

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМ-  
МУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

**по дисциплине**

**«УЧЕНИЕ об АТМОСФЕРЕ»**

**Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование**

**Разработчик: доцент, к.т.н. Манвелова Н.Е.**

**Санкт-Петербург  
2018**

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

### **Практическая работа № 1**

#### **Вычисление высоты солнца, интенсивности потоков лучистой энергии и радиационного баланса**

**Цель:** Приобрести навыки по вычислению: высоты Солнца; интенсивности потоков лучистой энергии; альбедо; радиационного баланса.

**Знать:** Зависимость потоков лучистой энергии от широты места, характера подстилающей поверхности и от прозрачности атмосферы.

**Уметь:** Производить вычисления и пользоваться вспомогательными таблицами.

#### **Задание**

1. Определить высоту солнца
2. Вычислить интенсивность потоков прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность
3. Определить ослабление солнечной радиации в атмосфере
4. Определить величину альбедо различных поверхностей
5. Вычислить величину радиационного баланса деятельной поверхности
6. Ответить на контрольные вопросы

#### **Порядок выполнения работ и указания:**

**Все виды радиации должны быть выражены с точностью до 0,01 и выражаться в кВт/м<sup>2</sup>.**

#### **1. Определить высоту Солнца**

На широте  $\psi$  в момент истинного солнечного времени  $\tau_0$  при склонении Солнца  $\delta$  высота Солнца вычисляется по формуле:

$$\sin h_0 = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cos \delta \cdot \cos \tau \quad (1.1)$$

Высота Солнца в истинный полдень ( $\tau_0=12$ ч.) любого дня на любой широте:

$$h_0 = 90^\circ - \psi + \delta \quad (1.2)$$

Для облегчения вычислений составлены таблицы произведений  $\sin \psi \sin \delta$  и  $\cos \psi \cos \delta$  (приложение 1 и таблица косинусов часового угла  $\tau$  с соответствующими ему значениями  $\tau_0$  (приложение 2

Пример:

Определить высоту Солнца на широте  $45^\circ$  в 12 ч 30 мин среднего солнечного времени 15 мая.

Решение:

1. В приложении 2 находим для 15 мая  $\delta = +18,8^\circ$

2. В приложении 1 находим  $\Delta \tau = -4$  мин.

Тогда  $\tau_0 = 12$  ч 30 мин + 4 мин = 12 ч 34 мин, а часовой угол  $\tau = 12$  ч 34 мин – 12 ч = +34 мин.

3. Вычисляем высоту Солнца по формуле (1.1), для чего в приложениях 3 и 4 находим для  $\psi = 45^\circ$  и  $\delta = 18,8^\circ$  произведения  $\sin \psi \sin \delta = 0,230$ ,  $\cos \psi \cos \delta = 0,668$ .

В приложении 5 для  $\tau_0 = 12$  ч 34 мин находим  $\cos \tau = 0,989$ . Тогда  $\sin h_0 = 0,230 + 0,668 \cdot 0,989 = 0,891$ .

По приложению 6 определяем  $h_0 = 63^\circ$ .

### **Задача № 1**

Определить высоту солнца на широте  $55^\circ$ , 1 августа в 11 ч 00 мин.

### **Задача № 2**

Определить высоту солнца на широте  $30^\circ$ , 10 октября в истинный полдень.

## **2. Вычислить интенсивность потоков прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность**

Поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность вычисляется по формуле

$$S' = S \sin h_0,$$

где  $S'$  – поток прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность,  $S$  – поток солнечной радиации на перпендикулярную поверхность,  $h_0$  – высота солнца.

### **Задача № 3**

Определить поток солнечной радиации на горизонтальную поверхность на широте  $49^0$  15 марта по следующим данным:

|                                                                    |      |        |
|--------------------------------------------------------------------|------|--------|
| Среднее солнечное время, ч мин                                     | 6 30 | *12 30 |
| Поток радиации на перпендикулярную поверхность, кВт/м <sup>2</sup> | 0,34 | 0,84   |

Для решения задачи необходимо определить высоту солнца, синусы высот.

### **3. Определить ослабление солнечной радиации в атмосфере**

Общее ослабление прямой солнечной радиации в атмосфере выражается формулой Буге-Ламберта

$$S = S_0 p^m,$$

где  $S$  – поток солнечной радиации, достигающей Земли,  $S_0$  – поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы (солнечная постоянная),  $p$  – коэффициент прозрачности атмосферы,  $m$  – масса атмосферы ( $m = \frac{1}{\sin h_0}$ ).

Для вычисления масс атмосферы при известных высотах солнца составлены таблицы Бемпорада (приложение 7).

### **Задача № 4**

Измерения потока солнечной радиации производились при массах атмосферы 5,4; 3,2; 1,5. При каких высотах солнца производились измерения?

(Для решения задачи использовать таблицу Бемпорада)

### **\*Задача № 5**

Наблюдения показали, что средний коэффициент прозрачности атмосферы равен 0,820. Вычислить средний поток радиации при высотах солнца 5, 10, 200.

(Массу атмосферы вычислить по формуле).

#### **4. Определить величину альбедо различных поверхностей,**

которая определяется по формуле

$$A = \frac{R_k}{Q} * 100$$

где  $A$  – величина альбедо, выраженная в процентах,  $R_k$  – поток отраженной радиации,  $Q$  – суммарная радиация.

Поглощенная часть суммарной радиации, т.е. поглощенное тепло определяется

$$Q_{\text{погл}} = Q (1 - A)$$

#### **Задача № 6**

При высоте солнца 300 поток солнечной радиации на перпендикулярную поверхность составляет 0,90 кВт/м<sup>2</sup>, а поток рассеянной радиации 0,10 кВт/м<sup>2</sup>.

Определить, какое количество тепла поглощает поверхность сухой травы ( $A = 19 \%$ )

#### **\*Задача № 7**

Сколько тепла получит водная поверхность и песчаный берег, если суммарная радиация равна 0,79 кВт/м<sup>2</sup>, а высота солнца 500?

Для определения альбедо использовать приложения 8

#### **5. Вычислить величину радиационного баланса деятельной поверхности,**

которая выражается соотношением

$$B = (S' + D) (1 - A) - E_{\text{эф}},$$

где  $(S' + D) (1 - A)$  – поглощенная часть суммарной радиации,  $E_{\text{эф}}$  – эффективное излучение.

Баланс длинноволновой радиации характеризуется соотношением

$$B_d = B + R_k - Q,$$

где  $B_d$  – баланс длинноволновой радиации,  $B$  – радиационный баланс деятельной поверхности,  $R_k$  - отраженная радиация,  $Q$  – суммарная радиация.

### **Задача № 8**

При актинометрических наблюдениях получены следующие данные:  $S = 0,94 \text{ кВт/м}^2$ ,  $D = 0,11 \text{ кВт/м}^2$ ,  $R_k = 0,15 \text{ кВт/м}^2$ . Вычислить баланс коротковолновой радиации, если наблюдения проводились при высоте солнца  $40^\circ$ .

### **\*Задача № 9**

Вычислить баланс длинноволновой радиации, если  $S = 0,83 \text{ кВт/м}^2$ ,  $D = 0,12 \text{ кВт/м}^2$ ,  $R_k = 0,13 \text{ кВт/м}^2$ ,  $B = 0,53 \text{ кВт/м}^2$ . Высота солнца  $52^\circ$ .

## **6. Контрольные вопросы:**

1. Когда в течение года прямая солнечная радиация в истинный полдень достигает максимального и минимального значения?
2. Как и почему в течение дня в однородной воздушной массе изменяется прозрачность атмосферы?
3. Как зависит альбедо водной поверхности от высоты солнца, а альбедо почвы от цвета?
4. Как зависит знак и величина радиационного баланса от времени суток и от вида и количества облачности?

## **Отчетный материал**

1. Решенные задачи
2. Ответы на контрольные вопросы

## **Практическая работа № 2**

### **Расчет вертикальных градиентов и определение термической стратификации в атмосфере, вычисление характеристик влажности воздуха**

**Цель:** Приобрести навыки построения и анализа кривой стратификации атмосферы, а также по вычислению характеристик влажности воздуха

**Знать:** Характер распределения температуры с высотой и формулы для вычисления характеристик влажности воздуха.

**Уметь:** Уметь вычислять вертикальные температурные градиенты; определять характер стратификации атмосферы по внешнему виду и по значению вертикального температурного градиента; определять задерживающие слои. Уметь вычислять гигрометрические характеристики воздуха.

#### **Исходные данные и принадлежности:**

Данные для построения кривой распределения температуры по вертикали; линейка, карандаш, ластик, цветные карандаши.

#### **Задание**

1. Построить кривую стратификации
2. Определить величину вертикального температурного градиента для различных слоев атмосферы
3. Ответить на контрольные вопросы

#### **Порядок выполнения работ и указания:**

##### **1. Построить кривую стратификации**

На листе миллиметровой бумаги формата А4 провести оси координат по горизонтали – значения температуры, по вертикали – высоты. Выбрать масштаб по вертикали в 1 сантиметре 1000 метров, по горизонтали – в 1 сантиметре – 5 градусов. На горизонтальной оси от начала координат вправо отме-

тить температуру, начиная с самой низкой. На вертикальной оси отложить высоты. По исходным данным нанести (поставить точки) последовательно значения температуры воздуха на различных высотах.

#### **Исходные данные**

| <b>Высота, м</b> | <b>Температура, °C</b> |
|------------------|------------------------|
| 0                | -6.8                   |
| 150              | -9.2                   |
| 600              | -11.0                  |
| 1850             | -7.7                   |
| 3040             | -12.7                  |
| 3850             | -19.3                  |
| 5690             | -30.0                  |
| 6350             | -36.0                  |
| 7500             | -45.7                  |
| 8720             | -53.9                  |
| 9660             | -59.0                  |
| 10730            | -62.2                  |
| 12010            | -60.0                  |
| 13120            | -60.0                  |
| 15170            | -59.0                  |
| 18060            | -59.0                  |

Нанесенные точки последовательно соединить по линейке красным цветом. График озаглавить «Распределение температуры воздуха с высотой».

Определить и записать высоту тропопаузы, место расположения и вертикальную мощность слоев изотермии и инверсии.

## **2. Определить величину вертикального температурного градиента для различных слоев атмосферы**

Вычислить значение вертикального градиента температуры для каждого слоя (с точностью до 0,010) и записать:



| Высота, м | Температура, °С | Вертикальный градиент температуры в слое | Стратификации слоя |
|-----------|-----------------|------------------------------------------|--------------------|
|           |                 |                                          |                    |
|           |                 |                                          |                    |
|           |                 |                                          |                    |
|           |                 |                                          |                    |

При определении стратификации следует помнить, что если  $\gamma > 1^\circ/100\text{м}$ , то стратификация неустойчивая,  $\gamma = 10/100\text{м}$ , то стратификация безразличная,  $\gamma < 1^\circ/100\text{м}$ , то стратификация устойчивая относительно поднимающегося воздуха с ненасыщенным водяным паром.

#### **Задание:**

1. Решить задачи на вычисление характеристик влажности воздуха
2. Ответить на контрольные вопросы

#### **Порядок выполнения работ и указания:**

##### **1. Решить задачи на вычисление характеристик влажности воздуха**

При определении характеристик влажности воздуха нужно соблюдать точность округления величин. Парциальное давление водяного пара, дефицит насыщения, удельную влажность, абсолютную влажность округлять до 0,1, а относительную влажность до целых процентов.

#### **Примеры:**

##### **Задача №1**

Определить давление насыщения водяного пара при температуре  $15,2^\circ$ .

