

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОСОБИЕ ПО СИНОПТИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
РГГМУ
2022

УДК 551.5
ББК 26.236
П62

Авторы: Ефимова Ю.В., Топтунова О.Н., Иванова И.А.,
Лаврова И.В., Шишкина Т.Р.

Рецензент: Волобуева Ольга Васильевна, кандидат
географических наук, доцент кафедры метеорологических
прогнозов ФГБОУ ВО «РГГМУ».

Пособие по синоптической метеорологии. Учебное пособие /
Ефимова Ю.В., Топтунова О.Н., Иванова И.А., Лаврова И.В.,
Шишкина Т.Р. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2022. – 94с.

В пособие включены основные понятия по синоптической
метеорологии необходимые студентам для закрепления
знаний по общему курсу. Учебное пособие предназначено
для бакалавров гидрометеорологических специальностей.

*Рекомендовано заседанием методической комиссии
метеорологического факультета. Протокол №1 от
22.09.2022г.*

© Коллектив авторов, 2022
© Российский государственный
гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2022

Содержание

Глава 1. Кодирование гидрометеорологической информации	4
1.1 Описание формата кода КН-01	4
1.2 Описание формата кода КН-04	22
Глава 2. Виды карт	38
2.1 Приземные карты	40
2.2 Карты барической топографии	44
2.3 Обработка карт	48
2.4 Обработка приземной карты	48
2.5 Обработка высотных карт	54
Глава 3. Воздушные массы и фронты	62
3.1 Классификация воздушных масс	63
3.2 Атмосферные фронты	70
3.3 Облачность и явления погоды теплого фронта	75
3.4 Облачность и явления погоды холодного фронта	78
3.5 Фронт окклюзии	81
Литература	93

Глава 1. Кодирование гидрометеорологической информации

На гидрометеорологических станциях и постах результаты наблюдений в определённое время суток (сроки) переводят на язык международного цифрового кода и в виде телеграммы отправляют в установленные для каждой станции центры сбора гидрометеорологической информации. При кодировании данных о погоде с наземных и судовых метеорологических станций и постов используют код КН-01, с аэрологических станций — код КН-04. В гидрометеорологических центрах данные расшифровывают и наносят информацию на синоптические карты. С помощью телеграмм КН-01 составляют карты приземного анализа и кольцевые карты погоды, с КН-04 - высотные карты стандартных изобарических поверхностей, аэрологические диаграммы.

Рассмотрим принцип раскодирования информации по двум кодам и нанесение ее на синоптические карты погоды.

1.1 Описание формата кода КН-01

Код КН-01 предназначен для передачи гидрометеорологических данных наблюдений, измеренных у

поверхности земли [4]. Международный формат этого кода для наземных станций и постов FM 12-УП SYNOP, для наблюдений с судов, морских платформ, дрейфующих и стационарных буев – FM 13-УП SHIP.

Код включает разделы с 0 по 5. Внутри раздела данные объединены в отдельные группы.

Раздел 0 включает в себя буквенный опознавательный код, дату и срок наблюдения, указатель единиц измерения скорость ветра, индексный номер гидрометеорологической станции или координаты судна.

Раздел 1 содержит данные по основным гидрометеорологическим параметрам о состоянии атмосферы у поверхности земли – температура воздуха, давление, барическая тенденция, направление и скорость ветра, явления погоды, осадки, количество облачности, высота нижней границы облаков, форма облачности нижнего, среднего и верхнего ярусов и др. параметры.

Раздел 2 предназначен для судовых наблюдений и включает данные о состоянии поверхности моря – температура воды, высота, период и направление ветровых волн и волн зыби, сведения об обледенении, характеристики состояния льда, направление и скорость движения судна.

В разделе 3 присутствуют данные об экстремальных температурах воздуха, количестве осадков за определенный

период, инструментально измеренной высоте облаков, их количестве, формах и др. параметры.

Раздел 4 содержит данные с высокогорных станций об облачности ниже уровня станции.

Раздел 5 содержит агрометеорологические параметры – среднесуточная температура воздуха, минимальная температура у поверхности почвы, максимальная температура на высоте 2 см, состояние и высота снежного покрова, количество садков за сутки и др. параметры.

В случае отсутствия данных по каким-либо метеорологическим элементам в телеграмму в соответствующие позиции ставится дробная черта ("/"). Если в группе отсутствует информация обо всех элементах, она не включается в телеграмму.

Рассмотрим формат кода КН-01 на конкретном примере по телеграмме со станции Остров Диксон за 12 ч. 26 апреля:

Остров Диксон

ААХХ 26121

**20674 21358 70713 11109 21129 30090 400149 50003
73883 84631 333 11107 69902 84707 555 91117**

Этапы раскодирования данных и нанесения их на карту погоды описаны в таблице 1.1.


Таблица 1.1 – Раскодирование данных кода КН-01 [7]

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
Раздел 0		
<u>ААХХ 26121 20674</u>		
21358 70713 11109 21129 30090 400149 50003 73883 84631 333 11107 69902 84707 555 91117		
<u>ААХХ</u> - буквенный указатель кода. <u>ААХХ</u> ставиться в случае когда данные передаются со станции на суше и ВВХХ – со станции на море.		
<u>26121</u> (YY)	Число месяца, когда производились наблюдения.	26 число
<u>26121</u> (GG)	Срок наблюдения в часах по ВСВ* .	12 часов по ВСВ
<u>26121</u> (I _w)	Указатель единиц скорости ветра (м/с или узлы) и способа ее измерения (код КН-01). Значения 0 или 1 – м/с, 3 или 4 – узлы.	Единицы измерения – м/с. Тип измерения –инструментальный.
<u>20674</u> (Иiii) – номер станции. Состоит из:		
<u>20674</u> (II)	номер района.	20 район. Определяем положение района на карте.
<u>20674</u> (iii)	номера станции в пределах района.	674 номер станции. Определяем положение станции в пределах района.
* ВСВ – Всемирное скоординированное время.		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
В случае судовых наблюдений в раздел включены координаты станции.		
99L _a L _a L _a Q _c L ₀ L ₀ L ₀		
99 – отличительные цифры.		
L _a L _a L _a	Географическая широта местоположения судна с десятиными долями градуса.	По координатам судна определяется положение судовой станции.
Q _c	Квадрант земного шара, где находится судно (код КН-01).	
L ₀ L ₀ L ₀	Географическая долгота местоположения судна с десятиными долями градуса.	
Раздел 1		
AAXX 26121 20674		
21358 70713 11109 21129 30090 400149 50003 73883 84631 333 11107 69902 84707 555 91117		
21358 (i _R)	Указатель включения в телеграмму группы с осадками 6RRR _{t_R} (код КН-01). Цифры кода: 1 и 2 - группа включена; 3 и 4 - не включена в телеграмму.	Группа с осадками включена в телеграмму в раздел 3.
21358 (i _x)	Указатель включения в телеграмму группы с явлениями погоды 7wwW ₁ W ₂ (код КН-01). Цифры кода: 1 и 4 - группа включена; 2, 3, 5 и 6 - не включена в телеграмму.	Группа с явлениями погоды включена в телеграмму.


Название группы (пример) 21358 (h)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
	<p>Высота нижней границы облачности (код КН-01).</p> <p>Данные о высоте нижней границы облаков могут присутствовать также в разделе 3 в группе 8 (h_s, h_s). h_s, h_s как правило инструментальные данные и в случае их наличия им отдается предпочтение и их наносят на карту погоды (см. Раздел 3).</p>	<p>Высота нижней границы облаков 200-300м, но поскольку в телеграмме присутствует раздел 3 группа 8, то данные наносятся h_s, h_s.</p> <p>C_H</p> <p>$s_n \quad T \quad T \quad T \quad C_M \quad P \quad P \quad P$</p> <p>$V \quad V \quad W \quad W \quad \textcircled{N} \quad P \quad P \quad P \quad a$</p> <p>$s_n \quad T_d \quad T_d \quad T_d \quad C_L \quad N_h \quad W_1 \quad W_2$</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> h или h_s, h_s </div>

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
21358 (VV)	Метеорологическая дальность видимости (код KH-01).	<p>58 цифры кода = 8 км. Наносится в цифрах кода.</p> <p> S_n T T T C_M P P P $\boxed{58}$ W W \textcircled{N} p p p a S_n T_d T_d T_d C_L N_h W₁ W₂ h или hshs </p>

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
70713 (Nddff) - группа с данными об общем количестве облачности и ветре		
70713 (N)	Общее количество облаков всех форм. Закрашиваем станцию в соответствии с таблицей (код КН-01).	<p>7 цифры кода = 9 баллов.</p> <p>C_H</p> <p>$S_n \quad T \quad T \quad T \quad C_M \quad P \quad P \quad P$</p> <p>$5 \quad 8 \quad W \quad W$  $p \quad p \quad p \quad a$</p> <p>$S_n \quad T_d \quad T_d \quad T_d \quad C_L \quad N_h \quad W_1 \quad W_2$</p> <p>$h$</p> <p>или $hshs$</p>
70713 (dd)	Направление ветра (откуда дует), кодируется в десятках градусов. Северный - 0° и 360°.	Направление ветра 70° указывает стрелка, скорость ветра 13 м/с - оперение стрелки (код КН-01).




Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
70713 (ff)	Скорость ветра. Скорость передается в м/с или узлах. Единицы измерения определяют по i_w из раздела 0.	$ \begin{array}{ccccccc} & S_n & T & T & T & C_M & P & P & P \\ & 5 & 8 & W & W & \bullet & P & P & P & a \\ & S_n & T_d & T_d & T_d & C_L & N_h & W_1 & W_2 \\ & & & & & & h \\ & & & & & & \text{или } h_s h_s \end{array} $
11109 (1s_nTTT)	группа с данными о температуре воздуха. 1 – отличительная цифра.	
11109 (s_n)	Знак температуры воздуха. 0 – плюс, 1 – минус.	- 10,9° С. Наносится со знаком с десятиными без разделителя.
11109 (TTT)	Температура воздуха в градусах Цельсия с десятичными.	$ \begin{array}{ccccccc} & \boxed{-109} & & & C_M & P & P & P \\ & 5 & 8 & W & W & \bullet & P & P & P & a \\ & S_n & T_d & T_d & T_d & C_L & N_h & W_1 & W_2 \\ & & & & & & h \\ & & & & & & \text{или } h_s h_s \end{array} $

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
<u>21129</u> (2s_nT_dT_dT_d) – группа с данными о температуре точки росы. 2 – отличительная цифра.		
<u>21129</u> (s_n)	Знак температуры точки росы. 0 – плюс, 1 – минус.	-12.9°C. Наносится со знаком с десятичными без разделителя.
<u>21129</u> (T_dT_dT_dT_d)	Температура точки росы в градусах Цельсия с десятичными.	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; gap: 10px;"> <div style="text-align: center;">C_H</div> <div style="text-align: center;">C_M</div> <div style="text-align: center;">P P P</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin: 5px 0;"> <div style="text-align: center;">- 1 0 9</div> <div style="text-align: center;">5 8 W W</div> <div style="text-align: center;">P P P a</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin: 5px 0;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">- 1 2 9</div> <div style="text-align: center;">C_L N_h W₁ W₂</div> </div> <div style="text-align: center;">h или hshs</div> </div>
<u>30090</u> (3P_oP_oP_o) – группа с данными о давлении на уровне станции. 3 – отличительная цифра.		
<u>30090</u> (P_oP_oP_oP_o)	Давление воздуха на уровне станции в гектопаскалях (гПа) с десятичными. Если нужно, добавляется тысяча. Например, давление воздуха в телеграмме 9785 означает 978.5 гПа, 0204 – 1020.4 гПа.	1009.0 гПа. Данные не наносятся на карту.

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
40149 (4RRRR) – группа с данными о давлении на уровне моря. 4 – отличительная цифра.		
40149 (RRRR)	<p>Давление воздуха, приведённое к уровню моря в гектопаскалях (гПа) с десятичными. Если нужно, добавляется тысяча.</p> <p>Кодируется аналогично давлению воздуха на уровне станции.</p>	<p>1014,9 гПа.</p> <p>Наносятся три последние цифры – десятки, единицы и десятки без разделителя.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> C_H - 1 0 9 </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> C_M 5 8 W W </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;">  </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> C_N 1 4 9 </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> C_L - 1 2 9 </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> N_h p p p a </div> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> W_1 h </div> <div style="text-align: center;"> W_2 или hshs </div> </div> <p>Diagram description: A horizontal line with a wavy end on the right. Below the line, from left to right, are the labels C_H, C_M, a black circle with a vertical white line, C_N, C_L, N_h, W_1, and W_2. Below these labels are the corresponding digits or symbols: - 1 0 9, 5 8 W W, 1 4 9, - 1 2 9, p p p a, h, and или hshs.</p>
50003 (5arrr) – группа с данными о барической тенденции. 5 – отличительная цифра.		
50003 (a)	<p>Характеристика барической тенденции за последние 3 часа (код КН-01).</p> <p>Цифрами от 0 до 3 кодируется рост давления, от 5 до 8 – падение, 4 – давление не менялось.</p>	<p>+ 0,3 гПа/3 часа. Давление сначала росло, а потом немного падало, поэтому знак “+”. Величина барической тенденции наносится со знаком с десятичными без разделителя.</p>

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
50003 (ppp)	Величина барической тенденции в гектопаскалях с десятичными за последние 3 часа (гПа/3 часа).	Изменение давления показывают символом в соответствии с таблицей (код КН-01). <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> C_H - 1 0 9 5 8 W W </div> <div style="text-align: center;"> C_M 1 4 9 ● </div> <div style="text-align: center;"> C_L - 1 2 9 N_h W₁ W₂ h или h_sh_s </div> </div> <div style="position: relative; margin-left: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">+ 0 3</div> <div style="position: absolute; top: -10px; left: 50%; transform: translateX(-50%);"> </div> </div>
6RRRRt_R – группа с данными об осадках. 6 – отличительная цифра.		
RRR	Количество осадков в цифрах кода за период t _R (код КН-01).	Данные не наносятся на карту.
73883 (7_{ww}W₁W₂) – группа с данными о явлениях погоды. 7 – отличительная цифра.		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
73883 (ww)	Погода в срок наблюдения или в течение последнего часа (код КН-01).	<p>Слабая или умеренная низовая метель. Наносится символом в соответствии с таблицей (код КН-01).</p>
73883 (W₁W₂)	Прошедшая погода в течение последних шести часов для основных синоптических сроков (00, 06, 12 и 18 ч.) или в течение последних трёх часов для промежуточных сроков (03, 09, 15 и 21 ч.). На месте W ₁ ставится явление погоды, кодируемое самой большой цифрой кода, на месте W ₂ – кодируемое меньшей цифрой кода. Если погода между сроками и W ₁ и W ₂	<p>Погода между сроками - ливневые осадки, а также песчаная буря или низовая метель. С учетом времени года выбирается низовая метель. Наносится символами.</p>

