с материками или их частями, которые определяют погодные условия над занимаемой ими территорией.
- *Атмосферный фронт* —переходная зона между двумя ВМ. На атмосферных фронтах зарождаются мощные вихри, диаметром в тысячи километров — *циклоны* и *антициклоны*. Эти явления приводят к межширотному воздухообмену.



### ■ 3. Основные характеристики воздуха

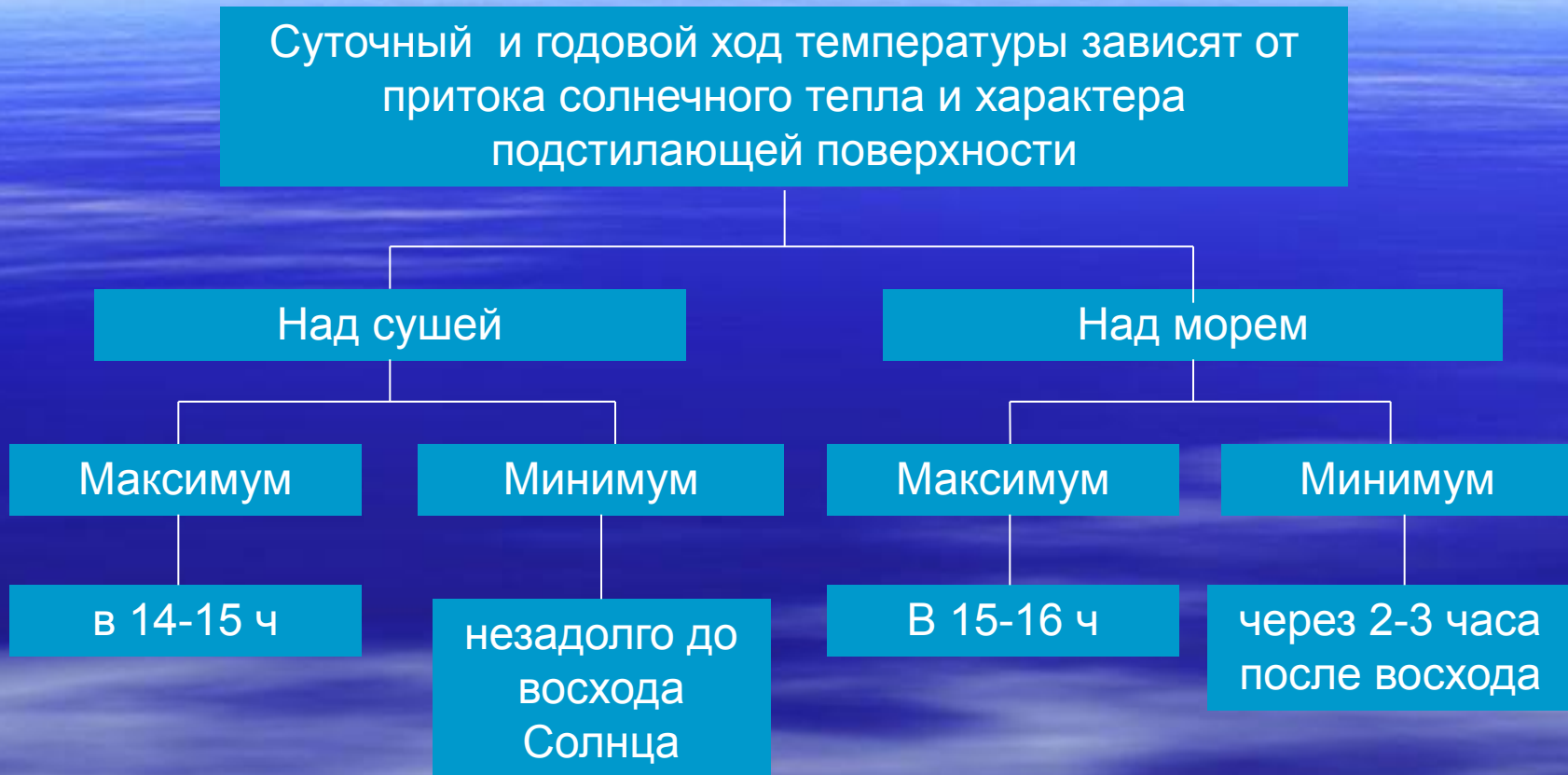
- Для количественной характеристики состояния атмосферы используются *метеорологические величины* или *параметры* и *атмосферные явления*



- Состояние атмосферы постоянно меняется в пространстве и времени, а, следовательно, меняются и значения параметров, возникают и исчезают явления.
- *Погода* — совокупность значений метеорологических параметров и атмосферных явлений в определенный момент времени или некоторый промежуток его. При этом можно говорить о погоде в данной точке пространства, в районе, на маршруте перехода судна и т.п.

# Главные параметры измерения:

- **Температура воздуха ( $t$ )** - степень нагрева воздуха.