Решение: Для определения давления насыщенного водяного пара  $E$  следует использовать приложение 9. По вертикальному левому столбику цифр отыскать значение  $15^\circ$ , а по горизонтали сверху  $0,2^\circ$ . Для температуры  $15,2^\circ$   $E = 17,3$  гПа.

##### **Задача № 2**

Определить точку росы, если температура воздуха  $18,60$ , относительная влажность  $78\%$ .

Решение: Для определения точки росы необходимо знать парциальное давление водяного пара  $e$ . По приложению 10 определить давление насыщенного водяного пара при температуре  $18,6^{\circ} \text{C}$   $E = 21,4 \text{ гПа}$ . Найти  $e$  по формуле относительной влажности

$$f = \frac{e}{E} * 100, e = \frac{E * f}{100} = \frac{21,4 * 78}{100} = 16,7 \text{ гПа}$$

### Задача № 3

Определить точку росы, если парциальное давление водяного пара  $16,7 \text{ гПа}$ .

Решение: По полю давления насыщенного водяного пара (приложение 11) найти значение, ближайшее к значению парциального давления, т.е.  $16,7 \text{ гПа}$  это будет  $16,73 \text{ гПа}$ . Температура, которая соответствует этому значению, является точкой росы  $14,70^{\circ} \text{C}$ .

### 3. Контрольные вопросы:

1. Чем характеризуется термическая стратификация атмосферы?
2. Что называется слоем инверсии и изотермии?
3. Каково изменение температуры с высотой в слое тропопаузы?
4. Какой процесс называется адиабатическим?
5. Почему при адиабатическом поднятии воздуха температура понижается, а при опускании повышается?
6. Почему давление насыщенного водяного пара над водой больше, чем над льдом?
7. Чему равны точка росы, парциальное давление водяного пара, относительной влажности, дефицита насыщения при условии, что водяной пар стал насыщенным?

### Отчетный материал

1. График распределения температуры с высотой
2. Результаты анализа графика
3. Ответы на контрольные вопросы

4. Решенные задачи
5. Ответы на контрольные вопросы

### **Практическая работа № 3**

#### **Методологические основы производства наблюдения за облаками.**

#### **Практическая работа с кодом КН-01**

**Цель:** Приобрести навыки в определении уровня конденсации, в составлении классификации облаков по ярусам, формам, видам, разновидностям.

**Знать:** Формы, виды и разновидности облаков; облака, дающие осадки различных видов; оптические явления, наблюдающиеся в облаках

**Уметь:** Уметь вычислять уровень конденсации

#### **Исходные данные и принадлежности:**

Данные для решения задач для определения уровня конденсации, атлас облаков.

#### **Задание:**

1. Определить уровень конденсации для поднимающегося ненасыщенного водяным паром воздуха
2. Составить таблицу классификации облаков
3. Ответить на контрольные вопросы

#### **Порядок выполнения работ и указания:**

#### **1. Определить уровень конденсации для поднимающегося ненасыщенного водяным паром воздуха**

При адиабатическом поднятии на 100 м ненасыщенного водяным паром воздуха его температура понижается на  $1,0^{\circ}$  (сухоадиабатический градиент температуры). На некоторой высоте водяной пар становится насыщенным ( $e = E$ ), а температура достигает значения точки росы. Такая высота называется уровнем конденсации.

Уровень конденсации может быть определен по формуле  $h = 122 (t - t_d)$ , где  $h$  – уровень конденсации,  $t$  – температура воздуха на начальном уровне,  $t_d$  – точка росы.

Решить задачи:

### Задача № 1

Определить уровень конденсации для поднимающегося воздуха, если его температура у земли  $17,2^{\circ}$ , а парциальное давление водяного пара  $9,48$  гПа.

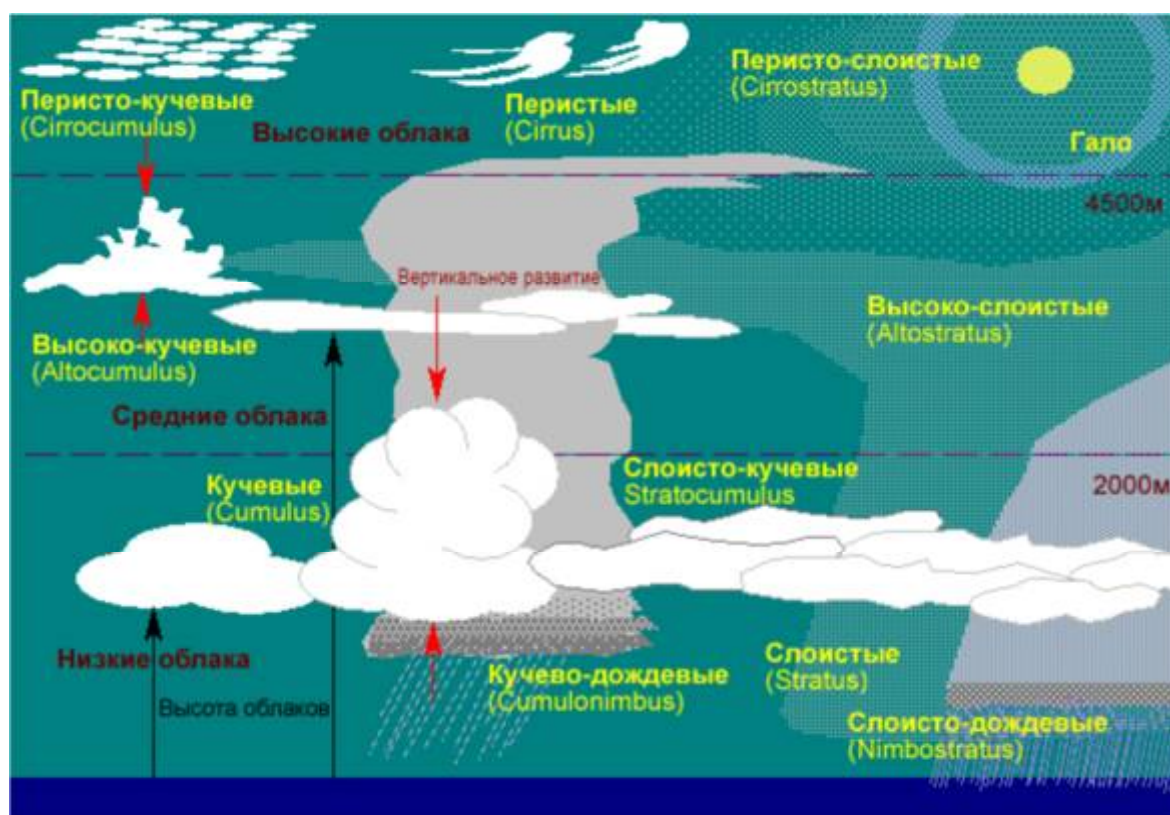
### Задача № 2

Определить уровень конденсации для поднимающегося воздуха, температура которого у земли  $12,8^{\circ}$ , а относительная влажность  $72\%$ .

При решении задач использовать приложение 12 из сборника задач и упражнений по метеорологии.

**2. Составить таблицу классификации облаков, предварительно ознакомившись с атласом облаков:**

| Ярус (с указанием высоты) | Форма | Вид | Разновидность | Осадки | Оптические явления |
|---------------------------|-------|-----|---------------|--------|--------------------|
|                           |       |     |               |        |                    |



**СИНОПТИЧЕСКИЙ КОД КН-01 (SYNOP/SHIP)**

Синоптическая телеграмма, зашифрованная кодом КН-01, представляет собой последовательность групп из 5 цифр, разбитых на секции, и имеет следующий вид:

**Секция 0:**

AAXX или BBXX D...D YYGGi<sub>w</sub> Iiii 99L<sub>a</sub> L<sub>a</sub> L<sub>a</sub> Q<sub>c</sub> L<sub>o</sub> L<sub>o</sub> L<sub>o</sub> L<sub>o</sub>

**Секция 1:**

i<sub>R</sub> i<sub>x</sub> hVV Nddff 1s<sub>n</sub> TTT 2 s<sub>n</sub> T<sub>d</sub> T<sub>d</sub> T<sub>d</sub> 3P<sub>0</sub>P<sub>0</sub>P<sub>0</sub>P<sub>0</sub> 4PPPP 5appp

6RRRt<sub>R</sub> 7wwW<sub>1</sub>W<sub>2</sub> 8N<sub>h</sub> C<sub>L</sub>C<sub>M</sub>C<sub>H</sub> 9GGgg

**Пояснения:**

1. Станции, расположенные на суше, передают код SYNOP, в этом случае в начале телеграммы идет идентификатор AAXX.

2. Морские станции передают код SHIP, в этом случае в начале телеграммы идет идентификатор BBXX.

3. В телеграмме обязательно присутствуют группы цифр секции 0 и первых четыре группы цифр секции 1, а также хотя бы одна из групп цифр 3P<sub>0</sub>P<sub>0</sub>P<sub>0</sub>P<sub>0</sub> и 4PPPP.

4. В телеграмме, передаваемой морской станцией, обязательно присутствует группа 222D<sub>s</sub> v<sub>s</sub>.

5. Все остальные группы включаются в телеграмму по мере необходимости.

**Расшифровка:**

**Секция 0** (*идентификация станции и единиц измерения скорости ветра*):

D...D – позывной сигнал радиостанции судна;

YYGG – число месяца, срок наблюдений (по Гринвичу);

i<sub>w</sub> – указатель единиц измерения скорости ветра и способа ее определения (табл.4);

Iiii – индексный номер наземной станции;

99 – отличительные цифры;

L<sub>a</sub>L<sub>a</sub>L<sub>a</sub> – широта местоположения судна;

$Q_c L_o L_o L_o$  – квадрант и долгота местоположения судна.

**Секция 1** (используется всеми станциями международного обмена):

$i_R$  – указатель включения в телеграмму группы 6RRR $t_R$  (табл.5);

$i_x$  – указатель включения в телеграмму группы 7ww $W_1 W_2$  (табл.6);

$h$  – высота нижней границы облаков (табл.2);

$VV$  – видимость (табл.3);

$N$  – общее количество облаков (табл.2);

$dd$  – направление ветра в десятках градусов;

$ff$  – скорость ветра;

$s_n$  – знак температуры (табл.11);

$TTT$  – температура воздуха в десятых долях градуса;

$T_d T_d T_d$  – температура точки росы в десятых долях градуса;

$P0P0P0P0$  – последние четыре цифры атмосферного давления на уровне станции в десятых долях гПа;

$PPPP$  – последние четыре цифры атмосферного давления, приведенного к уровню моря в десятых долях гПа;

$a$  – характеристика барической тенденции (табл.7);

$rrr$  – величина барической тенденции за последние 3 часа в десятых долях гПа;

$RRR$  – количество осадков за период  $t_R$  (табл.14);

$t_R$  – период, к которому относится  $RRR$ ;

$ww$  – погода в срок наблюдения или в последний час (табл.1);

$W_1 W_2$  – погода между сроками (табл.2);

$N_h$  – количество облаков нижнего или среднего яруса (табл.2);

$C_L$  – виды облаков нижнего яруса (табл.2);

$C_M$  – виды облаков среднего яруса (табл.2);

$C_H$  – виды облаков верхнего яруса (табл.2);

$GGgg$  – часы и минуты наблюдения по всемирному времени (передается, если время наблюдений отличается от стандартного более чем на 10 минут).

ния, продолжительность (табл.15).

