

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
“ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Факультет географии, геоэкологии и туризма
Кафедра природопользования

Учебное пособие

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

«Учение об атмосфере»

«Климатология с основами метеорологии»

ЧАСТЬ 3

Темы: Барическое поле и поле ветра.

Вода в атмосфере

для бакалавров и магистров

05.03.02 «География»,

05.04.02м «География»,

05.03.06 «Экология и природопользование»,

05.04.06м «Экология и природопользование»

Составитель: Л.М. Акимов

Воронеж 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Тема №4 Барическое поле и поле ветра	
	Лекция № 7 Барическое поле	4
2.	Тема №4 Барическое поле и поле ветра	26
	Лекция № 8 Поле ветра	
3.	Тема №4 Барическое поле и поле ветра	48
	Лекция №9 Общая циркуляция атмосферы	
4.	Тема №5 Вода в атмосфере	86
	Лекция № 10 Вода в атмосфере	
5.	Лабораторная работа «Измерение давления»	104
6.	Лабораторная работа «Измерение параметров ветра»	113
7.	Лабораторная работа «Влажность воздуха и методы ее измерения»	124
	Фонд оценочных средств (ФОС)	135

1. КАРТЫ ИЗОБАР И БАРИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ БАРИЧЕСКИЙ ГРАДИЕНТ

В покоящейся атмосфере давление в любой точке равно весу вышележащего столба воздуха, простирающегося до внешней периферии атмосферы и имеющего сечение, равное единице.

В физике давление определяется отношением силы к единице площади. В международной системе единиц (СИ) давление измеряют в паскалях (Па), что соответствует давлению силой 1 Ньютон на площадь 1 м кв., т.е. $1\text{Па}=1\text{Н/м кв.}$ В метеорологии давление выражают в **гектопаскалях (гПа)** с точностью до десятых долей. $1\text{ гПа} = 100\text{ Па}$. В России и в ряде других стран используют такую единицу измерения давления, как **миллибар (мб)**, которая соответствует гектопаскалю, т.е. $1\text{ мб} = 1\text{гПа}$. Кроме того во многих странах широко применяют внесистемную единицу измерения давления – **миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.)** Это связано с тем, что атмосферное давление измеряется на метеостанциях ртутно-чашечным барометром, деления у которого в мм рт. столба. $1\text{ мм рт. ст.} = 1,33\text{ гПа}$; $1\text{гПа} = 0,75\text{ мм рт. ст.}$

Давление, измеренное на метеостанциях ртутным барометром, приводят к температуре 0 С, ускорению свободного падения на широте 45 и к уровню моря.

Всемирной метеорологической организацией (ВМО) за эталон воздуха у поверхности земли на уровне моря принята так называемая «международная стандартная атмосфера», основные характеристики которой – температура 15 С, давление 760 мм рт. ст. или 1013,3гПа, (мб).

С высотой атмосферное давление понижается. Изменение давления на единицу высоты называется ***вертикальным градиентом атмосферного давления:***

$$G_v = - \Delta P / \Delta Z \quad (1)$$

где ΔP – разность давления на двух уровнях; ΔZ – разность высот.

В метеорологии при определении вертикального градиента давления за единицу высоты принимают 100 м.

Величина обратная вертикальному градиенту давления, называется **барической ступенью**.

Барическая ступень представляет собой высоту **h**, на которую нужно подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на единицу давления, и выражается в м / гПа или м / мм рт. ст.

При одном и том же давлении барическая ступень больше в теплом воздухе, чем в холодном.

Разность давления на разных высотах можно определить с помощью **барометрической формулы**:

$$Z_1 - Z_2 = 18400 (1 + at) \lg P_1/P_2 \quad (2)$$

где Z_1 и Z_2 – высоты верхней и нижней точек; a – коэффициент расширения воздуха, равный 0,004; t – средняя температура в слое, С; P_1 и P_2 – давление на верхнем и нижнем уровнях.

С помощью барометрической формулы решаются следующие задачи:

- приведение давления к уровню моря;
- вычисление распределения давления по высоте;
- определение превышений по разности давления
- барометрическое нивелирование.

Для характеристики поля давления у поверхности земли на синоптических приземных картах погоды проводят **изобары** – линии пересечения изобарических поверхностей с уровнем $z = 0$. Угол наклона изобарических поверхностей с уровенной поверхностью измеряется

угловыми секундами и иногда (при больших барических градиентах) минутами.