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
	закодирована одинаковой цифрой, то на карту наносится один символ.	<div> C_H -1 0 9 5 8 \uparrow -1 2 9 </div> <div> C_M 1 4 9  $+03 \nearrow$ </div> <div> C_L N_h h  или hsh_s </div>
84631 ($8N_h C_L C_M C_H$) - группа с данными об облачности. 8 - отличительная цифра.		
84631 (N_h)	Количество облаков нижнего яруса C_L , а при их отсутствии – среднего яруса C_M . Значения цифр кода для N_h те же, что и для общей облачности N (код КН-01).	<div> C_H -1 0 9 5 8 \uparrow -1 2 9 </div> <div> C_M 1 4 9  $+03 \nearrow$ </div> <div> C_L $\square 4$ $\nabla \uparrow$ h или hsh_s </div>

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
84631 (C _L) 84631 (C _M) 84631 (C _H)	Формы облаков нижнего C _L , среднего C _M и верхнего ярусов C _H (код КН-01). Если облака не видны ставится косая черта – «/».	<p>Форма облачности наносится в соответствии с обозначениями в таблице (код КН-01). Внизу знака станции ставится символ нижней облачности C_L, над станцией - средней C_M, над средней – символ верхней облачности C_H.</p> <p>или hshs</p>
Раздел 2 в телеграмме отсутствует (222 – отличительные цифры). Информация из этого раздела не наносится на карту погоды.		
Раздел 3 (333 – отличительные цифры).		
AAXX 26121 20674 21358 70713 11109 21129 30090 400149 50003 73883 84631 333 11107 69902 84707 555 91117		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
Из 3 раздела рассмотрим только 8 группу. Остальная информация не наносится на карту погоды.		
84707 (8N_sC h_sh_s) - группа с данными об облачности. 8– отличительная цифра.		
84707 (N_s)	Количество облаков, сведения о которых передаются в данной группе (код KN-01).	Данные не наносятся на карту.
84707 (C)	Форма облаков, сведения о которых передаются в данной группе (код KN-01).	Данные не наносятся на карту.
84707 (h_sh_s)	Высота основания облаков (код KN-01).	<p>7 цифра кода = 210 м. Наносится в цифрах кода.</p>
Раздел 4 в телеграмме отсутствует (444 – отличительные цифры). Информация из этого раздела не наносится на карту погоды.		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение их на синоптическую карту
Раздел 5 (555 – отличительные цифры)		
Информация из этого раздела не наносится на карту погоды.		
AAXX 26121 20674		
21358 70713 11109 21129 30090 400149 50003 73883 84631 333 11107 69902 84707 555 91117		

Окончательная схема нанесения данных на станции Остров Диксон за 12 ч. 26 апреля показана на рисунке 1.1.

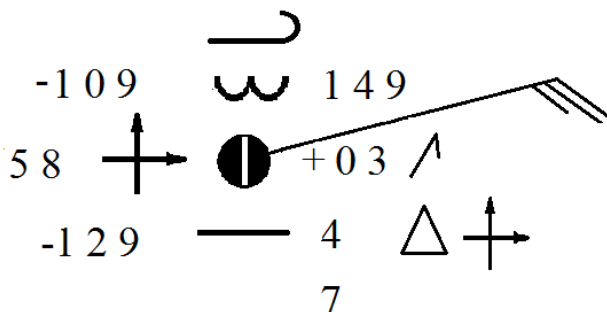


Рисунок 1.1 - Пример нанесения данных на станции Остров Диксон за 12 ч. 26 апреля

Приземная карта погоды представлена на рисунке 1.2.

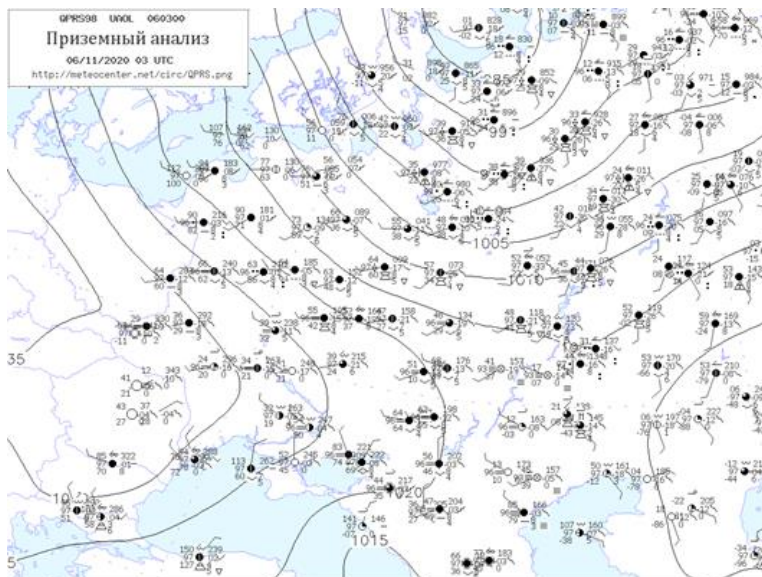


Рисунок 1.2 - Пример приземной карты погоды

1.2 Описание формата кода КН-04

Код КН-04 предназначен для кодирования результатов температурно-ветрового зондирования атмосферы [5]. Телеграмма содержит сведения о температуре, влажности и ветре на высотах, а также информацию по облачности.

КН-04 состоит из 4-х разделов: А, В, С, D.

Разделы кода А и В включают данные первой части подъема радиозонда, т.е. от поверхности Земли до изобарической поверхности 100 гПа включительно (примерно до 16 км). В разделах кода С и D кодируется информация второй части подъема радиозонда, на высотах выше уровня 100 гПа (до уровня 10 гПа).

При этом разделы А и В содержат данные на стандартных изобарических поверхностях. Разделы В и D – информацию об особых точках атмосферы.

Рассмотрим схему кода и нанесение данных на барические карты на примере аэрологической сводки со станции Остров Визе за 12 ч. 26 апреля:

Остров Визе

ТТАА 26121 20069

99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965

16161 03505 50543 30758 03513 40698 423// 03018 30887 545//

02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506

10603 487// 05503 88280 563// 03020 77999

**ТТВВ 2612/ 20069 00030 13520 11015 11928 22944 11359 33938
11359 44928 12159 55891 10958 66852 11756 77834 115 57 88807
12357 99788 11959 11641 19762 22546 27161 33487 31756 44322
525// 55280 563// 66259 565// 77246 531// 88187 481// 21212 00030
36003 11009 07004 22983 11505 33831 05503 44694 03505 55338
03024 66221 05011 77149 03506 88109 06503 41414 00901**

Этапы раскодирования данных описаны в таблице 1.2,
для этого также необходимо воспользоваться таблицами кода
КН-04 или КН-01 (эти таблицы одинаковые для обоих кодов).

Таблица 1.2 – Раскодирование данных кода КН-04

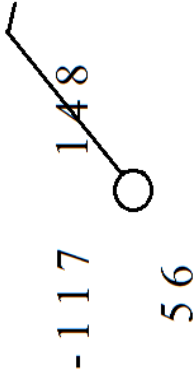
Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
Раздел А аэрологической телеграммы		
ТТАА 26121 20069		
99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698 423// 03018 30887 545// 02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506 10603 487// 05503 88280 563// 03020 77999		
ТТАА – буквенный указатель раздела А.		
26121 (YYGGI_d) - группа с данными о сроке, дате наблюдения и о единицах измерения скорости ветра.		
26121 (YY)	Число месяца, когда производились наблюдения. Число также показывает единицы измерения скорости ветра. Если число больше 50, то скорость ветра в телеграмме указана в узлах, чтобы получить дату нужно вычесть 50. Если число меньше 50, то скорость ветра измерена в м/с.	26 число. Скорость ветра в телеграмме указана в м/с.
26121 (GG)	Срок наблюдения в часах по ВСВ	12 часов по ВСВ

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
26121 (I_d)	Указатель последней стандартной изобарической поверхности (код КН-04).	Последняя изобарическая поверхность 100 гПа.
20069 (III_i) - номер станции. района (3 позиции).	Состоит из номера района (2 позиции) и номера станции в пределах района (3 позиции).	
ТТАА 26121 20069 99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698 423// 03018 30887 545// 02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506 10603 487// 05503 88280 563// 03020 77999		
99030 13520 36003 - данные у поверхности земли на уровне станции. 99 – отличительные цифры		
99030 (99P₀P₀P₀) 13520 (T₀T₀T₀)	Давление в целых гПа без тысяч. Температура воздуха в градусах Цельсия с десятыми. Последняя цифра указывает десятки градуса и одновременно знак температуры воздуха (четное число – “+”, нечетное число – “-”).	1030 гПа -13.5° С
13520 (D₀D₀) 36003 (d₀d₀)	Дефицит точки росы в цифрах кода (код КН-04). Направление ветра в градусах (откуда дует).	20 цифры кода =2.0°С 360°

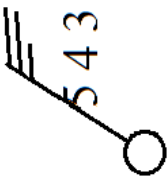
Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
<u>36003</u> (<u>f₀</u> , <u>f₀</u>)	Скорость ветра в м/с или узлах. Единицы скорости ветра указывают при кодировании даты зондирования (YY).	3 м/с
TTAA 26121 20069 99030 13520 36003 <u>00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698 423</u> // <u>03018 30887 545</u> // <u>02521 25003 541</u> // <u>04015 20147 495</u> // <u>04009 15337 483</u> // <u>03506 10603 487</u> // <u>05503 88280 563</u> // 03020 77999 Раздел стандартных изобарических поверхностей. 1000 гПа		
<u>00240</u> (<u>P_n</u> , <u>P_n</u>)	Давление на стандартной изобарической поверхности в гПа: 00 - 1000 гПа; 85 - 850 гПа; 70 - 700 гПа; 50 - 500 гПа; 40 - 400 гПа; 30 - 300 гПа; 25 - 250 гПа; 20 - 200 гПа; 15 - 150 гПа; 10 - 100 гПа.	1000 гПа
<u>00240</u> (<u>h_n</u> , <u>h_n</u> , <u>h_n</u>)	Геопотенциальная высота. До 700 гПа включительно сообщается в геопотенциальных метрах (гп. м), при этом цифры тысяч отбрасываются. От 500 и выше в геопотенциальных деkamетрах (гп. дам), цифры тысяч также отбрасываются. 1 гп. дам=10 гп. м	240 гп. м

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
	Тысячных добавляем столько сколько необходимо чтобы значения соответствовали высоте изобарической поверхности (см. таблицу 2.1).	
<u>11937</u> ($T_n T_n T_n$)	Температура воздуха на стандартной изобарической поверхности в целых градусах Цельсия. Последняя цифра указывает десятки градуса и одновременно знак температуры воздуха (четное число "+"; нечетное число "-").	-11.9 °C
<u>11937</u> ($D_n D_n$)	Дефицит точки росы на стандартной изобарической поверхности (код КН-04).	37 цифры кода =3.7°C
<u>08504</u> ($d_n d_n d_n$)	Направление ветра в градусах на стандартной изобарической поверхности. Кодировается аналогично направлению у поверхности земли.	85°
<u>08504</u> ($f_n f_n$)	Скорость ветра в м/с или узлах на стандартной изобарической поверхности. Единицы скорости ветра указывают при кодировании даты зондирования (YY).	4 м/с

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
ТТАА 26121 20069 99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698 423// 03018 30887 545// 02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506 10603 487// 05503 88280 563// 03020 77999 Раздел стандартных изобарических поверхностей. 850 гПа		
85485 (P_n)	Давление на стандартной изобарической поверхности в гПа.	85 – 850 гПа
85485 (h_n, h_n, h_n)	Геопотенциальная высота до уровня 500 гПа в гп. м без тысячных.	1 485 гп. м = 148 гп. дам
11756 (T_n, T_n, T_n)	Температура воздуха в градусах Цельсия.	-11.7 °C
11756 (D_n, D_n)	Дефицит точки росы в градусах Цельсия.	56 цифры кода =6°C
04502 (d_n, d_n)	Направление ветра в градусах.	45°
04502 (f_n, f_n)	Скорость ветра в м/с или узлах.	2 м/с

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
На карту АТ850 наносится: <ul style="list-style-type: none"> • геопотенциальная высота в гп. дам (148). • температура воздуха со знаком, с десятичными без разделителя (-117). • дефицит точки росы (56). • направление и скорость ветра указывают стрелкой с оперением. Аналогично ветру на приземной карте. 	<div style="text-align: center;">  </div>	<div style="text-align: center;"> АТ 850 </div>
ТТАА 26121 20069 99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698 423// 03018 30887 545// 02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506 10603 487// 05503 88280 563// 03020 77999 Раздел стандартных изобарических поверхностей. 700 гПа		
70965 (P_nP_n)	Давление на стандартной изобарической поверхности в гПа.	70 – 700 гПа
70965 (h_nh_nh_n)	Геопотенциальная высота до уровня 500 гПа в гп. м без тысячных.	2 965 гп. м = 296 гп. дам
16161 (T_nT_nT_n)	Температура воздуха в градусах Цельсия.	-16.1 °С
16161 (D_nD_n)	Дефицит точки росы в градусах Цельсия.	61 цифры кода = 11 °С