## Таблицы:

Таблица 1. ww погода в срок наблюдений или в последний час. Символы.

| Row \ Col | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7 | 8 | 9   |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|---|---|-----|
| 0         |     |      |      | ∞    | ∞    | S    | M | E | (S) |
| 1         | =   | ≡    | ≡    | <    | e    | )    | ( | R | V   |
| 2         | ,   | .    | :    | ;    | ~    | !    | ? | @ | #   |
| 3         | \$  | %    |      | &    | &    |      | + | - | *   |
| 4         | (=) | ≡    | ≡    | ≡    | ≡    | ≡    | ≡ | ≡ | ≡   |
| 5         | .   | ::   | :    | △    | ⋮    | ☆    | ☺ | : | ⋮   |
| 6         | .   | ::   | :    | △    | ⋮    | ☆    | ☺ | : | ⋮   |
| 7         | .   | ::   | :    | △    | ⋮    | ☆    | + | - | △   |
| 8         | ⊙   | ⊙    | ⊙    | ⊙    | ⊙    | ⊙    | ⊙ | ⊙ | ⊙   |
| 9         | ⊙   | R) . | R) : | R) △ | R) ⋮ | R) ☆ | ⊙ | ⊙ | ⊙   |

**00 – 19: Погода без осадков, тумана (кроме 11 и 12), пыльной или песчаной бури, низовой метели или поземки на станции в срок наблюдения и (кроме 09 и 17) в последний час.**

- 00 – наблюдения над развитием облаков не было;
- 01 – облака рассеиваются;
- 02 – небо без изменений;
- 03 – облака развиваются;
- 04 – видимость ухудшена из-за дыма;
- 05 – мгла;
- 06 – пыль, принесенная издалека;
- 07 – пыль, поднятая на станции или вблизи станции;

- 08 – пыльные или песчаные вихри;
- 09 – пыльный или песчаный поземок в срок или в последний час;
- 10 – дымка;
- 11 – поземный туман клочками;
- 12 – поземный туман сплошной;
- 13 – зарница;
- 14 – осадки в поле зрения, не достигающие земли;
- 15 – осадки, достигающие земли, выпадающие на расстоянии более 5 км от станции;
- 16 – осадки, достигающие земли, выпадающие на расстоянии менее 5 км от станции, но не на самой станции;
- 17 – гроза без осадков на станции или в поле зрения;
- 18 – шквал на станции или в поле зрения;
- 19 – смерч на станции или в поле зрения.
- 20 – 29: Осадки, туман или гроза в последний час, но не в срок наблюдения.**
- 20 – морось или снежные зерна;
- 21 – дождь;
- 22 – снег;
- 23 – дождь со снегом;
- 24 – замерзающая морось или дождь;
- 25 – ливневый дождь;
- 26 – ливневый снег или ливневый снег с дождем;
- 27 – град или крупа;
- 28 – туман;
- 29 – гроза с осадками или без них.
- 30 – 39: Пыльная или песчаная буря, низовая метель или поземок в срок наблюдения.**
- 30 – слабая или умеренная буря ослабевает;
- 31 – слабая или умеренная буря без изменений;



- 32 – слабая или умеренная буря усиливается;
- 33 – сильная буря ослабевает;
- 34 – сильная буря без изменений;
- 35 – сильная буря усиливается;
- 36 – слабый или умеренный поземок;
- 37 – сильный поземок;
- 38 – слабая или умеренная низовая метель;
- 39 – сильная низовая метель.

**40 – 49: Туман в срок наблюдения.**

- 40 – туман на расстоянии;
- 41 – туман местами;
- 42 – туман ослабевает, небо видно;
- 43 – туман ослабевает, неба не видно;
- 44 – туман без изменений, небо видно;
- 45 – туман без изменений, небо не видно;
- 46 – туман усиливается, небо видно;
- 47 – туман усиливается, небо не видно;
- 48 – просвечивающий туман с осаджением изморози;
- 49 – сплошной туман с осаджением изморози.

**50 – 59: Морось в срок наблюдения.**

- 50 – морось слабая с перерывами;
- 51 – морось слабая непрерывная;
- 52 – морось умеренная с перерывами;
- 53 – морось умеренная непрерывная;
- 54 – морось сильная с перерывами;
- 55 – морось сильная непрерывная;
- 56 – морось слабая замерзающая;
- 57 – морось умеренная или сильная замерзающая;
- 58 – морось слабая с дождем;
- 59 – морось умеренная или сильная с дождем.

**60 – 69: Дождь в срок наблюдения.**

- 60 – дождь слабый с перерывами;
- 61 – дождь слабый непрерывный;
- 62 – дождь умеренный с перерывами;
- 63 – дождь умеренный непрерывный;
- 64 – дождь сильный с перерывами;
- 65 – дождь сильный непрерывный;
- 66 – дождь слабая замерзающий;
- 67 – дождь умеренный или сильный замерзающий;
- 68 – дождь или морось со снегом слабые;
- 69 – дождь или морось со снегом умеренные или сильные.

**70 – 79: Твердые осадки (не ливневые) в срок наблюдения.**

- 70 – снег слабый с перерывами;
- 71 – снег слабый непрерывный;
- 72 – снег умеренный с перерывами;
- 73 – снег умеренный непрерывный;
- 74 – снег сильный с перерывами;
- 75 – снег сильный непрерывный;
- 76 – ледяные иглы;
- 77 – снежные зерна;
- 78 – снежные кристаллы;
- 79 – ледяной дождь.

**80 – 89: Ливневые осадки в срок наблюдения (без грозы).**

- 80 – ливневый дождь слабый;
- 81 – ливневый дождь умеренный или сильный;
- 82 – ливневый дождь очень сильный;
- 83 – ливневый дождь со снегом, слабый;
- 84 – ливневый дождь со снегом, умеренный или сильный;
- 85 – ливневый снег слабый;
- 86 – ливневый снег умеренный или сильный;

87 – ледяная или снежная крупа слабая;

88 – ледяная или снежная крупа умеренная или сильная;

89 – град слабый.

**90 – 99: Гроза (кроме 90) в срок наблюдения или в последний час.**

90 – град умеренный или сильный;

91 – гроза в последний час, дождь слабый в срок наблюдения;

92 – гроза в последний час, дождь умеренный или сильный в срок;

93 – гроза в последний час, снег с дождем или крупа слабые в последний час;

94 – гроза в последний час, снег с дождем или крупа умеренные или сильные в

последний час;

95 – гроза слабая или умеренная в срок с дождем или снегом;

96 – гроза слабая или умеренная в срок с градом или крупой;

97 – гроза сильная в срок с дождем или снегом;

98 – гроза в срок с песчаной или пыльной бурей;

99 – гроза сильная в срок с градом или крупой.

**Пример расшифровки синоптической телеграммы.**

Метеостанция 26763 Орша в 18:00 UT 1 ноября 2004 г. передала следующую синоптическую телеграмму:

**26763 11460 82701 10057 20048 40199 54000 69962 70252 886// 333 10074  
88712=**

Попробуем ее расшифровать.

26763: пятизначный индекс станции.

11460: группа 6RRRt<sub>R</sub> включена в секцию 1; группа 7wwW<sub>1</sub>W<sub>2</sub> включена, станция обслуживается людьми; высота нижней границы облаков 300-600 м; видимость 10 км.

82701: количество общей облачности – 10 баллов, направление ветра – 270 (запад), скорость ветра – 1 м/с.

10057: температура воздуха +5,7 С.

20048: температура точки росы +4,8 С.

40199: атмосферное давление на уровне моря 1019,9 гПа.

54000: за последние 3 часа давление не менялось.

69962: за последние 12 часов выпало 0,6 мм осадков.

70252: погода в срок – «небо без изменений», между сроками отмечена морось.

886//: количество нижней облачности – 10 баллов, форма облачности нижнего яруса – St, форму облачности среднего и верхнего ярусов определить невозможно.

333: отличительная группа секции 3.

10074: максимальная температура воздуха за день: +7,4<sup>0</sup>С.

88712: количество нижней облачности – 10 баллов, форма облачности – St, высота нижней границы облаков – 360 м.

### **3. Контрольные вопросы:**

1. Что называется уровнем конденсации?
2. По какому принципу составлена международная классификация облаков?

### **Отчетный материал**

1. Решенные задачи
2. Таблица классификации облаков
3. Ответы на контрольные вопросы

## **Практическая работа № 4**

### **Составление и анализ синоптических карт погоды и карт барической топографии**

**Цель:** Приобрести навыки в составлении приземных карт погоды.

**Знать:** Признаки проведения атмосферных фронтов, наноску на картах барической топографии.

**Уметь:** Проводить анализ синоптического положения и составлять краткосрочные прогнозы погоды.

#### **Исходные данные и принадлежности:**

Атлас облаков, код КН-01, бланки приземных карт погоды, карт барической топографии.

#### **Задание:**

1. Нанесение данных о фактической погоде на бланки приземных карт.
2. Проведение анализа синоптического положения с помощью приземных карт погоды и карт барической топографии
3. Ответить на контрольные вопросы

#### **Порядок выполнения работ и указания:**

1. Повторить теоретический материал о приземных картах и картах барической топографии.
2. На бланках нанести данные о фактической погоде, расшифровывая метеорологические телеграммы с помощью кода КН-01 (Бланки кольцевых карт погоды).
3. Провести линии равного давления – изобары и выявить барические образования.
4. Выделить зоны осадков и других метеорологических явлений.
5. Провести анализ приземного поля.

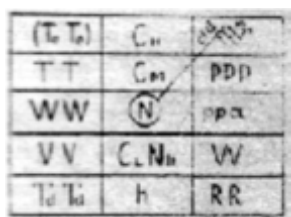
## Приземные синоптические карты

Приземные синоптические карты делятся на карты фактической погоды и прогностические карты. Приземная синоптическая карта фактической погоды является главной при составлении прогноза погоды.

Название "приземная" не означает, что эта карта отражает только свойства атмосферы у поверхности земли, а указывает, что данные, нанесенные на карту, получены путём наблюдений на "наземных" метеорологических станциях.

### Приземные карты фактической погоды (анализ приземный)

Приземные карты фактической погоды передаются за основные сроки наблюдений: за 3, 9, 15 и 21 час московского времени или за 0, 6, 12 и 18 часов гринвичского времени. На этой карте показывается большой комплекс метеорологических элементов в соответствии с международным кодом КН-01, поэтому приземные карты фактической погоды часто называют комплексными картами погоды.



|         |        |     |
|---------|--------|-----|
| (Tt Tt) | Cn     | PDD |
| TT      | Cn     | PDD |
| WW      | (N)    | h   |
| VV      | C.L.Nh | VV  |
| Tt Tt   | h      | RR  |

При чтении приземной синоптической карты фактической погоды необходимо иметь в виду, что значения метеорологических элементов и явлений наносятся цифрами или символами (значками) в строго определенном месте относительно центра, за который принимается место пункта наблюдения.