Суточный ход достаточно правильно проявляется в условиях устойчивой ясной погоды. Но он может быть нарушен циркуляционными изменениями в атмосфере, которые приводят к смене воздушных масс с другими температурами над данным районом, изменения радиационных условий и т. д.

## Величина суточной амплитуды температуры зависит от :

характера и  
состояния  
подстилающей  
поверхности

облачности

рельефа и  
географической  
широты местности

времени года

Максимальные суточные амплитуды температуры воздуха над континентами приходятся на широты 20-40°, с увеличением широты уменьшаются, так как убывает полуденная высота Солнца над горизонтом.

Годовой ход температуры : зимой холодно, летом тепло. В тропиках, где лето совпадает с сезоном дождей, может быть и наоборот.

Разность между средними месячными температурами самого теплого и самого холодного месяцев называется амплитудой годового хода температуры воздуха



- **Давление воздуха (атмосферное давление) ( $P$ )**- сила, которую испытывает единичная площадка (1 кв.см), лежащая в основании столба воздуха.
- Измеряется барометром-анероидом или барографом (для регистрации изменения давления).
- Единица измерения паскаль (Па), равный 1 ньютону (Н) на 1 кв. м  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/кв. м}$ .  $P$  измеряется в сотнях паскалей – гектопаскалях (гПа). В метеорологии давление могут выражать в миллиметрах ртутного столба (мм р.ст.) или миллибарах (мбар).
  - $1 \text{ мбар} = 100 \text{ Па} = 1 \text{ гПа}$ ;
  - $1,33 \text{ мбар} = 1 \text{ мм рт.ст.}$
- За нормальное атмосферное давление принято  $P = 760 \text{ мм р.ст.} = 1013 \text{ гПа}$ .
- Распределение давления атмосферы на поверхность Земли неравномерно потому, что вес и, следовательно, давление воздуха зависят от его плотности и от широты места, так как с широтой изменяется сила тяжести.



Амплитуда колебаний увеличивается по мере уменьшения широты. В умеренных и высоких широтах на очень небольшие суточные колебания накладываются в десятки, а иногда и в сотни раз большие колебания, связанные с прохождением циклонов и антициклонов

**Плотность воздуха ( $\rho$ )** — количество воздуха в единице объема.

### Зависимость плотности воздуха

Чем выше температура воздуха, тем меньше его плотность

Чем больше влажность воздуха, тем меньше его плотность, так как молекулярная масса водяного пара составляет всего 0,622 молекулярной массы воздуха

Чем больше давление, под которым находится то или иной объем воздуха, тем больше его плотность

Плотность воздуха измеряется в килограммах на кубический метр (кг/куб. м). В метеорологии она непосредственно не измеряется, а вычисляется по измеренным давлению и температуре.

Так при  $T = 273\text{K}$  и при  $P = 1000 \text{ гПа}$  плотность  $\rho = 1,6276 \text{ кг/см}^3$ , а при  $P = 1040 \text{ гПа}$  и  $T = 260 \text{ K}$  ( $-13^\circ\text{C}$ )  $\rho = 1,393 \text{ кг/см}^3$ .

- **Влажность воздуха.** Атмосферный воздух содержит некоторое количество водяного пара. Такой воздух называется *влажным*. При любой температуре водяной пар в воздухе может достичь насыщения. В этом случае назовем воздух насыщенным. Однозначно оценить содержания водяного пара нельзя, поэтому используют несколько величин, называемые *гигроскопическими характеристиками*.
- Измеряются эти характеристики аспирационным психрометром, а все вычисления производятся по Психометрическим таблицам.



## Гигроскопические характеристики

### • Упругость водяных паров ( $e$ )

• – парциальное давление их, если рассматривать атмосферный воздух как механическую смесь из сухого воздуха и водяного пара.  $e$  выражается единицами давления гПа или мбар.

### Упругость насыщения ( $E$ )

—максимальная упругость, возможная при данной температуре

### Дефицит упругости $d$

– разность между максимальной упругостью и фактической:

$$d = E - e$$

### Относительная влажность ( $r$ )

– отношение фактической упругости водяного пара к максимальной упругости ( $E$ ).

$$r = (e/E) 100\%$$

### ***Удельная влажность (s)***

– масса водяного пара, содержащаяся в 1г (или кг) влажного воздуха.

### ***Абсолютная влажность (a)***

– масса водяного пара в единицах объема влажного воздуха – выражается в г/м<sup>3</sup>. Абсолютная влажность связана с упругостью  $e$  соотношением:

$$a = (0,8/1 + \alpha t) \text{ или } a = (1,06/1 + \alpha t)$$

где:  $\alpha$ —коэффициент расширения воздуха;  $t$ — температура воздуха.

### ***Точка росы (t)***

– температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар становится насыщающим ( при  $p = \text{const.}$  ,  $s = \text{const.}$ ,

- Выводы:
- Атмосферные параметры и явления оказывают большое влияние на судоходство. Учет атмосферных параметров, наблюдение за динамикой их является одной из важнейших обязанностей судоводителя.