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
03505 (d_nd_nd_n)	Направление ветра в градусах.	35°
03505 (f_nf_n)	Скорость ветра в м/с или узлах.	5 м/с
На карты АТ700 наносится: <ul style="list-style-type: none"> • геопотенциальная высота в гп. дам (296). • температура воздуха со знаком, с десятиыми без разделителя (-161). • дефицит точки росы (61). • направление и скорость ветра указывают стрелкой с оперением. Аналогично ветру на приземной карте. 	<div style="text-align: center;"> АТ 700 -161 296 61 </div>	
ТТАА 26121 20069 99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698 423// 03018 30887 545// 02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506 10603 487// 05503 88280 563// 03020 77999 Раздел стандартных изобарических поверхностей. 500 гПа	Давление на стандартной изобарической поверхности в гПа.	50 – 500 гПа
50543 (P_nP_n)		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
50543 (h_n, h_n, h_n)	Геопотенциальная высота. Начиная от уровня 500 гПа в гп. дам без тысячных.	543 гп. дам = 5430 гп. м
30758 (T_n, T_n, T_n)	Температура воздуха в градусах Цельсия.	-30.7 °C
30758 (D_n, D_n, D_n)	Дефицит точки росы в градусах Цельсия.	58 цифры кода = 8°C
03513 (d_n, d_n, d_n)	Направление ветра в градусах.	35°
03513 (f_n, f_n)	Скорость ветра в м/с или узлах.	13 м/с
На карты АТ500 наносится: <ul style="list-style-type: none"> • геопотенциальная высота в гп. дам (543). • температура воздуха со знаком, с десятичными без разделителя (-307). • дефицит точки росы (58). • направление и скорость ветра указывают стрелкой с оперением. Аналогично ветру на приземной карте. 	<div style="text-align: center;"> АТ 500 - 3 0 7  5 8 </div>	
Данные на остальных изобарических поверхностях раскодируются аналогично.		
ТТАА 26121 20069 99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698 423// 03018 30887 545// 02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506 10603 487// 05503 88280 563// 03020 77999		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
Раздел сведений о тропопаузе.		
88 - отличительные цифры раздела		
88280 (P_tP_tP_t)	Давление на уровне тропопаузы в целых гПа.	280 гПа.
563 // (T_tT_t T_t)	Температура воздуха на уровне тропопаузы в градусах Цельсия с десятичными. Последняя цифра указывает десятки градуса и одновременно знак температуры воздуха (четное число – “+”; нечетное число – “-”).	-56.3°C
563 // (D_tD_t)	Дефицит точки росы на уровне тропопаузы в градусах Цельсия.	Данные по температуре точки росы отсутствуют.
03020 (d_td_td_t)	Направление ветра на уровне тропопаузы в градусах.	30°
03020 (f_tf_t)	Скорость ветра на уровне тропопаузы в м/с или узлах.	20 м/с
ТТАА 26121 20069		
99030 13520 36003 00240 11937 08504 85485 11756 04502 70965 16161 03505 50543 30758 03513 40698		
423// 03018 30887 545// 02521 25003 541// 04015 20147 495// 04009 15337 483// 03506 10603 487// 05503		
88280 563// 03020 77999		
Раздел сведений о максимальном ветре (до уровня 100 гПа включительно).		
77 – отличительные цифры раздела		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
<u>77999</u> (<u>P_mP_mP_m</u>)	Давление на уровне максимального ветра в целых гПа.	Данные отсутствуют.
<u>d_md_md_m</u>	Направление максимального ветра в градусах.	Данные отсутствуют.
<u>f_mf_m</u>	Скорость максимального ветра в м/с или узлах.	Данные отсутствуют.
Раздел В аэрологической телеграммы		
<u>TTBB 2612/20069 00030 13520</u> 11015 11928 22944 11359 33938 11359 44928 12159 55891 10958 66852 11756 77834 115 57 88807 12357 99788 11959 11641 19762 22546 27161 33487 31756 44322 525// 55280 563// 66259 565// 77246 531// 88187 481// 21212 00030 36003 11009 07004 22983 11505 33831 05503 44694 03505 55338 03024 66221 05011 77149 03506 88109 06503 41414 00901 TTBB – буквенный указатель раздела В.		
<u>2612/ (YY)</u>	Число месяца, когда производились наблюдения. Число также показывает единицы измерения скорости ветра. Если число больше 50, то скорость ветра в телеграмме указана в узлах, чтобы получить дату нужно вычесть 50. Если число меньше 50, то скорость ветра измерена в м/с.	26 число. Скорость ветра в телеграмме указана в м/с.
<u>2612/ (GG)</u>	Срок наблюдения в часах по BCB	12 часов по BCB
<u>20069 (ШШ)</u> - номер станции. Состоит из номера района (2 позиции) и номера станции в пределах района (3 позиции).		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
ТТВВ 2612/ 20069 00030 13520 11015 11928 22944 11359 33938 11359 44928 12159 55891 10958 66852 11756 77834 115 57 88807 12357 99788 11959 11641 19762 22546 27161 33487 31756 44322 525// 55280 563// 66259 565// 77246 531// 88187 481// 21212 00030 36003 11009 07004 22983 11505 33831 05503 44694 03505 55338 03024 66221 05011 77149 03506 88109 06503 41414 00901	Раздел данных о температуре воздуха и дефиците точки росы на уровне особых точек в профилях температуры и влажности.	
00030 13520 - данные у поверхности земли на уровне станции.		
00 – отличительные цифры		
00030 (P₀P₀P₀)	Давление в целых гПа. Если нужно, добавляется тысяча.	1030 гПа
13520 (T₀T₀T₀)	Температура воздуха в градусах Цельсия с десятыми. Последняя цифра указывает десятые градуса и одновременно знак температуры воздуха (четное число – “+”; нечетное число – “-”).	-13.5° С
13520 (D₀D₀)	Дефицит точки росы в цифрах кода (код КН-04).	20 цифры кода =2.0° С
ТТВВ 2612/ 20069 00030 13520 11015 11928 22944 11359 33938 11359 44928 12159 55891 10958 66852 11756 77834 115 57 88807 12357 99788 11959 11641 19762 22546 27161 33487 31756 44322 525// 55280 563// 66259 565// 77246 531// 88187 481// 21212 00030 36003 11009 07004 22983 11505 33831 05503 44694 03505 55338 03024 66221 05011 77149 03506 88109 06503 41414 00901		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
<u>11015</u> (nn)	Порядковый номер особой точки. 11-1 точка, 22-2 точка, 33-3 точка, ..., 99 – 9 точка, 11 -10 точка и т.д.	Точка №1
<u>11015</u> ($P_n P_n P_n$)	Давление на уровне nn особой точки в целых гектопаскалях (гПа). Если нужно, добавляется тысяча.	1015 гПа
<u>11928</u> ($T_n T_n T_n$)	Температура воздуха на уровне особой точки nn в градусах Цельсия с десятичными. Последняя цифра указывает десятые градуса и одновременно знак температуры воздуха (четное число – “+”; нечетное число – “-”).	-11.9° C
<u>11928</u> ($D_n D_n$)	Дефицит точки росы на уровне nn-й особой точки (код КН-04).	28 цифры кода =2.8°С
Остальные особые точки раскодировются аналогично.		
TTBB 2612/ 20069 00030 13520 11015 11928 22944 11359 33938 11359 44928 12159 55891 10958 66852 11756 77834 115 57 88807 12357 99788 11959 11641 19762 22546 27161 33487 31756 44322 525// 55280 563// 66259 565// 77246 531// 88187 481// 21212 00030 36003 11009 07004 22983 11505 33831 05503 44694 03505 55338 03024 66221 05011 77149 03506 88109 06503 41414 00901 Раздел данных о ветре на уровнях особых точек. 21212 - отличительные цифры раздела.		

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
<u>00030 36003</u> - данные у поверхности земли на уровне станции. <u>00</u> – отличительные цифры		
<u>00030 (P₀P₀P₀)</u>	Давление в целых гПа. Если нужно, добавляется тысяча.	1030 гПа
<u>36003 (d₀d₀)</u>	Направление ветра в градусах.	360°
<u>36003 (f₀f₀)</u>	Скорость ветра в м/с или узлах.	3 м/с
TTBV 2612/ 20069 00030 13520 11015 11928 22944 11359 33938 11359 44928 12159 55891 10958 66852 11756 77834 115 57 88807 12357 99788 11959 11641 19762 22546 27161 33487 31756 44322 525// 55280 563// 66259 565// 77246 531// 88187 481// 21212 00030 36003 11009 07004 22983 11505 33831 05503 44694 03505 55338 03024 66221 05011 77149 03506 88109 06503 41414 00901		
<u>11009 (nn)</u>	Порядковый номер особой точки. 11-1 точка, 22-2 точка, 33-3 точка, ..., 99 – 9 точка, 11 -10 точка и т.д.	Точка №1
<u>11009 (P_nP_nP_n)</u>	Давление на уровне nn-й особой точки в целых гектопаскалях (гПа). Если нужно, добавляется тысяча.	1009 гПа
<u>07004 (d_nd_nd_n)</u>	Направление и скорость ветра на уровне nn –й особой точки в градусах.	70°
<u>07004 (f_nf_n)</u>	Скорость ветра на уровне nn –й особой точки в м/с или узлах.	4 м/с

Название группы (пример)	Описание	Раскодирование данных и нанесение на синоптическую карту
Остальные особые точки раскодируются аналогично.		
41414 00901 (41414 N_hC_LhC_MC_N)	- раздел данных об облачности в срок наблюдения.	
41414 - отличительные цифры раздела		
00901 (N_h)	Количество облаков нижнего яруса C _L , а при их отсутствии – среднего яруса C _M . Значения цифр кода для N _h те же, что и для общей облачности N (код КН-04).	Количество облаков нижнего яруса 0 баллов.
00901 (C_L)	Форма облаков нижнего яруса (вертикального развития) (код КН-04).	Облаков нижнего яруса нет.
00901 (h)	Высота нижней границы самых низких облаков (код КН-04).	Облаков ниже 2500 м нет.
00901 (C_M)	Форма облаков среднего яруса (код КН-04).	Облаков среднего яруса нет.
00901 (C_N)	Форма облаков верхнего яруса (код КН-04).	Облака волокнистые перисты не распространяющиеся по небу.

На карты относительной топографии (ОТ) наносится только геопотенциальная высота в гп. дам, направление и скорость ветра. Пример карты барической топографии АТ500 показан на рисунке 1.3.

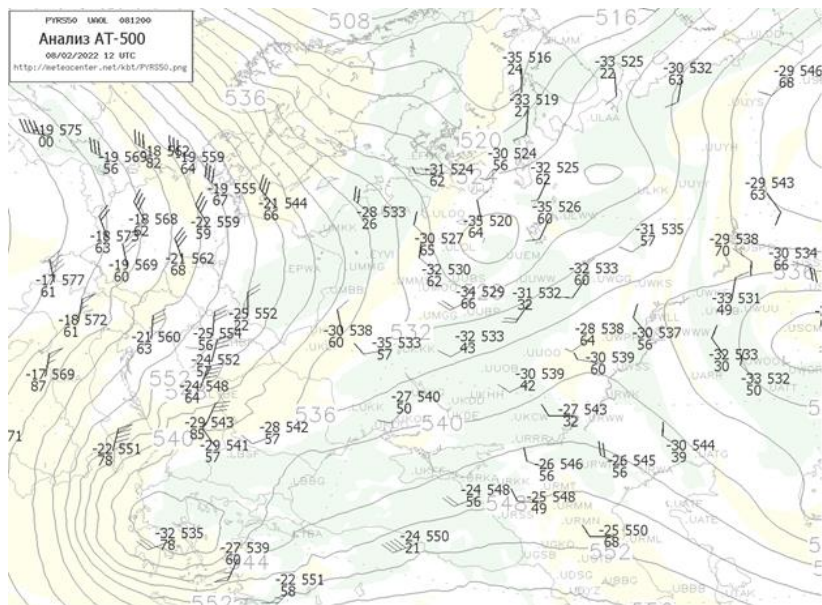


Рисунок 1.3 - Пример карты АТ500

Глава 2. Виды карт

Синоптические карты позволяют одновременно обозревать погодные условия над обширными географическими районами, проводить, так называемый, синоптический анализ. Слово «синоптический» в переводе с греческого обозначает

«одновременно обзриваемый». Эти карты являются двумерными (плоскими) полями метеорологических величин.

Синоптическая карта может охватывать территорию от полушария или всего земного шара до небольшого района. Применяются коническая, меркаторская, стенографическая проекции. Данные наземных и судовых станций, поступая в общий банк данных, формируют собой синоптические карты.

Все карты, используемые специалистами-метеорологами, делятся на прогностические и фактические. Первые рассчитываются мировыми консорциумами с применением численных прогнозов погоды на основе усвоения моделями фактических данных с метеорологической сети, данных зондирования, радарных и спутниковых данных и даже данных бортовой погоды. Вторые формируются по результатам наблюдений за погодой за определенный срок, который указан на трафарете карты. Прогностические карты представляют собой прогноз перемещения и эволюции барических образований, могут быть дополнены прогностическим положением фронтов, прогностическими полями температуры, осадков и пр. Кроме того, все карты разделяются по уровням, для которых они составлены. Это, соответственно, приземные карты, карты абсолютной топографии и карты относительной топографии.

2.1 Приземные карты

Приземные карты в свою очередь делятся на приземные синоптические карты и кольцевые. Приземные синоптические карты охватывают большую территорию, имеют меньший масштаб в сравнении с кольцевыми. Масштаб приземных карт составляет приблизительно 1: 10000000 (в 1 см 100 км), 1: 15000000 (в 1 см 150 км). Они составляются каждые 6 часов (в 00, 06, 12 и 18 часов по всемирному скоординированному времени (BCB, UTC)). Пример приземной карты представлен на рисунке 2.1.

Кольцевые карты выпускаются чаще, 8 раз в сутки, т.е. каждые 3 часа, начиная с 00 BCB, они охватывают меньшую территорию в сравнении с приземными (их масштаб составляет приблизительно 1: 5 000 000, в 1 см 50 км).