Приняты следующие обозначения:

N - общее количество облаков (часть небосвода, покрытая облаками по десятибалльной шкале). Место метеостанции;

dd - направление ветра у поверхности Земли в десятках градусов по шкале 00-36, изображается стрелкой, идущей к центру кружка по направлению ветра;

ff - скорость ветра в метрах в секунду, изображается в виде оперения у конца стрелки направления ветра под углом к ней примерно 120 градусов и черного треугольника;

Nh - количество облаков CL или, (если облаков CL нет), CM в баллах.

ppp - давление воздуха в десятых долях миллибара, без сотен и тысяч;

±pp - величина барической тенденции в десятых долях миллибара или гПа за последние 3 часа, знаки плюс или минус перед pp означают соответственно повышение или понижение давления за последние 3 часа;

a - характеристика барической тенденции за последние 3 часа;

Ds - генеральное направление перемещения судна за последние 3 часа по генеральному направлению, показывается стрелкой, направленной в сторону перемещения;

Vs - средняя скорость перемещения судна за последние 3 часа по генеральному направлению, обозначается цифрами кода;

TwTwTw - температура воды в поверхностном слое, дается в градусах Цельсия с точностью до десятых долей (отделяемых от целого числа запятой);

TsTs - разность между температурой воздуха и температурой воды в поверхностном слое, дается как вверх (Tw);

Is - причина обледенения судна, выражается цифровым кодом, в котором 1 - означает морские брызги, 2 - туман, 3 - брызги и туман, 4 - дождь, 5 - брызги и дождь;

EsEs - толщина отложения льда при обледенении судна в сантиметрах;

Rs - степень обледенения судна в цифровом коде, где 1 - лед нарастает медленно, 2 - лед нарастает быстро, 3 - лед тает или взламывается медленно, 4 - лед тает или взламывается быстро.

ww - погода в срок наблюдения или в течение последнего часа;

w - прошедшая погода;

VV - горизонтальная дальность видимости в километрах, изображается цифрами кода от 00 до 50 - видимость от 0 до 5 км, например, цифра 14 означает видимость 1,4 км; цифрами от 56 до 80 видимость от 6 до 30 км, например, 56-6, 61-11, 79-29 км;

C - облака слоисто-кучевые, слоистые, кучевые и кучево-дождевые;

См-облака высоко-кучевые, высоко-слоистые и слоисто-дождевые;

Сн - облака перистые, перисто-кучевые и перисто-слоистые;

h - высота облаков CL или См над поверхностью Земли в метрах;

PPP - атмосферное давление, выражается в десятых долях гПа (цифры, выражающие тысячи и сотни гПа опускаются);

ТТ - температура воздуха в целых градусах Цельсия;

TdTd - температура точки росы в градусах Цельсия;

(Te Te) - экстремальная температура воздуха в градусах Цельсия;

TsTs - разность между температурой воздуха и температурой воды на поверхности моря в градусах Цельсия. На морских картах наносится место (Te Te).

Направление ветра наносится стрелкой, направленной к центру станции.

Скорость ветра обозначается кругом с перьями на этих рисунках слева направо:



- штиль (кружок),

- стрелка без пера - 1 м/сек.

- малое перо - 2 - 3 м/сек.

- большое перо - 5 м/сек  $\pm$  1 м/сек (10 узлов).

- 2 больших пера - 10 м/сек  $\pm$  1 м/сек (20 узлов).

33

- 25 м/сек  $\pm$  1 м/сек (50 узлов).

- 50 м/сек  $\pm$  1 м/сек (100 узлов).



Общее количество облаков (N) в баллах показано зачерненной частью круга (небосвода).

Слева направо на рисунках показаны:



0 баллов,

1 балл,

2-3 балла,

4 балла,

5 баллов,

6 баллов,

7-8 баллов,

9 баллов,

10 баллов.

**На приземной синоптической карте фактической погоды указывается:**

- значения метеорологических элементов на указанный момент времени согласно схеме метеорологического кода КН-01;

- барические образования, обозначенные буквами Н (низкое)- циклон и В (высокое) - антициклон,

- изобары, проведенные толстыми линиями через 5 мб, с обозначением цифрами в разрывах или на концах их величин атмосферного давления в миллибарах;

- изоллобары, проведенные пунктирными линиями, в разрыве которых указаны величины барических тенденций;

С приземной синоптической карты фактической погоды можно получить:

- фактическую погоду в интересующем районе на момент, для которого составлена карта,

- направление и скорость перемещения барических образований и фронтов в прошлом и на ближайшее время способом сопоставления смежных карт.



Рис.1. Форма нанесения метеорологических данных на приземной карте погоды.

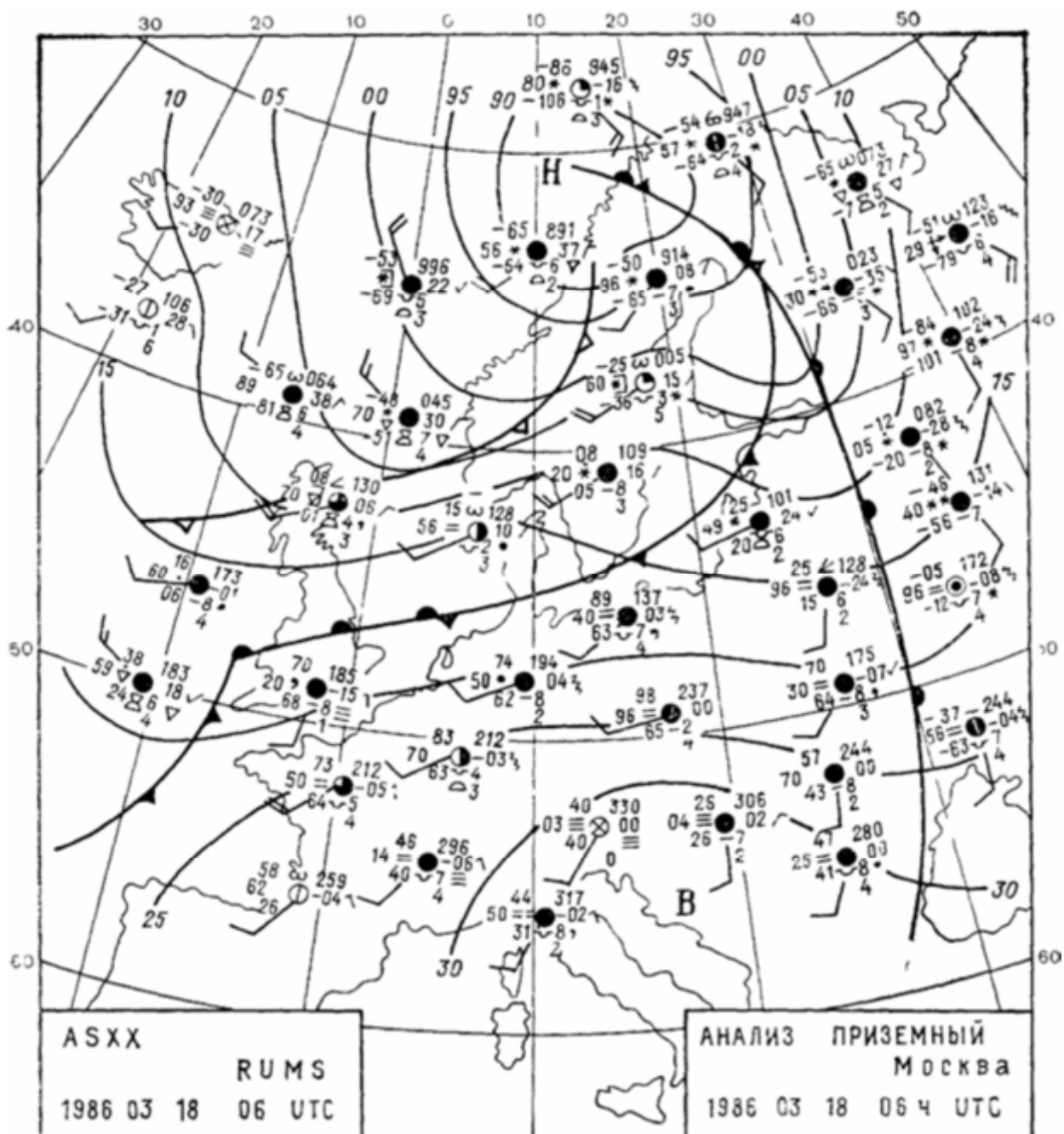
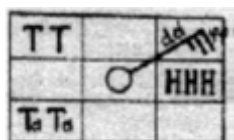


Рис. 2. Приземная карта погоды.

### Карты абсолютной топографии (АТ)

а) Карты абсолютной топографии фактических данных



На этих картах все данные нанесены в определенных местах относительно станции, согласно схеме, показанной на рисунке, где:

ННН - высота данной изобарической поверхности в геопотенциальных декаметрах над уровнем моря;

ТТ - температура воздуха на уровне изобарической поверхности в градусах Цельсия;

TdTd - точка росы в градусах Цельсия.

Кружком с перьями обозначается направление ветра на уровне изобарической поверхности. Скорость ветра обозначается перьями:

- маленькое перо - 10 км/час; 2,8 м/сек; 5,4 узла;
- большое перо - 20 км/час; 5,6 м/сек; 10,8 узлов;
- зачерненный треугольник - 100 км/час; 28 м/сек; 54 узла.

**На картах абсолютной топографии нанесено:**

- трафарет, в котором указывается название карты (АТ-800, АТ-700 и т.д.); время по Гринвичу, в скобках московское, на которое составлена карта; число, месяц и год; город передачи и масштаб;

- барические образования, обозначенные буквами Н (низкое) - циклон, В (высокое) - антициклон;

- температура воздуха, направление и скорость ветра на уровне изобарической поверхности, точка росы согласно схеме, указанной выше на рисунке;

- изогипсы, проведенные через 4 декаметра (40 геопотенциальных метров), в разрывах или на концах которых указаны высоты в геопотенциальных декаметрах, для карт:

АТ-850 - 132, 128, 124, 120 и т.д.,

АТ-700 - 312, 308, 304, 300 и т.д.,

АТ-500 - 572, 568, 564, 560 и т.д.;

- внизу справа - название проекции (например, стереографическая полярная проекция).

**Карта абсолютной топографии фактических данных позволяют:**

- определить элементы ветра (направление и скорость ведущего потока) на уровне изобарической поверхности;

- предсказать направление и скорость перемещения приземных барических образований и фронтов;
- предсказать возникновение и эволюцию приземных барических образований;
- определить положение высотной планетарной фронтальной зоны (ВПФЗ);
- определить наклон вертикальной оси циклонов и антициклонов;
- определить влажность воздуха.

**ПРОГНОЗ ПОГОДЫ (П.п.)** - научно обоснованное предвидение изменений погоды, являющиеся результатом анализа крупномасштабных атмосферных (атм.) процессов, и применения известных науке закономерностей их развития.

Прогнозы погоды (П.п.) составляются метеорологическими подразделениями и службами практически всей планеты. Для сбора и передачи метеоинформации между собой, используется универсальный (международный) метеорологический код.

П.п. делятся на краткосрочные (от нескольких часов до 1-2 сут.), долгосрочные малой заблаговременности (3-10 сут.), долгосрочные большой заблаговременности (на месяц и более). П.п. составляются для терр. (область, край, страна, акватории морей и т.п.), а также отд. населённых пунктов, аэропортов, авиатрасс, автомоб. и ж.-д. магистралей и т. п.

П.п. подразделяются на специализированные, предназначенные для спец. пользователей (авиация, судоходство, рыбный промысел, сельское х-во и т.д., и общего пользования – для населения.

#### Пример № 1

Спец.прогноза для авиации:

П.п. с 09.00 до 18.00. обусловится ложбиной с прохождением холодного фронта. Облачность 7-10 бал. с 13.00 4-7 бал. верхней, средней, кучевой, кучево-дождевой, разорванно-дождевой Нн 500-800м, начале 200-300м. Нв 5-6км кучево-дождевой 9 -10км. Дымка в первой половине срока Дождь, Гроза,

Болтанка сильной интенсивности, Статич. электр-во. Видимость 6-10км дожде 3-4км. Ветер в слое 1,5-9км 240-260гр 50-70км/ч. Ветер у земли 120-140гр с 13-14час переход 190-210гр 5-8м/с порывы 7-10м/с. Тем-ра +5+8гр.

#### Пример № 2

П.п. Общего пользования:

Завтра ожидается: Облачная погода, местами Дождь, Гроза. Тем-ра +5+8гр.

Пример №2 - это повседневный прогноз, который мы слышим каждый день в СМИ и даётся он по очень большой площади т.е. не конкретно.