На высотах поле давления представляется с помощью метода барической топографии. В этом случае переходят от описания распределения давления к описанию распределения высоты соответствующей изобарической поверхности, т.е. на картах абсолютной топографии (АТ) проводят ***изогипсы*** - *линии равных высот какой-либо изобарической поверхности.*

Среднее значение высот основных изобарических поверхностей, для которых строятся карты АТ, примерно следующее:

p, гПа	1000	850	700	500	400	300	200	150	100	50
z, км	0	1,5	3,0	5,5	7,0	9,0	12,0	13,5	16,0	20,0

Важной характеристикой барического поля является ***горизонтальный градиент давления***, который характеризует изменение давления в горизонтальном направлении. Так как линии пересечения изобарических поверхностей с горизонтальной поверхностью являются изобарами, то можно сказать, что горизонтальный градиент давления на определенном уровне представляет собой вектор, направленный по нормали к изобаре в сторону низкого давления, а по величине равный изменению давления на единицу расстояния:

$$G_n = - (\Delta P / \Delta n), \quad (3)$$

где ΔP – разность давления между двумя точками, находящимися по нормали к изобаре; Δn – расстояние между ними.

Знак минус показывает, что горизонтальный градиент направлен от высокого в сторону низкого давления. Чем меньше расстояние между изобарами, тем больше горизонтальный градиент давления.

При анализе поля давления на картах погоды также используются:

Лапласиан давления

$$\nabla^2 p = \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \quad (4)$$

или геопотенциала

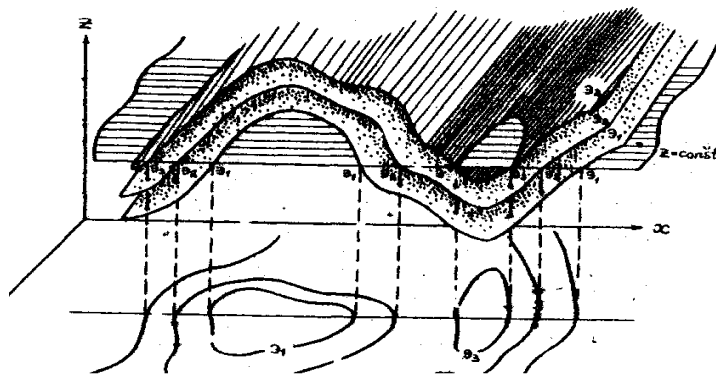
$$\nabla^2 H = \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \quad (5)$$

Он характеризует степень кривизны изобар (изогипс) и изменение густоты изобар (изогипс) в направлении осей координат.

Изобары на картах погоды дают наглядное представление о пространственном распределении поля давления.

Распределение давления в пространстве представляют с помощью изобарических поверхностей.

Изобарическая поверхность – это поверхность, это поверхность давление всех точек которой одинаково. В одних местах изобарические поверхности прогибаются вниз, образуя «котловины», в других – они выгибаются вверх, образуя «холмы».



Вертикальный

разрез изобарических поверхностей в антициклоне (В) и в циклоне (Н)

Изобары – *это линии пересечения изобарических поверхностей* с уровнями поверхности, т.е. это линии, соединяющие точки с одинаковым давлением. С помощью изобар на картах погоды изображаются барические системы.

Существуют следующие **карты погоды**:

- ***приземные***: *синоптические и кольцевые*;
- ***высотные***: *карты абсолютной и относительной топографии*.

Синоптические карты имеют масштаб в 1 см 100 км. На них наносится погода на метеостанциях, в том числе и атмосферное давление в миллибарах, проводятся изобары через **5 мб**.

Кольцевые карты имеют масштаб в 1 см 50 км. На них проводятся изобары через **2,5 мб**.

Для более детального анализа используются также ***микрокольцевые карты*** с масштабом в 1 см 25 км.

К высотным картам относятся ***карты абсолютной топографии***, на которых наносится абсолютный геопотенциал ***и карты относительной топографии***, на которых наносится относительный геопотенциал, характеризующий превышение одной изобарической поверхности над другой. Высота изобарической поверхности измеряется в геопотенциальных дециметрах (гп. дам). Линии соединяющие равные значения геопотенциала на высотных картах называются ***изогипсами***. Они проводятся через **4 гп. дам**.

Составляются следующие карты абсолютного геопотенциала для основных изобарических поверхностей: **АТ – 850 мб** для высоты 1,5 км; **АТ – 700 мб** (3,0 км); **АТ – 500 мб** (5, 5 км); **АТ – 400 мб** (7,0 км); **АТ – 300 мб** (9 км); **АТ – 200 мб** (12 км); **АТ – 100 мб** (16 км) и др.