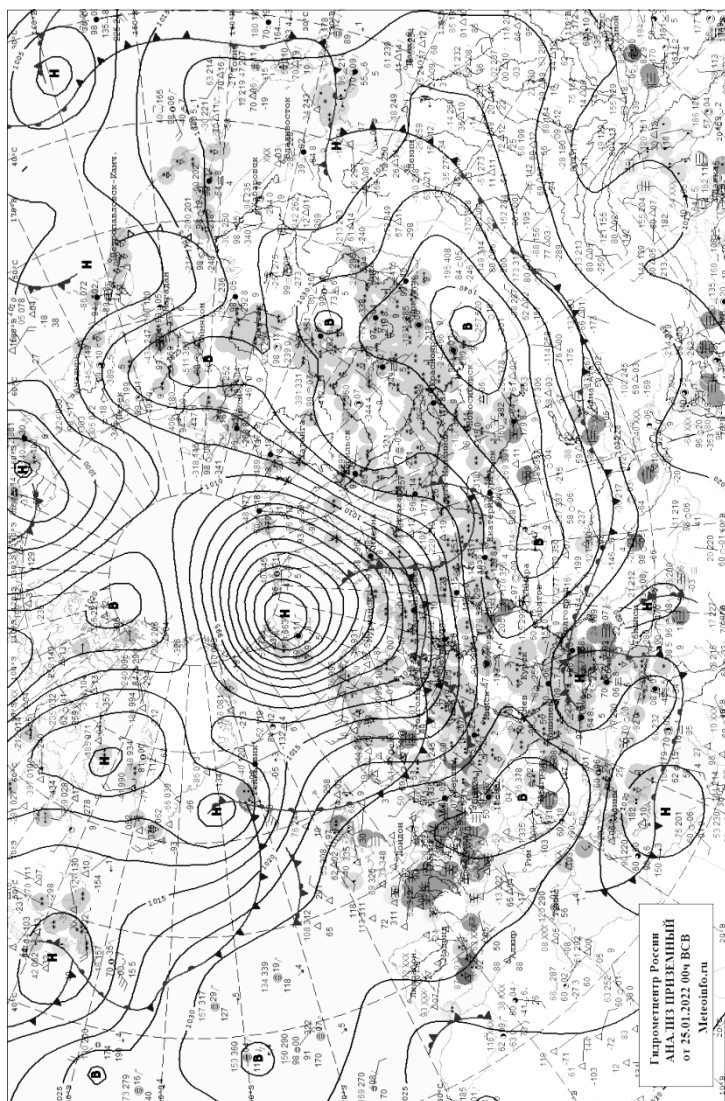


Рисунок 2.1 — Приземная карта 25.01.2022 00ч ВСВ (Гидрометцентр России)

Кольцевые карты погоды или как их называют «кольцовки» могут выпускаться для одной и той же территории несколькими центрами, в которых специалистами-метеорологами проводится первичный анализ метеообстановки подконтрольной территории, что существенно облегчает работу синоптиков «на местах». Специалисты, работающие на станции, получают карты уже с изобарами, а часто и фронтальным анализом (с которым синоптик вправе не согласиться), синоптикам на местах остается уточнить положение фронтов и составить прогноз. Пример кольцевой карты представлен на рисунке 2.2.

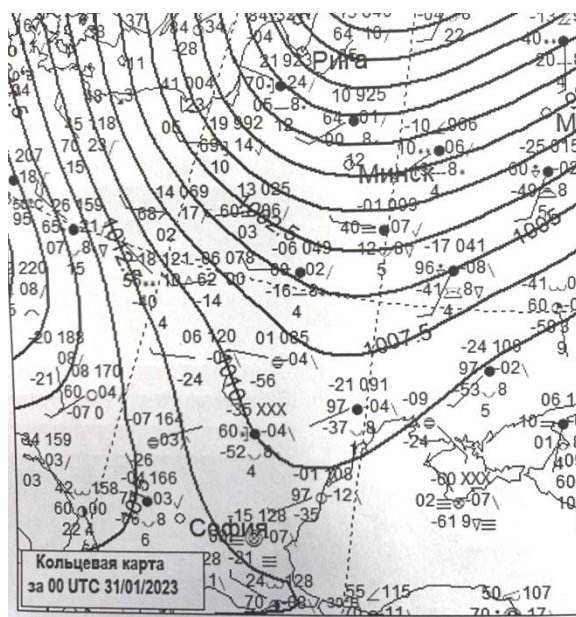


Рисунок 2.2 — Кольцевая карта

Кроме того, есть еще микрокольцевые карты погоды. Такие карты имеют масштаб 1:2500000, в 1 см 25 км. Выпускаются такие карты каждый час метеорологических наблюдений, служат для уточнения прогноза погоды по интересующему району, сюда наносятся только инструментальные данные. На приземных и на кольцевых картах используется одинаковая схема наноски, утвержденная на XX сессии ВМО. Схема наноски приведена ниже.

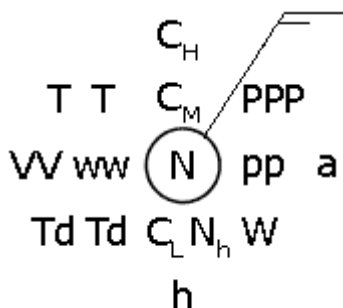


Рисунок 2.3 — Схема наноски данных на приземные и кольцевые карты погоды

Наноску выполняют следующим образом: N здесь количество облачности, стрелка, ведущая к кружочку, указывает направление ветра (откуда дует), «оперение» показывает скорость ветра. PPP указывает на давление, приведенное к уровню моря (наносится с десятыми), РРa характеризует величину барической тенденции (изменение давления за последние 3 часа), N_h говорит о количестве облачности нижнего

яруса, W сообщает явления погоды за промежуток времени, предшествующий сроку наблюдения. Высота облачности кодируется на месте буквы h, при этом если нанесена только одна цифра, то высота облачности определена визуально (раскодируется по таблице), а если двумя цифрами, то это инструментальные наблюдения и для получения высоты получение значение нужно умножить на 30. C_L , C_M и C_H отражает форму облачности нижнего, среднего и верхнего ярусов соответственно. TTT характеризует значение температуры, $T_d T_d T_d$ — значение температуры точки росы (кодируются с десятичными), VV — значение видимости (если цифра меньше 90, то наблюдения проводились инструментально, если больше 90 — визуально), WW — явления погоды. Подробнее о раскодировании написано в главе 1, посвященной синоптическим кодам [1,3].

2.2 Карты барической топографии

Четыре раза в сутки (в 00, 06, 12 и 18 ч ВСВ) на аэрологических станциях производится запуск радиозонда. После его обработки в распоряжении синоптика-прогнозиста есть данные обо всех основных метеорологических величинах на стандартных изобарических поверхностях. Раскодированные и нанесенные данные зонда каждой аэрологической станции формируют собой удобные для анализа поля метеовеличин.

Любая карта абсолютной топографии представляет собой проекцию данной изобарической поверхности на плоскость.

Известно, что в теплом воздухе давление убывает медленнее, чем в холодном. Следовательно, в различных по температуре воздушных массах высота стандартной изобарической поверхности над станциями может отличаться. Например, высота поверхности 850 гПа над станцией в теплом воздухе будет выше, чем в более холодном [3]. В синоптической практике для анализа используются стандартные изобарические поверхности. Их список и средняя высота над уровнем моря приведены ниже.

Таблица 2.1 — Средние высоты стандартных изобарических поверхностей

P, гПа	1000	850	700	500	400	300	250	200	150	100
Z, км	0	1.5	3.0	5.5	7.0	9.0	10.5	12.0	13.5	16.0

В атмосфере высота, на которой давление принимает заданную величину, различна. Барический рельеф всегда чередуется, образуя положительные формы (выпуклости) в антициклонических областях и отрицательные (вогнутые) в циклонических – рисунок 2.4. Таким образом, высота,

приведенная в таблице 2.1 выше, это приблизительная высота стандартных изобарических поверхностей.

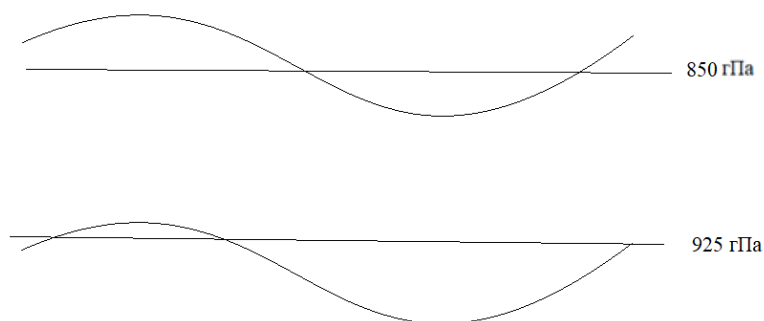


Рисунок 2.4 — Барический рельеф

Изобарические поверхности всегда наклонены к поверхности горизонта, угол наклона очень небольшой, около 0.5 минут, но именно этим и определяется динамика атмосферы. Вариант, когда изобарическая поверхность параллельна горизонту — только частный случай [3].

Схема наноски данных на карты барической топографии приведена ниже (рис.2.5). ТТ здесь температура воздуха (в целых градусах Цельсия), DD дефицит в закодированном виде (для раскодирования значение до 50 делится на 10, от 51 до 55 цифры не используются, от 56 до 99 от этого значения отнимается 50), а ННН величина геопотенциала в декаметрах.

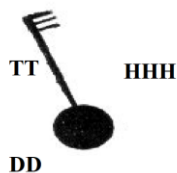


Рисунок 2.5 — Схема нанесения данных на карты абсолютной топографии

Помимо карт абсолютной топографии используются карты относительной топографии – рисунок 2.6.

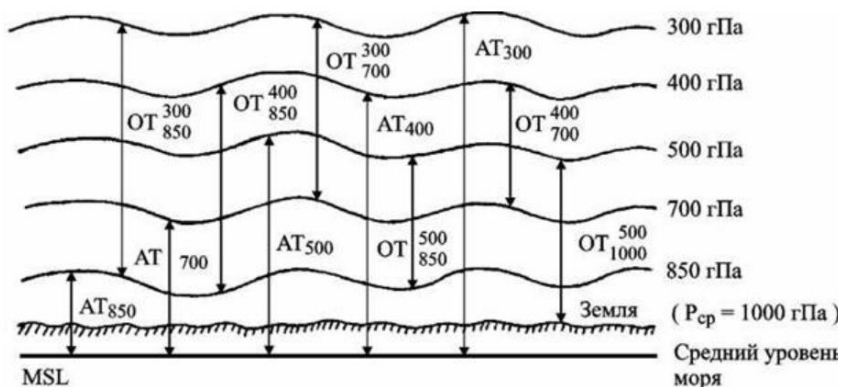


Рисунок 2.6 — Принципы построения карт абсолютной и относительной топографии [8]

Эти карты характеризуют превышение одной изобарической поверхности над другой. Чаще всего это превышение 500 гПа над поверхностью 1000 гПа. Карты относительной топографии информативны тем, что они дают представление о средней температуре слоя. Так, например, для карты ОТ 500/1000 можно получить среднюю температуру слоя,

разделив значение толщины (величины геопотенциала) на 2. Полученное значение будет характеризовать температуру слоя в Кельвинах.

Схема наноски для карт относительной топографии приведена ниже.

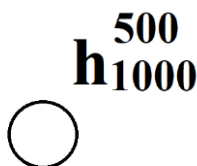


Рисунок 2.7 — Схема наноски для карт относительной топографии

2.3 Обработка карт

Процесс обработки карт синоптики также называют ее «поднятием». Ряд последовательных приземных карт дает представление о развитии синоптического процесса. Обработка карт не является сугубо техническим процессом, он выполняется синоптиком с применением основных правил синоптического анализа.

2.4 Обработка приземной карты







Полностью обработанную приземную карту называют также «приземным анализом». На приземной карте проводятся изобары (линии равного атмосферного давления), проводятся



они через 5 гПа (например, 990, 995, 1000 гПа и т.д.). На кольцевых картах погоды изобары проводятся через 2.5 гПа (например, 990, 992.5, 995 гПа и т.д.). При этом следует помнить, что давление на приземной карте наносится с десятками. Изобары проводятся черным карандашом сплошными линиями. При их проведении помимо значений давления на станциях следует учитывать направление и скорость ветра. Так, в виду того, что скорость ветра пропорциональна величине барического градиента, большим скоростям ветра соответствует сгущение изобар. Также следует учитывать, что из-за силы трения ветер в приземном слое отклоняется от направления касательной к изобаре в сторону низкого давления. Величина отклонения составляет приблизительно $30-40^{\circ}$ над сушей и $10-20^{\circ}$ над морем. В северном полушарии низкое давление остается слева от направления ветра, в южном справа. Изобары подписываются черным цветом, соответствующими значениями давления (в целых). Для замкнутой изобар делается разрыв и вдоль широтного круга подписывается значение давления на изобаре, для разомкнутой подпись делается на обрыве карты. В центрах циклонов ставится буква Н (низкое), в центрах антициклонов — В (высокое). Следует учитывать, что в циклонах наблюдается схождение воздушных потоков, в антициклоне, наоборот, — расходимость; аналогично вдоль осей барических ложбин наблюдается схождение приземного ветра, а вдоль гребней —

расходимость. При наличии горного хребта изобары проводятся по обе его стороны, а затем соединяются орографическими изобарами (волнистыми черными линиями). На приземной карте строятся траектории перемещения барических образований (циклонов, антициклонов, осей барических ложбин и гребней) за последние 12-24 часа. Для этого ставится соответствующий символ, под которым в виде дроби подписывают дату и срок (в числителе) и значение давления (в знаменателе). После чего стрелкой соединяется предыдущее положение барического образования с нынешним. Это позволяет оценить не только направление и скорость перемещение барического образования, но и его эволюцию.

Обозначение барических образований на карте погоды приведено в таблице ниже.

Таблица 2.2 — Условное обозначение барических образований на карте погоды [1]

Обозначение	Барическое образование
	Центр циклона
	Центр вторичного (частного) циклона
	Центр волнового возмущения на фронте (штрихи показывают направление перемещения)
	Барическая ложбина (штрих показывает направление оси ложбины)
	Центр антициклона
	Центр вторичного (частного) антициклона (отрог)

Обозначение	Барическое образование
	Барический гребень (штрих показывает направление оси гребня)
	Центр седловины

Кроме того, на приземную карту наносятся изаллобары (линии равной барической тенденции). Они проводятся тонкими черными прерывистыми линиями через 1 гПа/3 часа. Значения изобарических тенденций подписываются целым числом гектопаскалей тонким черным карандашом со знаком минус для отрицательных и без указания знака для положительных. В центрах наибольшего роста синим карандашом ставится русская буква Р и наибольшее значение изменения давления с десятыми (например, Р_{5,4}). В местах с наибольшим убыванием давления соответственно красным карандашом ставится буква П и подписывается значение изменения давления с десятыми (например, П_{5,0}). Нулевую изаллобару проводят только при слабых изменениях давления на большой площади (менее 1 гПа/3ч). Если давление за 3 часа меняется слишком интенсивно, допускается проводить изаллобары через 2 гПа/3 часа.