К первому относятся также предупреждения об опасных явлениях погоды (ОЯП) в авиации их называют штормовыми (гроза, смерч, шквал, град, сильное обледенение, гололёд, туман, метель, сильный ветер, пыльная буря, заморозки и др.), которые могут вызвать затруднения в работе отдельных отраслей жизнедеятельности человека или причинить ущерб, а также угрожать безопасности населения.

Метеорологические подразделения и службы кроме штормовых оповещений об ОЯП, подают штормовые оповещения о наблюдающихся особо опасных метеорологических, гидрологических, геофизических, а также аномальных атмосферных и космических явлениях.

#### Компьютерный прогноз

Сами по себе данные наблюдений – это еще не прогноз. После их обработки (распознавание, раскодирование и первичный контроль) проводится так называемый «объективный анализ». Фактически это формирование массива данных о различных метеорологических параметрах (давление, влажность, температура, скорость ветра, облачность) на разных высотах в узлах регулярной широтно-долготной сетки. Название «объективный» сложилось исторически, оно пришло из времен, когда анализ производился «вручную» и сравнивался с компьютерным (последний и называли «объективным»).

Эта объемная «метеосетка» используется как начальные данные для следующего этапа – подготовки численного прогноза погоды с помощью прогностической модели, сложной компьютерной программы, которая решает систему уравнений, описывающих динамику атмосферы, причем с учетом различных физических эффектов, не наблюдаемых в идеальном газе. В прогностической модели учитываются вращение Земли, сила тяжести, солнечное и отраженное от поверхности Земли излучение, фазовые переходы воды и т.д. Полученные решения уже позволяют прогнозировать, как может повести себя погода в ближайшем будущем.

«Численный прогноз – одна из самых сложных вычислительных задач. Для подобных расчетов любых вычислительных ресурсов всегда мало, – поясняет Дмитрий Киктев, заместитель директора Гидрометцентра РФ. – Со временем модели совершенствуются, мощность компьютеров растет – и качество прогнозов улучшается. Например, сейчас успешность прогнозов погоды на трое суток находится на уровне успешности прогнозов на одни сутки 30 лет назад».

#### Последнее слово

Однако и численно рассчитанная на компьютере модель поведения погоды тоже еще не полноценный прогноз. Эту модель нужно оценить и интерпретировать, и здесь невозможно обойтись без специалиста-синоптика.

На сегодняшний день прогностические компьютерные модели не способны прогнозировать целый ряд погодных явлений. Это связано с тем, что многие погодные явления (в том числе опасные) имеют локальный характер и сложную природу, описать формально которую в настоящее время почти невозможно. По этой причине туманы, гололед и т.п. прогнозируются в основном специалистами на местах, которые хорошо знают условия их образования и развития в конкретном регионе. Но даже после анализа всей доступной информации последнее слово все равно остается за человеком.

**Особо опасными явлениями** считаются явления, которые по своей интенсивности, времени возникновения, продолжительности и площади распространения могут нанести или нанесли значительный ущерб. К ним относятся:

- ветер со скоростью более 30 м/с;
- град диаметром более 30 мм;
- сильный дождь и снегопад с интенсивностью, превышающей критические значения, установленные для данного района;
- повышение уровня воды в реках, водоёмах до критических значений, наводнения, заторы, зажоры, угрожающие затоплением районов жизнедеятельности людей промышленных и стратегических объектов;
- селевые потоки и снежные лавины;
- извержения вулканов;
- землетрясения и цунами.

**К аномальным атмосферным и космическим явлениям** оптического, электрического и иного происхождения, относятся:

- необычные частицы, выпадающие из атмосферы;
- окрашенные осадки или осадки иного необычного вида и свойства;
- необычные световые, акустические, электромагнитные и другие явления в атмосфере и космическом пространстве.

**Изучить местные признаки погоды и применять их при составлении краткосрочного прогноза погоды.**

### **МЕСТНЫЕ ПРИЗНАКИ ПОГОДЫ**

#### **ПРИЗНАКИ УСТОЙЧИВОЙ ХОРОШЕЙ ПОГОДЫ**

1. Высокое давление, в течение нескольких дней медленно и непрерывно повышающееся.



2. Правильный суточный ход ветра: ночью тихо, днем значительное усиление ветра; на берегах морей и больших озер, а также в горах правильная смена ветров:

- днем - с воды на сушу и из долин к вершинам,
- ночью - с суши на воду и с вершин в долины.

3. Зимой ясное небо, и только к вечеру при штиле могут наплывать тонкие слоистые облака. Летом, наоборот: развивается кучевая облачность и к вечеру исчезает.

4. Правильный суточный ход температуры (днем повышение, ночью понижение). В зимнее время температура низкая, летом высокая.

5. Осадков нет; ночью сильная роса или иней.

6. Приземные туманы, исчезающие после восхода Солнца.

### **ПРИЗНАКИ УСТОЙЧИВОЙ ПЛОХОЙ ПОГОДЫ**

1. Низкое давление, мало изменяющееся или еще более понижающееся.

2. Отсутствие нормального суточного хода ветра; скорость ветра значительная.

3. Небо сплошь затянуто слоисто-дождевыми или слоистыми облаками.

4. Продолжительные дожди или снегопады.

5. Незначительные изменения температуры в течение суток; зимой относительно тепло, летом прохладно.

### **ПРИЗНАКИ УХУДШЕНИЯ ПОГОДЫ**

1. Падение давления; чем быстрее падает давление, тем скорее изменится погода.

2. Ветер усиливается, суточные колебания его почти исчезают, направление ветра меняется.

3. Облачность увеличивается, причем часто замечается следующий порядок появления облаков: появляются перистые, затем перисто-слоистые (движение их настолько быстрое, что заметно на глаз), перисто-слоистые сменяются высокослоистыми, а последние - слоисто-дождевыми.

4. Кучевые облака к вечеру не рассеиваются и не исчезают, и количество их даже увеличивается. Если они принимают форму башен, то следует ожидать грозы.

5. Температура зимой повышается, летом же отмечается заметное уменьшение ее суточного хода.

6. Вокруг Луны и Солнца появляются цветные круги и венцы.

### **ПРИЗНАКИ УЛУЧШЕНИЯ ПОГОДЫ**

1. Давление повышается.

2. Облачность становится меняющейся, появляются просветы, хотя временами все небо еще может покрываться низкими дождевыми облаками.

39

3. Дождь или снег выпадают временами и бывают довольно сильными, но не отмечается непрерывного выпадания их.

4. Температура зимой понижается, летом повышается (после предварительного понижения).

### **1. Контрольные вопросы:**

1. Чем характеризуется приземная карта погоды?
2. Как проводятся изобары?
3. Что такое карты барической топографии и их информационный смысл?
4. Что такое изотермы?
5. Что такое приземный анализ погоды?
6. Дайте определение изоллобарам?

### **Отчетный материал**

1. Приземные карты с наноской фактической погоды
2. Результаты приземного анализа синоптических карт.
3. Ответы на контрольные вопросы
4. Наноска на карты барической топографии

## **Практическая работа № 5**

### **Графическое изображение и анализ барического поля.**

**Цель:** Приобрести навыки в графическом изображении барического поля, положения изобарических поверхностей при изменении температуры и давления воздуха с высотой, в циклоне и антициклоне, научиться графически изображать изобарические поверхности и строить проекции различных видов барического рельефа

#### **Исходные данные и принадлежности:**

Примеры для графического построения, карандаш, линейка, ластик, калькулятор

#### **Задание:**

1. Вычислить высоту изобарических поверхностей в трех точках и изобразить графически их положение в пространстве
2. Сделать анализ положения полученных изобарических поверхностей
3. Вычертить схему вертикального разреза циклона и антициклона
4. Ответить на контрольные вопросы

#### **Порядок выполнения работ и указания:**

#### **Решить задачи:**

##### **Задача № 1**

1. Условно изобразить уровень земной поверхности и отметить на ней три точки (А, В и С) на расстоянии 3 см. Во всех точках температура равна 0°C, давление 1000 гПа. Значение температуры и давления обозначить около каждой точки.

2. Определить высоту, на которой давление над точками равно 995, 990 и 985 гПа (Для определения высоты необходимо вычислить барическую ступень).

Соединить точки с одинаковым значением давления прямыми линиями. Около каждой прямой обозначить соответствующее ей давление. Полученные

три прямые являются проекциями соответствующих изобарических поверхностей на вертикальную плоскость.

3. Сделайте вывод о положении изобарических поверхностей при одинаковом атмосферном давлении и температуре у поверхности земли.

### **Задача № 2**

1. Условно изобразить уровень земной поверхности и отметить на ней три точки (А, В и С) на расстоянии 3 см. Во всех точках давление 1000 гПа, а температура в точках:  $A = 0^{\circ}$ ,  $B = 10^{\circ}$ ,  $C = 20^{\circ}$ . Значение температуры и давления обозначить около каждой точки.

2. Определить высоту, на которой давление над точками равно 995, 990 и 985 гПа (Для определения высоты необходимо вычислить барическую ступень). Соединить точки с одинаковым значением давления прямыми линиями. Около каждой прямой обозначить соответствующее ей давление. Сделать вывод о положении изобарических поверхностей, ответив на вопросы:

- 1) Чем отличается положение проекций изобарических поверхностей на вертикальную плоскость в первом случае от второго?
- 2) В каком воздухе изобарические поверхности приподняты?
- 3) Почему расстояние между двумя соседними изобарическими поверхностями в теплом воздухе больше, чем в холодном?

### **Задача № 3**

1. Представить схематически вертикальный разрез положения изобарических поверхностей в циклоне. На условной линии земли изобразить три точки (А, В и С). В центре циклона с давлением 1000 гПа расположена точка В. Точки А и С – на западной и восточной периферии, с давлением 1020 гПа.

2. Определить высоту точек, в которых давление будет 950, 900 и 850 гПа, барическая ступень равна 10 м/гПа. Точки с вышеуказанными значениями давления отметить над всеми точками у земли. Соединить последовательно плавными кривыми линиями точки с одинаковым давлением.

3. Сделайте вывод о положении изобарических поверхностей в циклоне.

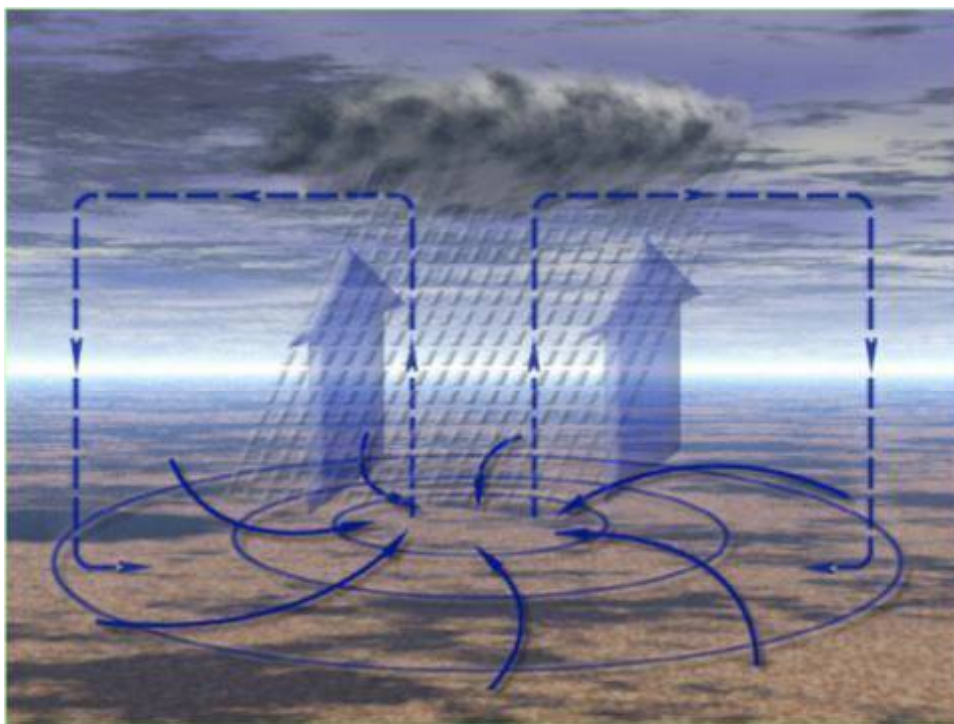


Рис. 1 Схема образования циклонов

#### **Задача № 4**

1. Представить схематически вертикальный разрез положения изобарических поверхностей в антициклоне. На условной линии земли изобразить три точки (А, В и С). В центре циклона с давлением 1020 гПа расположена точка В. Точки А и С – на западной и восточной периферии, с давлением 1000 гПа.