Также на приземной карте выделяются зоны осадков и явлений, список которых приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Условное обозначение явлений погоды при анализе основных карт погоды [1]

Явление погоды	Знак	Цвет	Примечание
Снег в зоне инверсии	*	зеленый	в срок наблюдения
Ливневые осадки		зеленый	в срок наблюдения и в течение последнего часа
Обложные осадки	///	зеленый	в срок наблюдения. Если обложные осадки (из Ns) наблюдаются более чем на 3-х рядом расположенных станциях, то зону осадков обводят зелёной линией и закрашивают зелёным
Грозы		зеленый	В срок наблюдения и в течение последнего часа
Морось	,	зеленый	В срок наблюдения (не включается в зону)
Зарница		зеленый	В срок наблюдения. При большом количестве гроз не отмечаются
Гололед		зеленый	в срок наблюдения и в течение последнего часа
Туман		желтый	В срок наблюдения (если туманы наблюдаются более чем на 3-х рядом расположенных станциях, то зону туманов обводят желтой линией и закрашивают желтым)
Туман с моросью		желтый, зеленый	В срок наблюдения

Явление погоды	Знак	Цвет	Примечание
Мгла	∞	желтый	Если видимость менее 2 км. В срок наблюдения
Общая метель		зеленый	В срок наблюдения
Пыльные или песчаные бури		желтый	В срок наблюдения и между сроками
Пыльные и песчаные вихри		фиолетовый	В срок наблюдения и между сроками
Смерчи		красным	В срок наблюдения и между сроками

Помимо всего вышеперечисленного на приземной карте «поднимают» фронты (в виду того, что вопрос идентификации фронтов довольно сложен, подробно он будет рассмотрен в следующей главе). Основные теплые фронты выделяются красным цветом без орнамента либо простым карандашом с орнаментом полукругов. Орнамент направлен в сторону перемещения фронта. Основные холодные фронты выделяются синим цветом без орнамента либо простым карандашом с орнаментом в виде треугольников. Орнамент также направлен в сторону перемещения. Фронт окклюзии выделяется цветом без орнамента, коричневым или фиолетовым, либо черным цветом с орнаментом в виде полукругов и треугольников, расположенных рядом. Слабовыраженные (верхние, вторичные)

обозначаются пунктирными линиями соответствующего цвета или черной прерывистой линией с соответствующим орнаментом. Малоподвижные фронты обозначаются двойной сине-красной линией либо черной линией с орнаментом, направленным в разные стороны.

2.5 Обработка высотных карт

Линии, соединяющие значения равного геопотенциала, называются изогипсами. На картах АТ925, АТ850, АТ700 и АТ500 проводят изогипсы через 4 гп дам (геопотенциальных декаметров). Масштаб в 4 гп дам был выбран потому, что он соответствует градиенту для 5 гПа на приземной карте. На картах АТ300 и выше изогипсы проводятся через 8 гп дам. Все изогипсы подписываются аналогично изобарам. В замкнутых областях высокого давления ставится буква В, в замкнутых областях низкого — буква Н. При проведении изогипс следует помнить, что чем выше поверхность, тем ближе ветер к геострофическому. Соответственно, чем больше высота, тем больше изогипсы совпадают с направлением ветра. Отклонение ветра от геострофического возможно в горных областях, отклонение ветра здесь происходит аналогично приземному, в области расходимости воздушных течений, где ветер отклоняется вправо от изогипс, в области сходимости, где ветер отклоняется влево, а также в тропических и субтропических

зонах, где нарушается равновесие между силой барического градиента и силой Кориолиса [3].

Кроме того, на все высотные карты переносятся приземные барические центры. Это позволяет оценить стадии развития барических образований и спрогнозировать их дальнейшее перемещение и эволюцию. На картах абсолютной и относительной топографии прерывистой черной линией могут наноситься изаллогипсы, линии равного изменения геопотенциала. Изменение геопотенциала может рассчитываться за 12 и 24 часа. Для анализа берется соответствующая карта за предыдущий срок и рассчитывается изменение геопотенциала. Полученное значение ставится возле соответствующей станции со знаком.

Все высотные карты обрабатываются последовательно, начиная с самой низкой.

Рассмотрим, что наносится на все карты дополнительно к вышеперечисленному (табл.2.4).

Карта АТ 925 не требует дополнительной обработки. В виду того, что карта очень низкая, здесь велико влияние подстилающей поверхности, она не подходит для фронтального анализа, но используется специалистами для уточнения прогноза, например, полезна для уточнения прогноза ветра на высоте и у земли. Кроме того, карта используется специалистами, работающими на авиационных метеорологических станциях.

Карта АТ 850 является одной из основных карт, требующих внимательной и аккуратной обработки. Она предназначена для фронтального анализа. Красным карандашом здесь проводятся изотермы через 2^0 , в центрах областей тепла красным карандашом ставят букву Т, в центрах областей холода синим карандашом ставят букву Х. На картах АТ-850 выделяют сухие и влажные зоны. Влажные зоны здесь выделяются при дефиците меньше 2^0 , сухие при дефиците больше 12^0 . Влажные зоны выделяются зеленой горизонтальной штриховкой, сухие — вертикальной желтой штриховкой. Внутри влажных зон пишут слово «Влажно», внутри сухих «Сухо». Также на карте АТ-850 строятся фронты. Для анализа фронтальных разделов выбрана именно эта поверхность в виду того, что здесь сохраняются все признаки нахождения фронтов, но почти полностью исключено влияние подстилающей поверхности. Основными признаками фронтальных разделов на карте АТ 850 являются:

- Сгущение изотерм (контрасты температур около $4-5^{\circ}\text{C}$ на 500 км). Все фронты лежат вдоль изотерм, считается, что фронтальный раздел не должен пересечь более чем одну изотерму. Исключение составляет лишь фронт окклюзии, ему на АТ-850 соответствует зона влажности и гребень тепла.
- Зона влажности (влажные зоны на АТ-850 у земли соответствуют облачности).

- Сходимость воздушных течений.
- На АТ 850 фронты проходят не вдоль барической ложбины, а смещены в ее переднюю часть.

Линии фронтов на АТ-850 обозначаются чёрными линиями с полукружками (тёплый фронт) или треугольниками (холодный фронт), направленными в сторону перемещения воздушной массы. Фронты окклюзии обозначаются рядом стоящими полукружками и треугольниками [3].

Карты АТ-700 и АТ-500 характеризуют распределение воздушных течений в средней тропосфере. Здесь также строятся сухие и влажные зоны. Критерий дефицита для нахождения влажных зон меньше 2^0 , для сухих — для карты АТ-700 больше 15^0 , а для карты АТ-500 больше 22^0 . По этим картам ведущий поток можно найти для любого района, где изогипсы не замкнуты. Кроме того, эти карты служат источником информации о высотной фронтальной зоне (ВФЗ). Зоны сгущения изогипс здесь характеризует положение ВФЗ.

Карты АТ-300 и выше используют для выявления расположения высотных фронтальных зон. С ними связаны струйные течения, которые выделяют при скорости ветра более 30 м/с. Границу струйного течения выделяют зеленым цветом, закрашивая все внутри. Дополнительно красным цветом выделяют скорость ветра 60 м/с, если такая имеется. Коричневой стрелкой проводят ось струйного течения и подписывают его скорость.

Карта ОТ 500/1000 выражает температуру нижнего пятикилометрового слоя. $H_{500}-H_{1000} \approx 2T$. Т здесь температура слоя в Кельвинах. На карту ОТ 500/1000 дополнительно могут переноситься фронты с приземной карты черно-белой печатью. При этом зона сгущения изогипс должна остаться перед теплым фронтом и за холодным соответственно. Так как наклон теплого фронта меньше чем холодного, сгущение изогипс перед теплым фронтом распространяется дальше. Изогипсы (они же изотермы для карты ОТ 500/1000) очерчивают форму теплого воздуха перед холодным фронтом и прогибаются в сторону теплого воздуха за холодным фронтом. Для определения характера адвекции на карту ОТ 500/1000 через копирку переносят изогипсы карты АТ-700. Карта АТ-700 характеризует поток, карта ОТ 500/1000 температуру. Соответственно изогипсы ОТ 500/1000 можно рассматривать как изотермы. Из областей холода поток несет холод, из областей тепла соответственно тепло, на одноименной изотерме знак адвекции меняется. Адвекция холода обозначается синим, адвекция тепла красным.

Таблица 2.4 — Обработка высотных карт

Карта	Изогипсы	Изотермы	Влажные зоны	Сухие зоны	Изалло-гипсы	Приземные центры барических образований	Фронты
АТ-925	Через 4 гп дам, черные сплошные линии	—	—	—	—	+	—
АТ-850	через 4 гп дам, черные сплошные линии	через 2 ⁰ , красным цветом, сплошные линии, области холода синей буквой Х, области тепла красной буквой Т	Дефицит $\leq 2^0$, горизонтальная штриховка зеленым цветом	Дефицит $\geq 12^0$, вертикальная штриховка желтым цветом	—	+	Черным цветом

Карта	Изогигсы	Изотермы	Влажные зоны	Сухие зоны	Изаллогисы	Приземные центры барических образований	Фронты
АТ-700	через 4 гп дам, черные сплошные линии	—	Дефицит $\leq 2^0$, горизонтальная штриховка зеленым цветом	Дефицит $\geq 15^0$, вертикальная штриховка желтым цветом	Черной пунктирной линией	+	—
АТ-500	через 4 гп дам, черные сплошные линии	—	Дефицит $\leq 2^0$, горизонтальная штриховка зеленым цветом	Дефицит $\geq 22^0$, вертикальная штриховка желтым цветом	Черной пунктирной линией	+	—
АТ-300	через 4 гп дам, черные сплошные линии	—	—	—	—	+	—

Карта	Изогиисы	Изотермы	Влажные зоны	Сухие зоны	Изалло-гисы	Приземные центры барических образований	Фронты
ОТ 500/1000	через 4 гп дам, черные сплошные линии	—	—	—	Черной пунк- тирной линией	+	Да, черным цветом

Глава 3. Воздушные массы и фронты

Воздушная масса (ВМ) – это объем тропосферного воздуха, соразмерный с материками и океанами. Обладает, в основном, однородным характером погоды во всех своих частях. Перемещается как единое целое в системе общей циркуляции атмосферы.

Горизонтальные размеры - тысячи км. Вертикальные - от нескольких км до тропопаузы (9-11 км).

Район, в котором воздух приобретает свойства единой воздушной массы, называют очагом формирования ВМ.

Трансформация ВМ. При перемещении из очага формирования воздушная масса попадает в другие условия, ее свойства начинают изменяться, ВМ трансформируется. Трансформация в первые сутки после вторжения ВМ в новый географический район происходит быстрее, чем в последующие дни, т. е. скорость трансформации тем больше, чем больше отклонение метеорологической величины от условий равновесия. Период трансформации, т. е. число дней, за которое будут достигнуты условия равновесия, составляет 5—7 дней.

Режим погоды над территорией в значительной степени определяется свойствами воздушной массы, которая располагается над ней [2].

К свойствам определенной воздушной массы относят однородность температуры воздуха, влагосодержания, дальности видимости и облачности. Абсолютно однородных воздушных масс в атмосфере не существует.

В синоптике выделяют консервативные характеристики воздушных масс, которые практически не меняются в суточном ходе или при вертикальных перемещениях воздушных частиц. К консервативным характеристикам воздушных масс относят псевдопотенциальную температуру и массовую долю водяного пара. Их используют для оценки эволюции и сопоставления свойств в соседних ВМ. Температура и относительная влажность в приземном слое малоконсервативны. Так как они имеют выраженный суточный ход [6].

При сближении теплой и холодной воздушных масс между ними образуется узкий переходной слой с большими горизонтальными градиентами температуры, который называют фронтальным слоем или, коротко, фронтом.

3.1 Классификация воздушных масс

Географическая классификация ВМ основана на определении географического очага формирования воздушных масс. По этому принципу можно выделить основные типы: арктическая воздушная масса (АВМ), умеренная (УВМ), тропическая (ТВМ) и экваториальная (ЭВМ). С учетом характера подстилающей поверхности они могут быть отнесены

к континентальным и морским. Более детальная классификация воздушных масс: арктическая ВМ, умеренная ВМ (северная умеренная ВМ, южная умеренная ВМ), тропическая (тропическая и южная тропическая - экваториальная). В таблице 3.1. представлены особенности метеорологических характеристик и циркуляции атмосферы для каждой ВМ.

Таблица 3.1. Основные свойства воздушных масс.

Тип ВМ, свойства	Направление потоков воздуха	Атмосферное давление	Кол-во осадков	Особенности циркуляции
АВМ, холодная, сухая	Нисходящие	Высокое	Мало	Летние и зимние циклоны, развивающиеся на арктическом фронте
УВМ, теплая, влажная	Восходящие	Низкое	Много	Западный перенос
ТВМ, жаркая, сухая	Нисходящие	Высокое	Мало	Пассаты и пояс субтропических антициклонов
ЭВМ, жаркая, влажная	Восходящие	Низкое	Очень много	ВЗК

Основываясь на том, что фронт – это узкая переходная зона между двумя соседними воздушными массами в атмосфере, можно выделить основные или главные

климатические фронты. Главные фронты разделяют воздушные массы основных географических типов – рисунок 3.1.

Арктический фронт отделяет арктический воздух от воздуха умеренных широт. Умеренный (или полярный) фронт отделяет воздух умеренных широт от тропического воздуха. В тропической и экваториальной зоне принято вместо фронтов выделять внутритропическую зону конвергенции (ВЗК). ВЗК – это переходная зона между пассатами Северного и Южного полушарий или между пассатом и муссоном, либо между пассатом и экваториальными западными ветрами. Характеризуется значительной сходимостью воздушных потоков

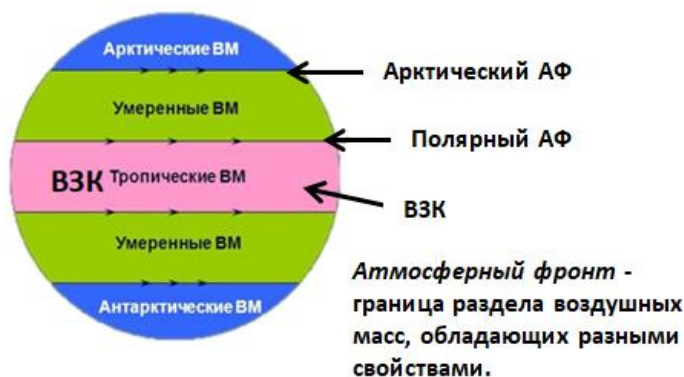


Рисунок 3.1. Распределение воздушных масс (ВМ) и атмосферных фронтов (АФ)

Высотная фронтальная зона (ВФЗ) – зона сгущения изогипс и (или) изотерм на картах барической топографии.

Её можно обнаружить на картах барической топографии всех уровней. Чаще, для анализа, используют уровень 5-6 км (карта АТ-500).

ВФЗ является переходной зоной в средней или верхней тропосфере между высоким теплым антициклоном и высоким холодным циклоном.

Высотные фронтальные зоны в тропосфере связаны с главными (основными) фронтами и струйными течениями.

При слиянии соседних ВФЗ образуется единая Планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ), которая опоясывает полушарие. ПВФЗ чаще всего располагается в районе широты 40 градусов и в зависимости от сезона перемещается летом в северные широты, а зимой – в южные. В высотной фронтальной зоне выделяют вход и дельту (рис.3.2). Часто в районе дельты ВФЗ можно обнаружить циклоны в начальной стадии развития.

Сгущение изогипс (рис.3.2) в центральной области ВФЗ соответствует значительным горизонтальным градиентам давления и зоне сильных ветров, скорость которых постепенно убывает в направлении периферий ВФЗ. Поэтому поле ветра в

области ВФЗ имеет вид струи — воздушного потока большой скорости, который получил название струйного течения [2].

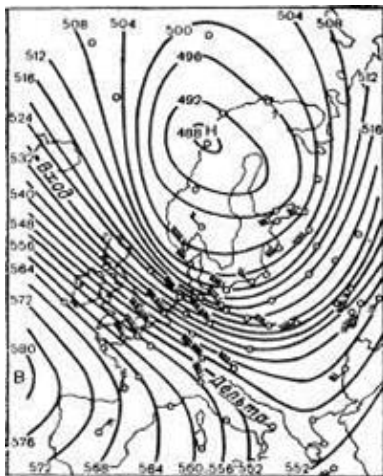


Рисунок 3.2. Пример сгущения изогипс на карте АТ-500

Струйное течение — это сильный узкий воздушный поток с почти горизонтальной осью в верхней тропосфере и стратосфере, характеризующийся большими горизонтальными и вертикальными сдвигами (градиентами) ветра. Нижний предел скорости ветра 30 м/с [2,9]. Иногда струйные течения можно увидеть и на более низких уровнях, в средней и нижней тропосфере.

Как было сказано ранее, струйные течения связаны с высотными фронтальными зонами и главными климатическими фронтами. В тропосфере выделяют субтропические струйные течения, арктические и полярнофронтовые [9]. Арктические и

полярные связаны с главными атмосферными фронтами – полярным и арктическим. Субтропические связаны с зоной сходимости антипассатов и воздушных течений умеренных широт.

Географическую классификацию воздушных масс используют для составления синоптических обзоров, при исследовании условий формирования аномальных погодных явлений.

Наряду с географической, используют синоптическую классификацию воздушных масс. Она основана на сравнении температуры и температурной стратификации в соседних друг с другом воздушных массах.

Для понимания термических характеристик воздушных масс необходимо различать термодинамическую и синоптическую классификацию. В термодинамической классификации теплой называется такая воздушная масса, которая в данном районе постепенно охлаждается, поскольку ее температура выше температуры равновесия, т. е. не соответствует условиям теплового и радиационного баланса. Холодной называется такая воздушная масса, которая в данном районе постепенно прогревается. Синоптическая классификация все воздушные массы делит на относительно теплые и относительно холодные:

1. Относительно теплая – теплее соседних, может продолжать прогреваться.

2. Относительно холодная – холоднее соседних, может продолжать охлаждаться).

В дальнейшем будем использовать синоптическую классификацию воздушных масс. С учетом температурной стратификации различают следующие типы воздушных масс:

1. Относительно теплые воздушные массы – устойчивые и неустойчивые;
2. Относительно холодные воздушные массы – устойчивые и неустойчивые;
3. Нейтральные (местные) воздушные массы – устойчивые и неустойчивые.

Каждому типу воздушных масс по этой классификации присущи особые сезонные погодные условия.

Относительно теплые – приходят на холодную подстилающую поверхность, охлаждаются, становятся вертикально устойчивыми (потенциальная температура θ повышается с высотой).

Относительно холодные – приходят на теплую подстилающую поверхность, нагреваются, становятся вертикально неустойчивыми (потенциальная температура θ понижается с высотой).

Устойчивость или неустойчивость воздушных масс приводит к развитию различных погодных условий. Для неустойчивых воздушных масс характерно образование конвективной облачности. В устойчивой воздушной массе

наблюдаются задерживающие слои и возможно образование слоистых форм облачности. Задерживающие слои в атмосфере – это слои с температурной инверсией, изотермией. Например, относительно теплая океаническая воздушная масса зимой приходит на континент. Нижняя часть ВМ охлаждается и становится устойчивой. Возникает приподнятая инверсия температуры (ведь верхняя часть ВМ еще не охладилась). Под приподнятой инверсией за счет вертикального турбулентного обмена образуются слоистые облака или адвективный туман.

В летнее время та же океаническая воздушная масса при продвижении на разогретый континент будет относительно холодной. Нижняя ее часть прогреется от подстилающей поверхности. Стратификация такой ВМ станет неустойчивой, что приведет к образованию конвективных явлений (грозы, шквалы и град).

3.2 Атмосферные фронты

Главные (или основные) атмосферные фронты разделяют воздушные массы основных географических типов. При анализе синоптической ситуации для составления синоптического обзора мы нередко упоминаем фразу «с циклоном связана система арктического фронта». На синоптической карте можно увидеть арктический или полярный фронт в реальном времени как систему основных фронтов,

связанной единой линией, проходящей вблизи одного широтного круга (рисунок 3.3).

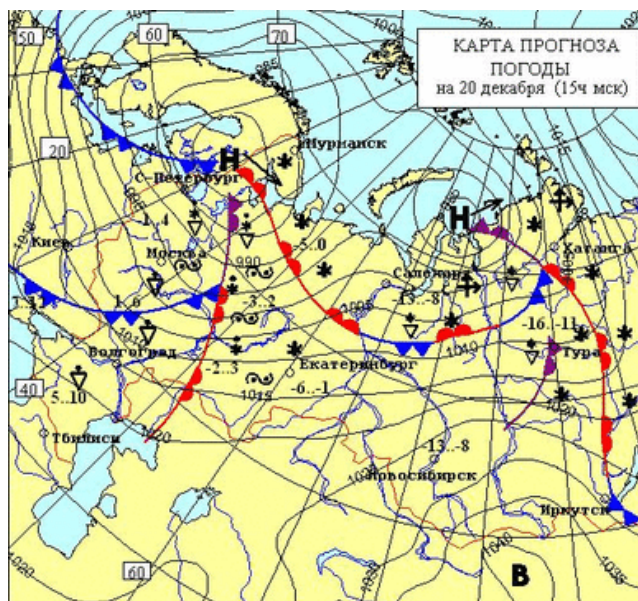


Рисунок 3.3 Система арктического фронта

По особенностям перемещения, вертикальной структуре и погодным условиям различают фронты: простые – теплые, холодные и стационарные и сложные (сомкнутые) – фронты окклюзии. Процесс смыкания атмосферных фронтов называется окклюдированием, а сомкнутый фронт называется фронтом окклюзии. Существуют еще верхние тёплые фронты, которые разделяют воздушные массы с различными свойствами в свободной атмосфере и у земной поверхности не прослеживаются и вторичные холодные фронты,

формирующиеся в виде коротких фронтальных полос в тыловых частях циклонов за основным холодным фронтом.

Фронтальный анализ (рис.3.4) в синоптической практике наиболее сложен, необходимо учитывать большое количество параметров, использовать приземные, кольцевые, высотные карты погоды, данные метеорологических радаров и спутниковые снимки, знать историю синоптического процесса.

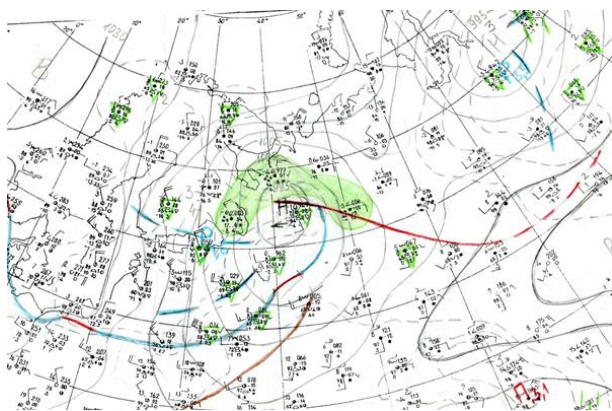


Рисунок 3.4. Приземная карта погоды с фронтальным анализом

В данном пособии предлагаются основные правила проведения фронтов.

В циклоне выделяют тыловую часть, центральную и переднюю часть, а также область между теплым и холодным фронтами – теплый сектор циклона. Тыловой части наиболее характерны северо-западные ветра, в теплом секторе преобладают ветра южных направлений.

Напомним, что в циклонах наблюдается сходимость воздушных течений в приземном слое. В результате действия силы Кориолиса воздушные потоки движутся против часовой стрелки. На рисунке 3.5 показаны направления вектора ветра в разных частях циклона.

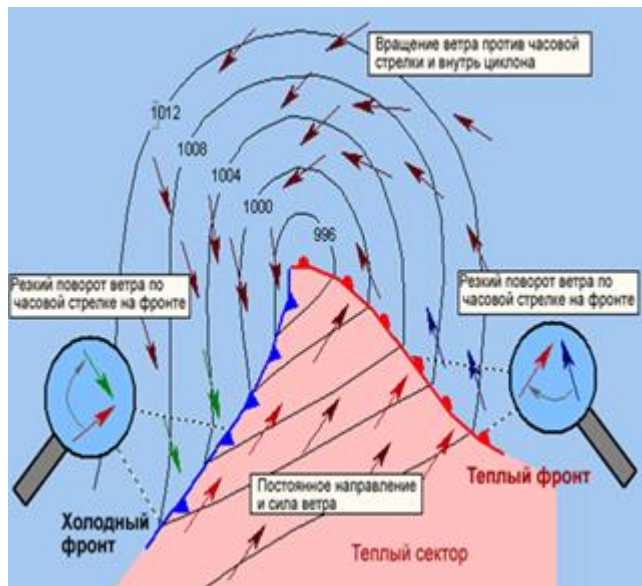


Рисунок 3.5 Ветровые потоки в циклоне

Под теплым фронтом мы понимаем поверхность раздела между ВМ – теплая воздушная масса движется в сторону более холодной. Для холодного фронта – наоборот, холодная ВМ движется в сторону теплой. Следовательно, холодный фронт всегда будет обнаруживаться в тыловой части циклона (северо-западные или северные потоки движутся в сторону теплого сектора циклона), теплый – в передней (южные

потоки теплого сектора циклона смещаются в сторону более холодных восточных ветров).

В процессе сближения холодной и теплой воздушных масс фронтальный слой приобретает наклон в сторону холодной воздушной массы.

Это связано с возникновением горизонтального градиента давления на высотах. Барическая ступень в теплом воздухе больше, чем в холодном воздухе. Поэтому, по мере поднятия вверх, давление в теплом воздухе становится выше, чем в холодном, т.е. возникает горизонтальный градиент давления. Теплый воздух начинает перемещаться в направлении силы барического градиента, то есть, в сторону холодного воздуха.

Таким образом, холодный воздух двигается клином, а теплый натекает на клин холодного. Это во многом определяет положение фронтальной зоны осадков и виды облачности, образующейся на фронтах [2]. На вертикальных разрезах атмосферных фронтов угол их наклона сильно преувеличен. Это связано с различием вертикального и горизонтального масштабов синоптических процессов. В действительности, угол наклона фронтальной поверхности очень мал — менее 1° [2].

Перейдем к признакам фронта на синоптических картах погоды.

Приземная карта

Для того, чтобы провести линию фронта на приземной карте необходимо предварительно проанализировать положение

фронтальной поверхности по картам высотной топографии: АТ 850 и ОТ $^{500}/_{1000}$, привлечь карту с фронтальным анализом за предыдущий срок и проанализировать спутниковый снимок.

На приземной карте можно выделить несколько основных признаков для проведения фронтов.

1. Изменение температуры. Изменение температуры воздуха перед и за фронтом должно составлять 5–10 °С.
2. Ветер. Во фронтальной зоне наблюдается схождение ветровых потоков (фронты лежат в ложбинах). При прохождении фронта отмечается поворот ветра по часовой стрелке.
3. Барическая тенденция. Индикаторы фронтов - зоны максимального роста и падения давления. Перед теплым фронтом наблюдается максимальное падение давления. За холодным фронтом – максимальный рост давления.
4. Облачность и Явления погоды. Каждому виду фронта присущи свои метеоусловия.

Рассмотрим наиболее характерную погоду для простых фронтов: холодного и теплого.

3.3 Облачность и явления погоды теплого фронта

На рисунке 3.6 представлен вертикальный разрез теплого фронта. Теплый воздух менее плотный и более легкий натекает на клин холодного. Наблюдаются упорядоченные вертикальные движения со скоростью несколько см/с.

В результате адиабатического охлаждения возникает мощная облачная система, которая состоит из слоисто-дождевых (Ns), высокослоистых (As) и перисто-слоистых (Cs) облаков.