2. Определить высоту точек, в которых давление будет 950, 900 и 850 гПа, барическая ступень равна 10 м/гПа. Точки с вышеуказанными значениями давления отметить над всеми точками у земли. Соединить последовательно плавными кривыми линиями точки с одинаковым давлением.

3. Сделать вывод о положении изобарических поверхностей в антициклоне.

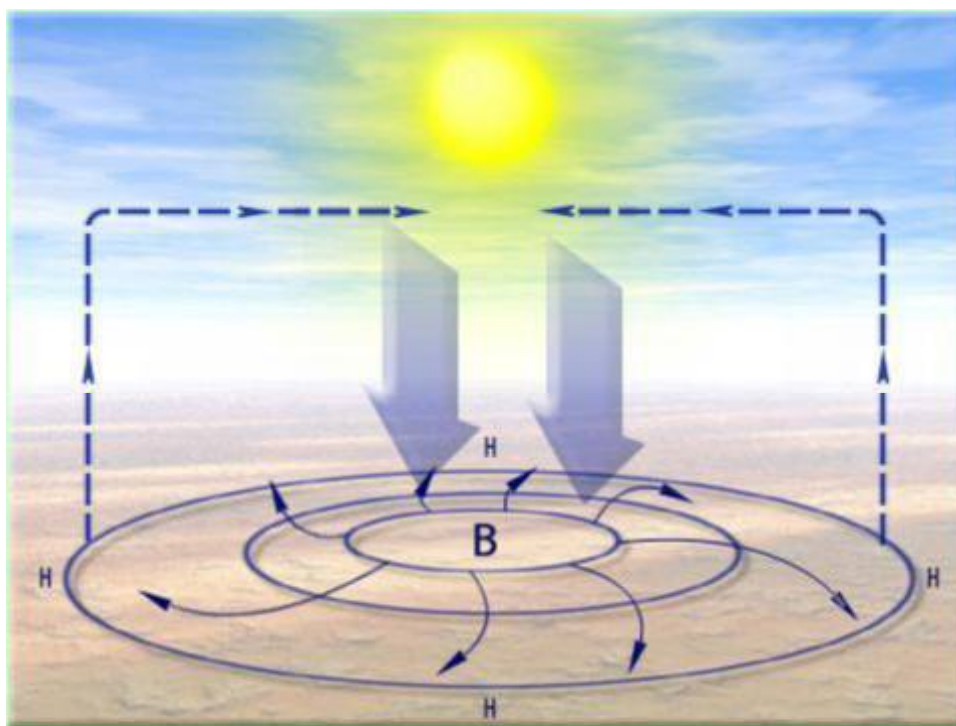
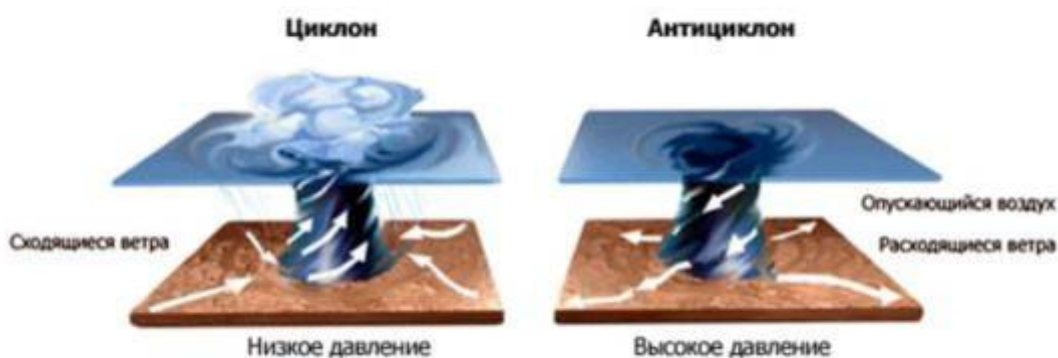


Рис.2 Схема образования антициклонов



### Контрольные вопросы:

1. Какую форму имеют изобарические поверхности в пространстве в циклоне и антициклоне?
2. В каком воздухе на заданной высоте давление выше: в теплом или холодном при одинаковом значении давления у земли?

### Литература:

1. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. – 4-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008.
2. Атлас облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 2007.

3. Матвеев Л.Т., Общая метеорология. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 2009

4. Тверской П.Н. Курс метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 2007.

### Практическое занятие № 6

#### Анализ общей циркуляции в атмосфере Определение характеристик воздушных масс и атмосферных фронтов

**Цель:** Приобретение практических навыков в работе по определению барических систем как основных климатообразующих факторов, познакомиться с синоптическими картами и типами погод в зависимости от синоптической обстановки.

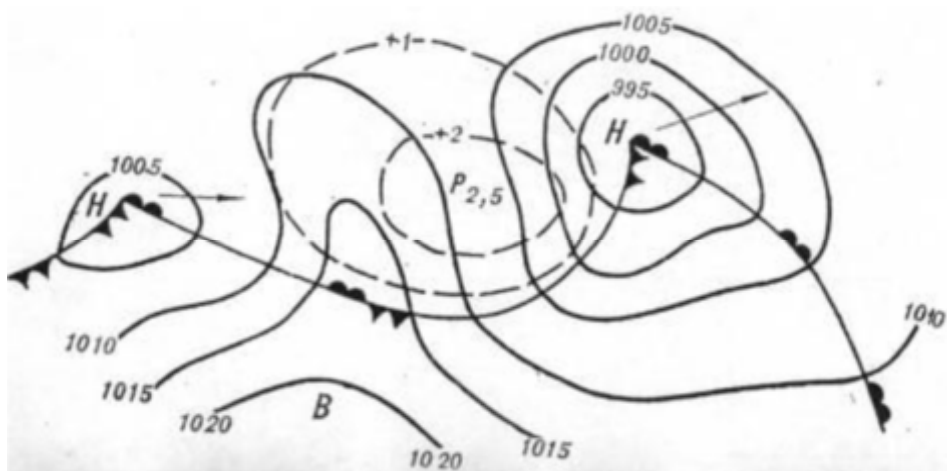
#### Оборудование и учебные пособия:

1. Географический атлас.
2. Контурные карты мира.

#### Порядок выполнения:

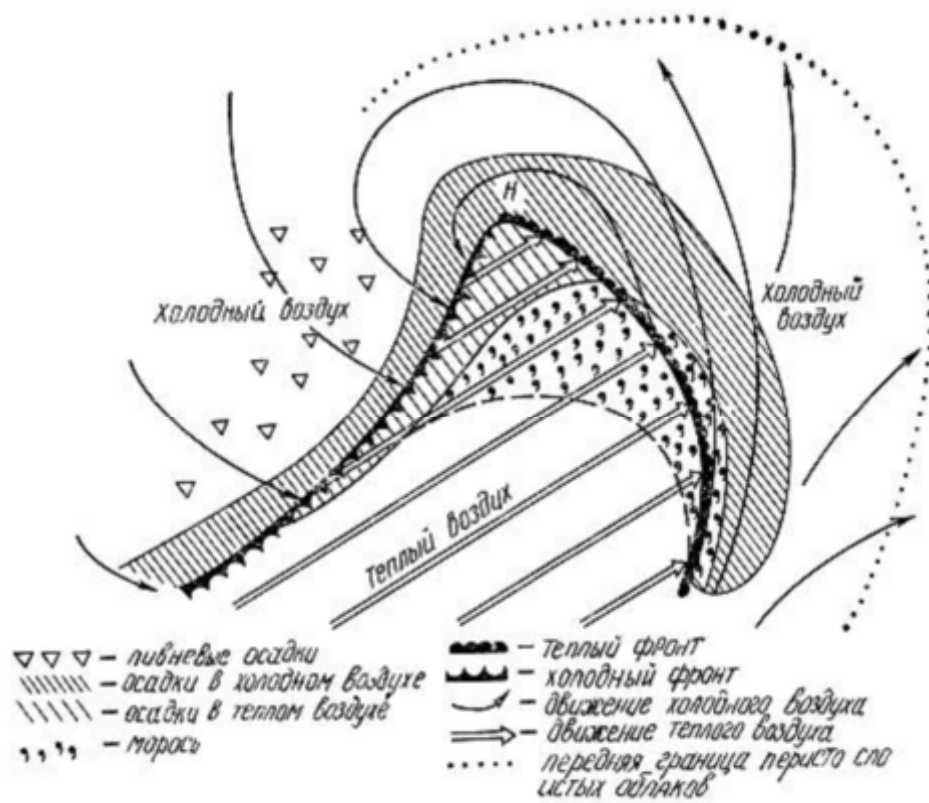
**Задание 1.** Дать характеристику барических поясов и их взаимодей-

ствия.

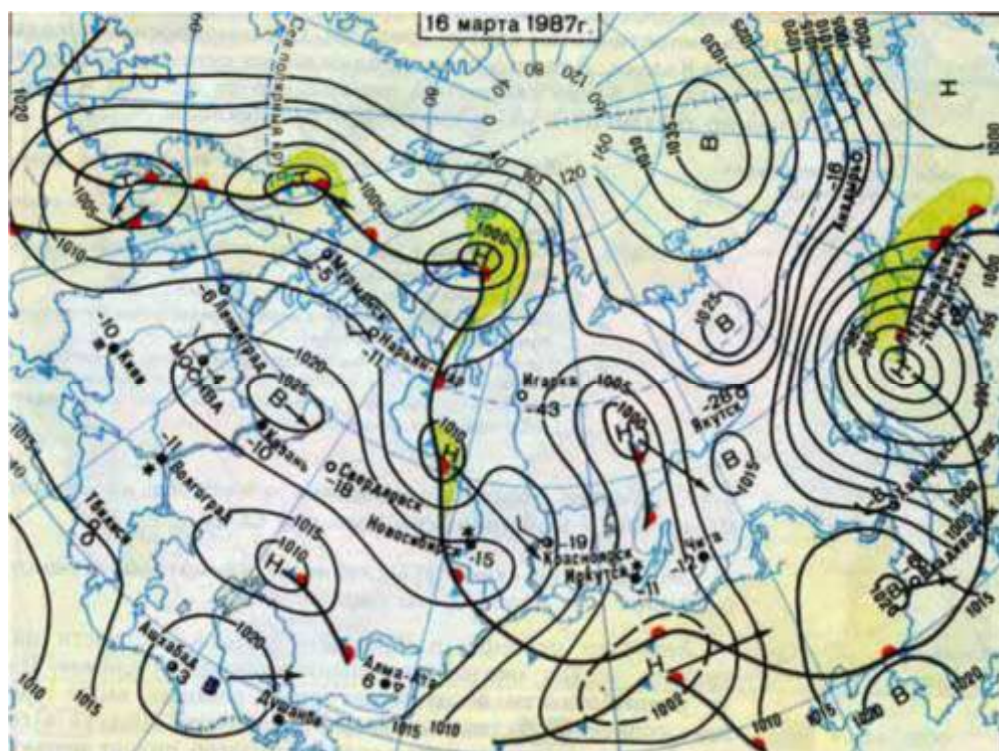


**Задание 2.** Построить и проанализировать схему общей циркуляции атмосферы. **Задание 3.** Дать описание климатических и атмосферных фронтов и описание типов воздушных масс





**Задание 4.** Построить и проанализировать схему теплового и холодного фронтов.



**Задание 5.** Прокомментируйте схему.





**Задание 6.** Назовите основные типы воздушных масс. Какие из них формируются над территорией России? Дать характеристику основных типов воздушных масс.



### Контрольные вопросы:

1. Какая была бы общая циркуляция атмосферы без учета подстилающей поверхности и вращения Земли?
2. Какую роль в общей циркуляции атмосферы играет подстилающая поверхность?
3. Чем обусловлен западный перенос воздуха и на какой широте он наблюдается?
4. Какие воздушные массы бывают по физическим свойствам и по условиям образования?
5. Что такое атмосферные фронты и когда они образуются?
6. В чем отличие атмосферных фронтов от климатических?
7. Что такое воздушные массы?

8. Назовите основные типы воздушных масс. Какие из них формируются над территорией России?

9. Дать характеристику основных типов воздушных масс.

10. Чем отличаются по своим свойствам континентальные воздушные массы и морские? Где формируются?

47

11. Почему воздух, формирующийся над центральными и восточными районами Северного ледовитого океана, называют континентальный арктический, а над Баренцевым морем—морской арктический?

12. В чём причина перемещения воздушных масс?

13. Что такое трансформация воздушных масс?

### **Литература:**

1. Матвеев Л.Т., Общая метеорология. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 2009.

2. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. – Л.: Гидрометеиздат, 2008.

3. Полтараус Б.В., Кислов А.В. Климатология. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007.

4. Тверской П.Н. Курс метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 2008.

## **Практическое занятие № 7**

### **Анализ климатов по климатическим поясам. Классификация климатов Земли по Б.П.Алисову**

**Цель:** Усвоение и закрепление теоретических знаний по разделу «Климат».

Составление климатических характеристик по многолетним данным

#### **Оборудование и учебные пособия:**

1. Контурные карты.
2. Географический атлас.
3. Цветные карандаши.
4. Неклюкова Н.П. Общее землеведение, 2008

#### **Порядок выполнения:**

**Задание 1.** Нанести на контурную карту границы климатических поясов и областей.

**Задание 2.** Дать краткую характеристику расположения каждого пояса в южном и северном полушарии. Учебник Неклюковой Н.П. стр.192-197

**Задание 3.** Объяснить причины неоднородности климата в пределах широтных поясов.

**Задание 4.** Дать характеристику основных климатических показателей (температура, осадки, влажность) по климатическим поясам.

**Задание 5.** По данным среднемесячных значений температуры, осадков и влажности, определить, к какому типу климата отнести данный пункт. Практикум Пашканга К.В. стр.574-77, табл.24.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие классификации климатов вы знаете?
2. На каких признаках построены эти классификации?
3. Как называется классификация Б.П.Алисова и что положено в ее основу?

4. Назвать наиболее важные метеорологические элементы, по которым можно судить о типе погоды.

6. Что такое воздушные массы?

7. Назовите основные типы воздушных масс. Какие из них формируются над территорией России?

8. Дать характеристику основных типов воздушных масс.

9. Чем отличаются по своим свойствам континентальные воздушные массы и морские? Где формируются?

10. Почему воздух, формирующийся над центральными и восточными районами Северного ледовитого океана, называют континентальный арктический, а над Баренцевым морем—морской арктический?

11. В чём причина перемещения воздушных масс?

12. Что такое трансформация воздушных масс?

#### **Литература:**

1. Полтараус Б.В., Кислов А.В. Климатология. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007.

2. Тверской П.Н. Курс метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 2008.

**ДАЛЕЕ ИДУТ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ. КОТОРЫЕ ВСЕ ПЕРЕКО-  
ШЕННЫЕ**

### 3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

#### ИЗМЕРЕНИЕ И РЕГИСТРАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** освоение способов и приобретение навыков измерения температуры воздуха.

Атмосфера является составной частью биосферы и представляет собой газовую оболочку Земли, вращающуюся вместе с ней, как единое целое. Суммарная масса земной атмосферы  $5,3 \cdot 10^{16}$  тонн. При этом, примерно 90% массы воздуха находится на высоте менее 15 км, 9% - на высоте 15-30 км, и на высоте 30-48 км примерно 0,9%.

Атмосфера состоит из смеси газов, называемой воздухом, в котором находятся во взвешенном состоянии жидкие и твердые частички, масса которых существенно мала в сравнении со всей массой атмосферы. Атмосферный воздух у земной поверхности, как правило, является *влажным*, так как в его состав входит водяной пар. Воздух без водяного пара называется *сухим*. У земной поверхности сухой воздух на 99% состоит из азота – 78% по объему и кислорода 21%. Остальные компоненты воздуха представлены в сумме по объему - 1%.

Из-за неравномерности нагрева солнечной энергией в атмосфере образуются мощные вертикальные потоки воздуха, а в приземном слое отмечается неустойчивость его температуры, относительной влажности, давления и т.п. Но при этом температура в тропосфере по высоте является стабильной и уменьшается на  $0,6^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м в диапазоне от  $+40$  до  $-50^{\circ}\text{C}$ .

В тропосфере содержится до 80% всей влаги, имеющейся в атмосфере, в ней образуются облака и формируются все виды осадков, которые по своей сути являются очистителями воздуха от примесей.

На земной поверхности контраст температуры воздуха между экватором и полюсами весьма ощутим, но в тропосфере эта разность сглаживается с высотой. Перепады температур в тропосфере определяют энергию атмосферной

циркуляции. Главное, что характеризует эту циркуляцию, – преобладание западных ветров скорости больше зимой, чем летом, и усиление их с высотой. Горизонтальный перенос воздуха сопровождается вертикальным перемещением и турбулентным (неупорядоченным) движением. Вследствие подъёма и опускания больших масс воздуха образуются и рассеиваются облака, возникают и прекращаются осадки.

### ЗАДАНИЕ:

1. Составить характеристику термометров для измерения и регистрации температуры воздуха (рис.1); записать данные в виде таблицы 1.1.



Термометр ртутный метеорологический максимальный ТМ-1



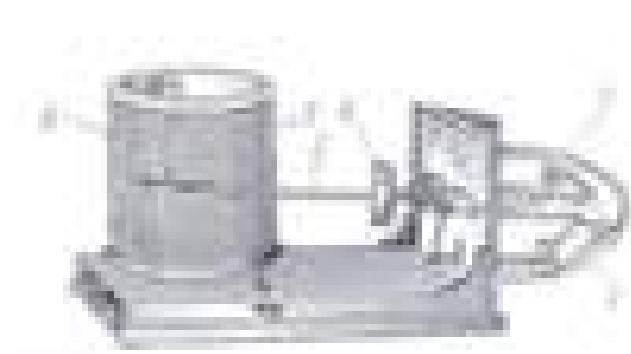
Термометр спиртовой метеорологический минимальный ТМ-2



Термометр психрометрический ртутный метеорологический ТМ-4



Термометр спиртовой метеорологический низкоградусный ТМ-9



Термограф метеорологический с биметаллическим чувствительным элементом М-16А

Рис. 1. Приборы для измерения и регистрации температуры воздуха

Таблица 1.1

**Характеристика приборов для измерения и регистрации температуры воздуха**

| Название термометра                                           | Назначение | Термометрическая жидкость | Габаритные размеры |                      | Диапазон измерения |     | Цена деления шкалы, °С |
|---------------------------------------------------------------|------------|---------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----|------------------------|
|                                                               |            |                           | Общая длина, мм    | Диаметр оболочки, мм | min                | max |                        |
| Термометр ртутный метеорологический максимальный ТМ-1         |            |                           |                    |                      |                    |     |                        |
| Термометр спиртовой метеорологический минимальный ТМ-2        |            |                           |                    |                      |                    |     |                        |
| Термометр психрометрический ртутный метеорологический ТМ-4    |            |                           |                    |                      |                    |     |                        |
| Термометр спиртовой метеорологический низкотемпературный ТМ-9 |            |                           |                    |                      |                    |     |                        |

2. Рассмотреть устройство термографа метеорологического с биметаллическим чувствительным элементом М-16А. Кратко описать прибор по плану:

- предназначение,
- принцип действия,



- виды в зависимости от типа часового механизма,
  - диапазон регистрируемых температур (°C).
3. Схематично зарисовать термограф, на рисунке отметить основные узлы:
- датчик температуры – биметаллическую пластину,
  - передаточный механизм – рычаг, тяги, регуляторы и оси,
  - регистрирующую часть – стрелки с пером и барабан с часовым механизмом,
  - корпус.
4. Провести измерение температуры воздуха с помощью термометров ТМ-1, ТМ-2 и термографа. Полученные данные занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

### Измерение температуры воздуха

| Название прибора                                                             | Температура воздуха, °C |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Термометр ртутный метеорологический максимальный ТМ-1                        |                         |
| Термометр спиртовой метеорологический минимальный ТМ-2                       |                         |
| Термограф метеорологический с биметаллическим чувствительным элементом М-16А |                         |

### Контрольные вопросы

1. Кто изобрел первый термометр?
2. Какие температурные шкалы вам известны? Какими из них пользуются в настоящее время?
3. Какие виды термометров находят применение в метеорологической сети?
4. Что такое чувствительность термометра?

5. Что такое цена деления термометра?
6. Какие свойства термометрической жидкости определяют ее использование в термометрах?
7. Какие жидкости используют в качестве термометрических?
8. Какие термометры используют для измерения температуры воздуха в зимнее время и какие - в летнее?
9. Какие особенности строения имеет термометр – праш ?
10. Для чего предназначен термограф?
11. В чем сущность психрометрического и пирометрического методов измерения влажности воздуха?
12. Какие приборы используют для измерения влажности воздуха?

### **Литература**

1. Хромов, С. П. Метеорология и климатология / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. - М.: МГУ, 2004. - С. 210, 280.
2. Моргунов, В. К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений / В. К. Моргунов. - Ростов н/Д.: Феникс, 2005. - С. 224-251.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

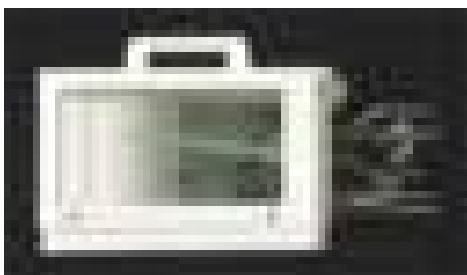
**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Освоение способов и приобретение навыков измерения влажности воздуха

#### ЗАДАНИЕ

1. Составить характеристику приборов для измерения и регистрации

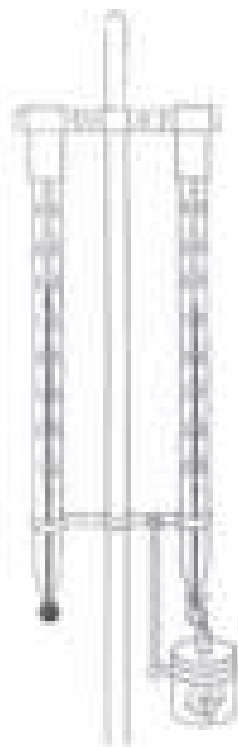


влажности воздуха (рис. 2.1); данный записать в виде таблицы 2.1.