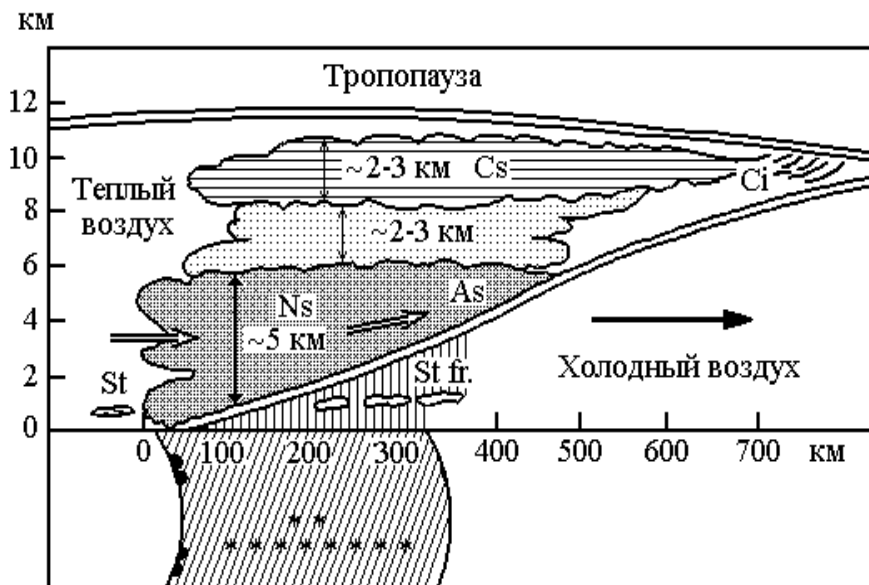


Рисунок 3.6 Вертикальный разрез теплого фронта

Ширина облачной системы хорошо выраженного теплого фронта может достигать 1000 км, ширина зоны дождей — 300-400 км, а зоны выпадения снега — 400-500 км. Осадки обложные, продолжительные, могут идти 10-15 ч. с небольшими перерывами, их интенсивность не более 3 мм в час.

В таблице 3.2 представлены средние погодные характеристики теплого фронта. Основной особенностью

теплого фронта является то, что фронтальная облачность и осадки наблюдаются перед приземной линией фронта.

Таблица 3.2. Погода теплого фронта

Метеовеличины Явления	Расстояние до приземной линии фронта (км) и время до ее прихода (часы)				
	600 (17 час)	500 (14 час)	400 (11 час)	300 -100 (8 – 3 час)	Фронт
Ветер	В	ЮВ	ЮВ	Ю-ЮВ	Ю
Облачность	Ci	Cs	As	As-Ns	Ns, Cb
Осадки	–	–	Морось	Морось Обложные	Обложные Ливневые
Явления	–	Гало Венцы	Снижение видимости	Фронтальный туман	Гроза

Погодные явления теплого фронта отличаются друг от друга в теплое и холодное полугодие. В теплое полугодие (на Европейской территории России в июне – июле) помимо обложных осадков на теплых фронтах в ночное время возможны грозы. Гроза, облака Cb и ливень для теплого фронта – частный случай!

Образование кучево-дождевых (Cb) облаков на теплых фронтах летней ночью связано с вынужденной конвекцией. В ночное время фронтальные слоисто-дождевые (Ns) облака препятствуют ночному выхолаживанию земной поверхности, охлаждение происходит с верхней границы Ns, холодный воздух опускается вниз и вынуждает теплый воздух

подниматься вверх, возникает конвекция и на теплых фронтах только ночью, только летом гремят грозы.

В холодное полугодие ширина зоны осадков больше, чем в теплое полугодие. Летом осадки из высоко-слоистых (As) облаков не достигают земли, сокращая зону обложных осадков перед фронтом. Признаками того, что приближается теплый фронт, является падение давления, увеличение плотности, влажности облаков, снижение их нижней границы, слоисто-дождевые (Ns), под которыми обычно разорвано-дождевые (Fr nb) и разорванно-слоистые (St fr).

3.4 Облачность и явления погоды холодного фронта

Характер погоды на холодном фронте (рис.3.7а,б) различается в зависимости от скорости смещения фронта, свойств тёплого воздуха перед фронтом, характера восходящих движений тёплого воздуха над клином холодного.

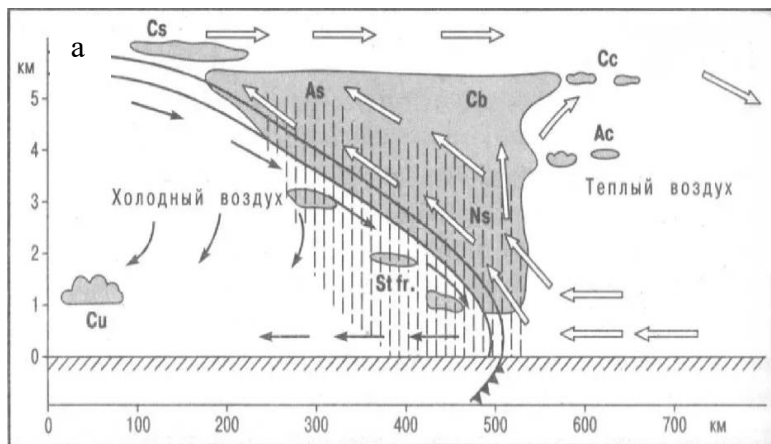


Рисунок 3.7а – Вертикальный разрез холодного фронта первого рода

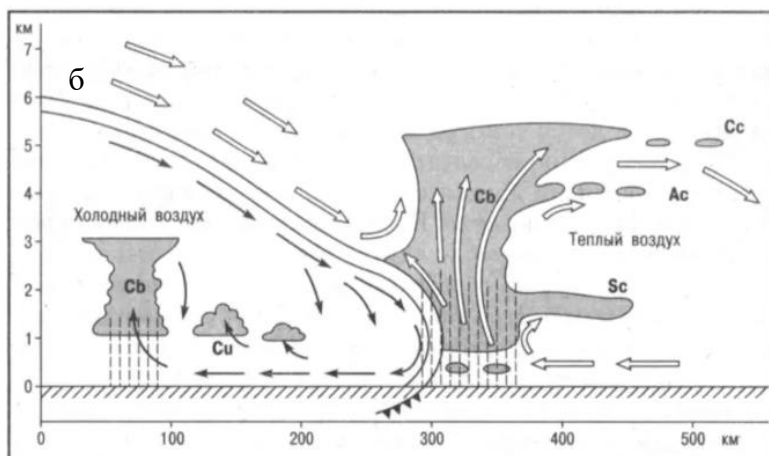


Рисунок 3.7б – Вертикальный разрез холодного фронта второго рода

Холодный фронт 1 рода смещается медленно (около 30 км/час, характерен для центральных областей циклона). Холодный фронт 2 рода смещается быстро (около 50 км/час, характерен для периферийных областей циклона).

В результате действия сил трения приземная часть холодного фронта тормозится о подстилающую поверхность, активно вытесняя теплый воздух вверх и создавая конвективные движения теплого воздуха. Перед линией фронта в теплое полугодие наблюдаются кучево-дождевые облака. В холодное полугодие кучево-дождевая облачность отсутствует или приходит с прибрежных районов сильно деформированная. В большинстве случаев в зимний период для холодных фронтов наиболее характерна мощная слоисто-дождевая облачность.

Погодные особенности холодного фронта 1-го рода представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Погода холодного фронта 1-го рода

Метеовеличины Явления	Расстояние до приземной линии фронта (в км)			
	100 (3 часа до фронта)	Фронт	- 100	-200
Ветер	Ю-ЮЗ (5-7 м/с)	Ю-ЮЗ с переходом на СЗ-С	СЗ-С (12-15, иногда до 25 м/с)	С (10-15 м/с)
Облачность	Cs	Ns Cb (лето)	Ns-As	As,Sc
Осадки	-	Обложные Ливневые(лето)	Обложные	Морось
Явления	-	Гроза (лето)	-	-

Перед медленно смещающимся холодным фронтом первого рода кучево-дождевые облака не очень мощные, часть теплого воздуха упорядоченно натекает на клин холодного, в результате возникают слоистообразные облака Ns-As-Cs и Ci, которые характерны и теплему фронту. Поэтому холодный фронт 1-го рода часто называют зеркальным отображением теплого. Только зона облачности и погодных явлений у теплого фронта находится перед его приземной линией, а для холодного фронта 1-го рода характерны обложные осадки и слоистообразная облачность за приземной линией.

Погода холодного фронта 2-го рода представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4. Погода холодного фронта 2-го рода

Метеовеличины Явления	Расстояние до приземной линии фронта (в км)			
	200 (2-3 часа до фронта)	Фронт	- 100	-200
Ветер	ЮЗ 5-7 м/с	15 – 20, до 30 м/с	СЗ 15, иногда до 20 м/с	С 10-12 м/с
Облачность	Ac lent	Сb, мощные Ns (зима)	Ac, Frst	Сb, вторичный холодный фронт
Осадки	-	Ливень, снежные заряды	-	Ливень, снежные заряды
Явления	-	Гроза, град, шквал	-	Гроза, шквал

Перед холодным фронтом 2 –го рода кучево-дождевая облачность более мощная, в некоторых случаях верхняя граница Сb может достигать тропопаузы. Осадки интенсивные, ливневые (продолжительность их от нескольких минут до одного часа). Зона ливневых осадков узкая, около 50 км. Для быстро смещающихся фронтов 2-го рода характерны вторичные фронты.

3.5 Фронт окклюзии

Окклюзия – процесс смыкания теплого и холодного фронтов, начинающийся от центра циклона и распространяющийся к его периферии.

В процессе окклюдирования теплый воздух вытесняется в верхние слои атмосферы, теплый сектор циклона постепенно

исчезает, и весь циклон заполняется холодным воздухом.

Фронты окклюзии можно условно разделить на три типа: фронт окклюзии по типу теплого (рисунок 3.8а), фронт окклюзии по типу холодного (рисунок 3.8б) и нейтральный фронт окклюзии.

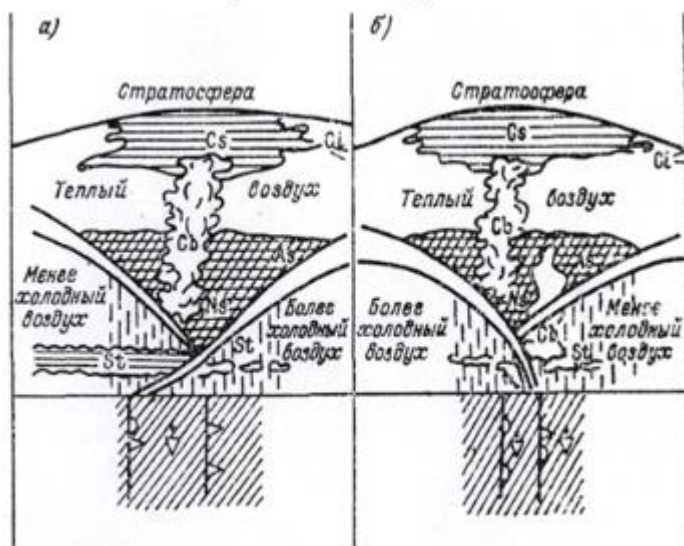


Рисунок 3.8 Схемы фронтов окклюзии по типу теплого (а) и по типу холодного (б)

Так как воздушная масса теплого сектора циклона при смыкании холодного и теплого фронта вытесняется в верхние слои, то в циклоне в тыловой и передней части остается холодный воздух. Напомним, что под действием силы Кориолиса движения воздушных потоков в циклоне принимают направление против часовой стрелки. Воздушная масса тыловой

части циклона смещается в сторону передней части. Если более теплый воздух натекает в сторону более холодного возникает фронт окклюзии по типу теплого (рисунок 3.8а). Если воздух тыловой части холоднее, чем в передней – возникает фронт окклюзии по типу холодного (рисунок 3.8б). Если градиенты в оставшихся после вытеснения теплого сектора воздушных массах невелики – фронт окклюзии будет нейтральным.

На Европейской территории России зимой чаще всего проходят фронты окклюзии по типу теплого. В тыловую часть циклона вовлекается теплый и влажный воздух с Атлантического океана (океан зимой теплее континента), в передней части циркулирует воздушная масса с востока континента. Следовательно, после вытеснения в верхние слои самого прогретого в циклоне воздуха теплого сектора, более теплый и влажный атлантический воздушный поток движется в сторону охлажденного континентального, такой фронт окклюзии принимает тип теплого.

При прохождении активного фронта окклюзии, на котором объединяются облачные системы холодного и теплого фронтов, выпадают продолжительные и одновременно сильные осадки.

Точка окклюзии – особая точка на синоптической карте, от которой расходятся еще не сомкнутые в процессе окклюдирования теплый и холодный фронты. С точкой

окклюзии обычно связана область максимального падения давления (отрицательной барической тенденции) в циклоне.

При смыкании холодного и тёплого фронтов сближаются их облачные системы, поэтому при прохождении фронта окклюзии через пункт наблюдения осадки выпадают как перед приближением фронта, так и после его прохождения. С течением времени температуры по обе стороны нижнего фронта окклюзии и постепенно выравниваются, и фронт окклюзии дегенерирует.

Итак, попробуем провести фронтальный анализ.

У каждого синоптика есть свои наработанные приоритеты использования информации (с чего начать) при проведении фронтального анализа, однако, в основном, поступают следующим образом.

В первую очередь, синоптик смотрит карту АТ-850, приземную синоптическую карту и спутниковый снимок (если есть возможность, то и в динамике). Далее, на карте АТ-850 обращает внимание на зоны сгущения изотерм, сопоставляет эти области с зоной облачности на спутниковом снимке и с полем давления на приземной карте погоды. Здесь нужно отметить, что каждому атмосферному фронту соответствует своя изотерма на поверхности 850 гПа и она мало меняется в течение сезона (тёплого или холодного). Так, летом арктический фронт можно найти примерно по изотерме ноль градусов, полярный – по изотерме +10 °С, тропический – по изотерме +20 °С. Зимой

арктический фронт лежит примерно по изотерме -10°C , полярный - по нулевой, тропический – по изотерме $+10^{\circ}\text{C}$. Соответственно, в переходные периоды происходит постепенная «миграция» изотерм, по которым проводятся атмосферные фронты. Указанные изотермы не нужно принимать за догму или правило. Один и тот же фронт (например, полярный летом) может на одном участке лежать по изотерме $+9$, на другом - по изотерме $+11$. А также необходимо учитывать и свойства воздушной массы (об этом говорилось выше). Например, воздух умеренных широт летом при одних условиях циркуляции прогреется сильнее (фронтальный раздел будет соответствовать интервалу изотерм $+10\dots+12$ градусов), при других условиях, слабее (фронтальный раздел будет соответствовать изотермам $+8\dots+10$ градусов). То же и с другими фронтами.

Основные трудности по определению средних изотерм фронтальной зоны приходятся на переходные сезоны, но и в эти периоды они не меняются резко ото дня ко дню. Так, если в начале ноября полярный фронт, проведён в интервале изотерм $+2\dots+4$ градусов, то с большой вероятностью на следующий день его нужно будет искать в этом же диапазоне температур или переходить на более низкий (например, $+1\dots+3$ градуса). Весной, наоборот, переходить нужно на более высокий. И весна, и осень в каждом году имеют свои особенности и сказать точно,

в каком месяце и какого числа будет переход на более холодную (тёплую) изотерму, невозможно.

На спутниковом снимке находим участок (район) соответствующий, например, положению средней изотермы полярного фронта. Лучше выбрать «очевидные» облачные поля, которые однозначно связаны с фронтальным разделом.

Убедившись, что выбранная изотерма фронтальной зоны соответствует характерной облачности на спутниковом снимке, проводим фронтальный анализ на карте АТ-850. Фронты наносятся чёрным цветом, соответствующим орнаментом. Затем, они «переносятся» на приземную карту. Здесь нужно учесть и наклон фронтальной поверхности, и характерные признаки фронта (барическая тенденция, явления погоды, облачность).

В качестве примера приведём фронтальный анализ за 12 UTC 29 июня 2020 года (рис.3.9). Проведём его над Европой.

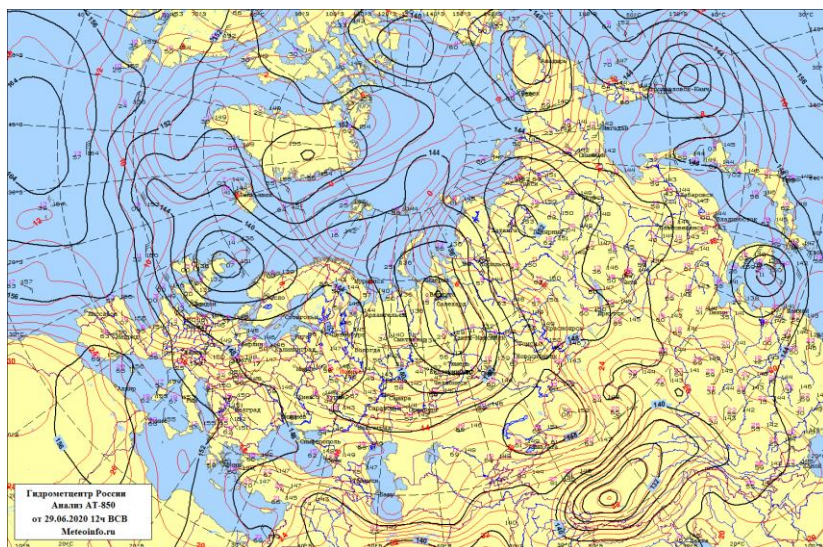


Рисунок 3.9 Карта АТ-850

По карте АТ-850 определяем зоны сгущения изотерм. Первую находим по северу Скандинавии. Она в этом районе проходит параллельно широтному кругу, над Кольским полуостровом поворачивает на юг, юго-восток, за Вологдой - на восток. Средняя изотерма $0...+2$ градуса, зона арктического фронта.

Вторая зона сгущения изотерм начинается в Атлантике, юго-западнее Великобритании. Заходит на Европу через Бискайский залив, в районе Праги поворачивает на северо-восток. Далее, от Риги в направлении Стокгольма наблюдается термический гребень, а зона сгущения изотерм разворачивается на юго-восток и проходит под Москвой, далее в направлении

Саратова. Средняя изотерма +10...+12 градусов, зона полярного фронта.

Третья зона сгущения изотерм прослеживается над северо-западом Африки и над Турцией. Средняя изотерма +20...+22 градуса, тропический фронт.

Рассмотрим спутниковые снимки в различных диапазонах длин волн.

Начнем с севера. На всех снимках облачность арктического фронта хорошо согласуется с первой зоной сгущения изотерм на АТ-850. Самая холодная воздушная масса видна над севером ЕТР в виде поля сплошной облачности, очертание которого повторяет ход первого сгущения изотерм.

Обращает на себя внимание облачный вихрь над Великобританией. Так выглядит фронт окклюзии у циклона в стадии заполнения (либо регенерации). Часто такие длинные фронты сильно деформируются и «разрываются». Часть фронта окклюзии, расположенная над Северным морем, приобретает свойства вторичного холодного фронта. Облачность плотная, высокая, с присутствием ледяной фазы. Термический гребень на АТ-850, связанный со второй зоной сгущения изотерм соответствует зоне облачности фронта окклюзии (только фронт окклюзии лежит в барическом гребне, остальные фронты проходят вдоль изотерм). Точка окклюзии находится в районе Ботнического залива. От неё, в направлении Санкт-Петербурга

уходит тёплый фронт и в направлении Калининграда – холодный, повторяя ход второй зоны сгущения изотерм.

Третья зона сгущения изотерм в поле облачности выражена слабо. Пожалуй, подтвердить её наличие можно только на участке Атлантики западнее Гибралтара. Над континентальной частью признаки тропической фронтальной зоны можно найти в виде полей (или линий) кучево-дождевой облачности в тёплой воздушной массе умеренных широт (другими словами, южнее полярного фронта).

После того, как мы согласовали положение фронтальных систем на АТ-850 и спутниковых снимках, проводим фронты у земли, при необходимости привлекая карту более крупного масштаба - кольцевую. Тёплый и холодный участки фронтальной системы должны иметь изгиб в сторону их движения, на этих типах фронтов могут наблюдаться волны. Фронт окклюзии бывает и в виде прямой линии, и в виде линии с изгибами. Фронт меняет знак, проходя через антициклон или гребень, на этих участках он выражен слабо и может обозначаться прерывистой линией. Фронты должны быть согласованы с предшествующим анализом.

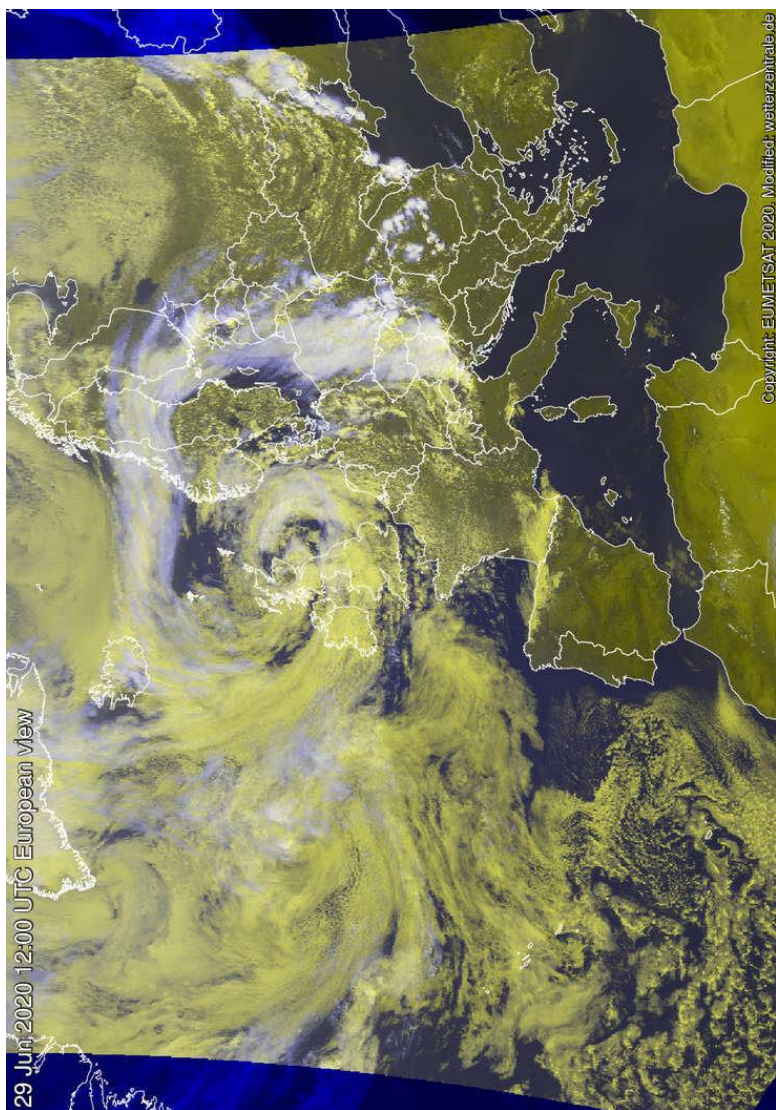


Рисунок 3.10 Спутниковый снимок в «видимом диапазоне»

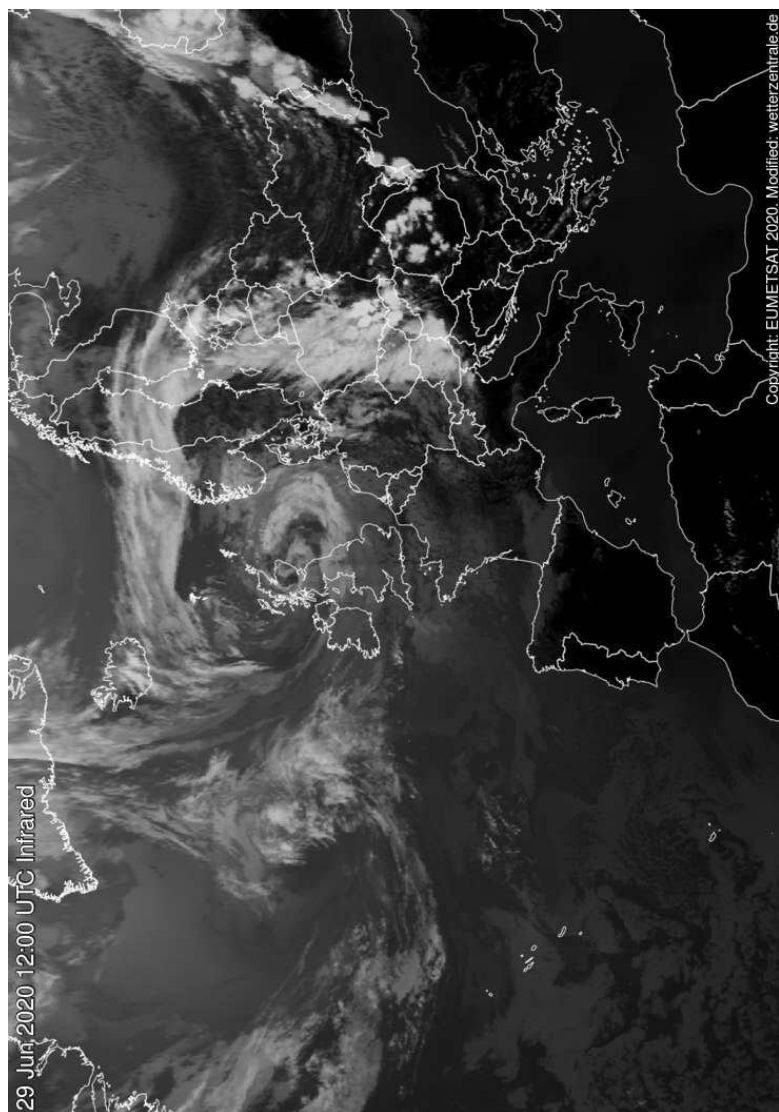
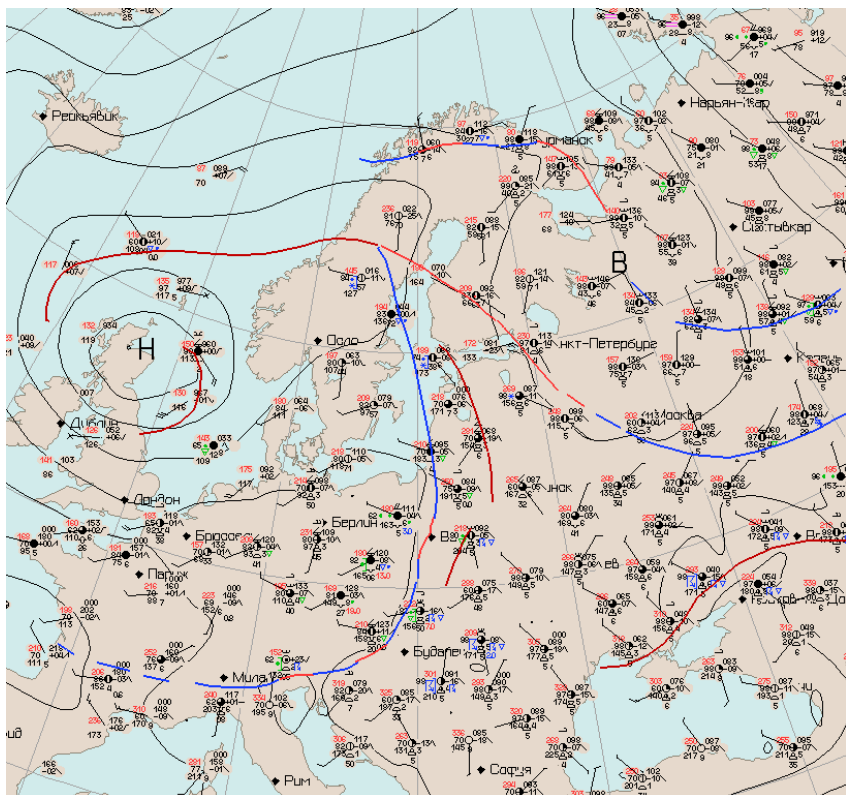


Рисунок 3.11 Спутниковый снимок в «инфракрасном диапазоне».



Литература

1. Воробьев В.И. Практикум по синоптической метеорологии – СПб: РГГМУ, 2006.
2. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991.
3. Дашко Н. А. Курс лекций по синоптической метеорологии. – Владивосток: ДВГУ, 2005.
4. Заболотников Г. В. Учебное пособие по работе с кодами метеорологической информации КН-01. – СПб: РГГМУ, 2010.
5. Заболотников Г. В. Учебное пособие по работе с кодом метеорологической информации КН-04 – СПб: РГГМУ
6. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
7. Код для оперативной передачи данных приземных метеорологических наблюдений с сети станций Росгидромета (КН-01 SYNOP) Издание 2013 г. (размещено на сайте Росгидромета <https://meteoinfo.ru/images/misc/kn-01-synop.pdf>).
8. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Лещенко Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов: Учебное пособие (3-е изд. перераб. и доп.). – Кировоград: ГЛАУ, 2010.
9. Приходько М.Г. Справочник инженера-синоптика. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.

Учебное издание

ПОСОБИЕ
ПО СИНОПТИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

Печатается в авторской редакции.

Подписано в печать 30.12.2022. Формат 60×90 1/16.

Гарнитура Times New Roman. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 5,875. Тираж 10 экз. Заказ № 1318.

РГГМУ, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79.