Психрометр аспирационный  
(механический) МВ-4-2М

Гигрометр М-19  
гигрометр М-19



Гигрометр М-21А

Психрометр стационарный

**Рис. 2.1.** Приборы для измерения и регистрации влажности воздуха

Водяной пар ( $H_2O$ ) – важнейший для жизни и весьма изменчивый элемент атмосферы. Большая его часть сосредоточена в самых нижних слоях атмосферы. При этом его количество зависит от температуры воздуха: в теплом воздухе может содержаться больше водяного пара, чем в холодном. Когда при данной температуре количество водяного пара достигает максимума – воздух считается насыщенным. Если воздух охлаждается, то водяной пар превращается в мельчайшие капельки воды, т. е. конденсируется. При очень низкой температуре и большом перенасыщении воздуха водяной пар превращается в ледяные кристаллы, минуя фазу воды. Этот процесс получил название сублимации водяного пара. Благодаря конденсации и сублимации водяного пара, в атмосфере образуется все наблюдаемое многообразие облаков, жидких и твер-

дых осадков (дождь, град, роса, туман и т. п.).

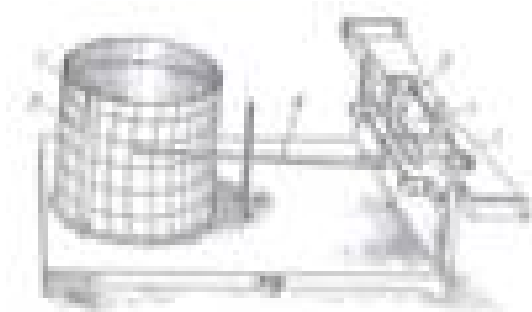


Таблица 2.1

| Название прибора | Назначение | Принцип действия | Диапазон измерения, °С | Габаритные размеры, мм |
|------------------|------------|------------------|------------------------|------------------------|
|------------------|------------|------------------|------------------------|------------------------|

|                                                 |  | прибора | min | max |  |
|-------------------------------------------------|--|---------|-----|-----|--|
| Гигрограф М-21А                                 |  |         |     |     |  |
| Психрометр аспирационный (механический) МВ-4-2М |  |         |     |     |  |
| Гигрометр М-19                                  |  |         |     |     |  |

### **Характеристика приборов для измерения и регистрации влажности воздуха**

2. Схематично зарисовать стационарный психрометр, на рисунке отметить:

- штатив
- сухой термометр
- смоченный термометр
- батист
- стаканчик с дистиллированной водой.

1. Схематично зарисовать гигрограф М-21А, на рисунке отметить:

- чувствительный элемент (пучок обезжиренных человеческих волос)
- передаточный механизм
- регистрирующая часть
- корпус.

2. Провести измерение относительной влажности воздуха с помощью аспирационного психрометра или психрометра Ассамана. Полученные данные записать в тетрадь.

#### **Инструкция по работе с аспирационным психрометром**

1. Смочить чистой, желательно дистиллированной, водой ткань, которой обернут резервуар правого термометра (влажный термометр).
2. Установить аспирационный психрометр для измерения.
3. Включить электродвигатель вентилятора психрометра.
4. Через 3-5 мин после запуска вентилятора снять показания сухого и влажного термометров.

5. По таблице 2.2 определить относительную влажность воздуха.
6. Результат определения занесите в лабораторный журнал и сделайте вывод.

### ***Литература***

1. Хромов, С. П. Метеорология и климатология / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. - М.: МГУ, 2004. - С. 210, 280.
2. Моргунов, В. К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений / В. К. Моргунов. - Ростов н/Д.: Феникс, 2005. - С. 224-251.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

### **ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучить приборы и приобрести навыки измерения атмосферного давления.

### **ЗАДАНИЕ**

1. Составить краткую характеристику барометра-анероида метеорологического БАММ-1 и барографа метеорологического анероидного М-22А (рисунок 3.1) по плану:
  - Назначение
  - Принцип работы
  - Диапазон измерения давления, кПа (мм.рт.ст.)
  - Условия эксплуатации (температура и влажность).

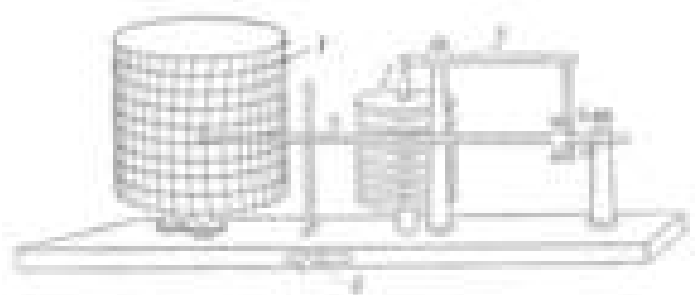
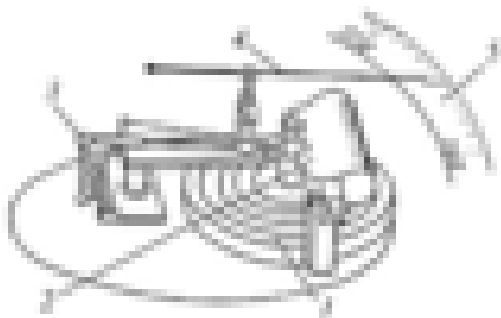
**Рис. 3.1.** Приборы для измерения и регистрации давления воздуха



Барограф метеорологический анероидный  
М-22А



*Атмосферное давление равно весу*



вертикального столба воздуха, простирающегося от любого заданного уровня до внешней границы атмосферы. Оно измеряется в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.), в миллибарах (мб), в гектопаскалях (гПа). Отметим, что  $760 \text{ мм рт. ст.} = 1\,000 \text{ мб} = 1\,000 \text{ гПа}$ .

С высотой атмосферное давление убывает в зависимости от вертикального распределения плотности воздуха, и, следовательно, температуры и влажности. На высоте около 5 км атмосферное давление составляет половину от давления у земной поверхности. Поскольку воздух обладает способностью сжиматься, то давление с высотой падает не линейно, а в геометрической прогрессии. Для определения изменения давления с высотой введено понятие барической ступени.

Под **барической ступенью** понимается расстояние по вертикали (в м), соответствующее изменению атмосферного давления на 1мб. Так, на уровне моря при стандартном давлении в 1 000 мб и температуре 0 °С барическая ступень составляет около 8 м на 1мб, а на высоте 3 км – 15–20 м/мб. Барическая (или барометрическая) ступень зависит от температуры воздуха и, соответственно, увеличивается или уменьшается в теплом или холодном воздухе. Величина, обратная барической ступени, называется **барическим (или барометрическим) градиентом**.

2. Схематично зарисовать барограф М-22А; на рисунке отметить основные узлы:

- приемник давления,
- температурный компенсатор
- передаточный механизм
- регистрирующая часть
- стрелка с пером
- барабан с часовым механизмом
- корпус.

3. Измерить атмосферное давление одним из предложенных приборов. Результаты измерения занесите в лабораторный журнал.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучить принцип действия и устройства для определения скорости ветра.

#### **ЗАДАНИЕ**

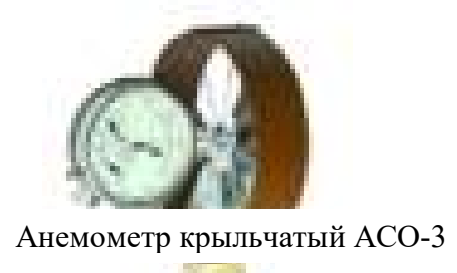
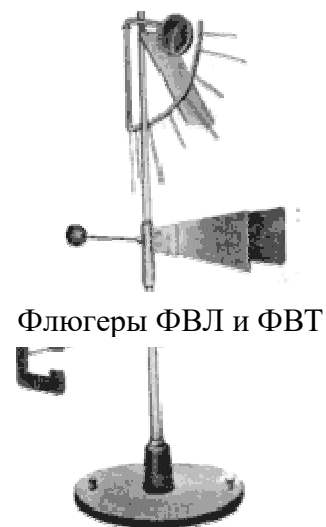
1. Составить характеристику приборов для измерения и регистрации параметров ветра:

- анеморумбометр М63М-1 (с выходом на ПК)
- анемометр чашечный МС-13



- анемометр крыльчатый АСО-3
- флюгеры ФВЛ и ФВТ.

Данные занести в таблицу 4.1.



**Рис. 4.1.** Приборы для измерения и регистрации параметров ветра



Не-



равно-

мерное изменение атмосферного давления у земной поверхности вызывает образование ветра.

**Ветер** – горизонтальное движение воздушных масс из области высокого в область низкого давления. Воздух движется из области высокого давления к

области низкого по наиболее короткому пути – это будет **направление барического градиента**. И чем больше барический градиент, тем больше ускорение ветра. Следовательно, барический градиент – это сила, которая сообщает воздуху ускорение, т. е. вызывает ветер. Однако если бы скорость ветра зависела только от барического градиента, то движение воздуха было бы равномерно ускоренным. На самом деле скорость ветра уменьшается, это происходит потому, что в силу вступает замечательное свойство земного шара – отклоняющая сила вращения Земли и другие силы, уравнивающие силу градиента.

Отклоняющая сила вращения Земли иначе называется **силой Кориолиса**. Механизм действия силы Кориолиса заключается в следующем. Воздух, движущийся над поверхностью вращающейся Земли, получает относительно нее поворотное ускорение, или ускорение Кориолиса. Это ускорение не меняет модуль скорости ветра, но меняет направление его движения, при этом, в северном полушарии вектор смещения направлен вправо от вектора скорости, в южном – влево, а у экватора это смещение равно нулю.

Таблица 4.1

#### Характеристика приборов для измерения и регистрации параметров ветра

| Название прибора                        | Назначение | Принцип действия прибора | Диапазон измерения             |                             |                                  |                         |
|-----------------------------------------|------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                                         |            |                          | мгновенной скорости ветра, м/с | средней скорости ветра, м/с | максимальной скорости ветра, м/с | направления ветра, град |
| Анеморумбометр М63М-1 (с выходом на ПК) |            |                          |                                |                             |                                  |                         |
| Анемометр чашечный МС-13                |            |                          |                                |                             |                                  |                         |
| Анемометр крыльчатый АСО-3              |            |                          |                                |                             |                                  |                         |
| Флюгеры ФВЛ и ФВТ                       |            |                          |                                |                             |                                  |                         |

2. Схематично зарисовать флюгер стационарный, на рисунке отметить:

- Флюгарку с противовесом,
- Рамку,
- Горизонтальную ось,
- Противовес
- Дугу со штифтами,
- Доску
- Трубку
- Муфту с штифтами направления
- Вертикальную ось.

3. Провести измерение скорости ветра с помощью крыльчатого анемометра.

#### ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С КРЫЛЬЧАТЫМ АНЕМОМЕТРОМ.

1. Записать начальное показание  $N_1$  стрелок на циферблатах.
2. Установить анемометр так, чтобы ось вращения крыльчатки располагалась параллельно направлению воздушного потока.
3. После установления равномерной скорости вращения крыльчатки включить с помощью арретира отсчетный механизм анемометра и одновременно - секундомер.
4. Примерно через  $t=100$  с после начала измерения выключить отсчетный механизм и секундомер.
5. Записать полученное показание  $N_2$  стрелок анемометра и продолжительность измерения в секундах.
6. Вычислить разность показания анемометра  $N=N_2 - N_1$ . Повторить измерение не менее 3 раз.
7. Определить среднее значение приращения показаний анемометра, приходящихся на одну секунду  $n_{cp} = N/t$ .

Результаты определений записать в лабораторный журнал