

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА им. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Институт агробиотехнологий
Кафедра метеорологии и климатологии

И.Ф. Асауляк
Ю.А. Спирин

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Рабочая тетрадь

Москва, 2024

Метеорология и климатология: Рабочая тетрадь / И.Ф. Асауляк., Ю.А. Спирин.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2024. 52 с.

Рабочая тетрадь содержит задания и правила выполнения практических и семинарских занятий по дисциплине «Метеорология и климатология».

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология».

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института агробιοтехнологии (протокол № 8 от 27.02. 2024 г.).

© Асауляк И.Ф., Ю.А. Спирин
© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
им. К.А. Тимирязева, 2024

ВВЕДЕНИЕ

Целью практического курса дисциплины «Метеорология и климатология» является закрепление у студентов (бакалавров) теоретических знаний, приобретение умений и навыков в области гидрометеорологии для понимания сущности основных физических явлений и процессов, происходящих в атмосфере, установления их причин и взаимосвязей, а также лимитирующего влияния климата на состояние природной среды и природопользование.

Современная теория устойчивого развития ориентирована на регулирование взаимоотношений человека с окружающей средой, где важнейшей ее составляющей является атмосфера. Для понимания глобальных экологических проблем необходимы знания о составе, свойствах и строении атмосферы, физических и химических процессах в ней протекающих, об условиях формирования климата Земли и его изменении.

В задачи дисциплины входят: повсеместные и непрерывные наблюдения за атмосферой; обобщение и изучение материалов наблюдений с целью установления причин изменений метеорологических элементов и явлений погоды, установление законов, управляющих их развитием; разработка методов предсказания погоды; обеспечение отраслей народного хозяйства информацией о текущем состоянии погодных условий, их прогнозирование на будущее.

При освоении практического курса дисциплины главное внимание уделяется физическим процессам атмосферы, тепловому режиму и циркуляции, атмосферному давлению, влагообороту и его характеристикам, синоптическому анализу и его особенностям, микроклимату и т.д.

В каждой работе даны задачи, которые помогут студентам проверить свои знания и лучше усвоить курс. Контрольные вопросы в конце каждого раздела дисциплины предназначены для самостоятельной подготовки к текущему и промежуточному контролю.

Выполненная работа сдается преподавателю.

Работа 2

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Задание 1. Используя данные таблицы 2.1, определить относительную высоту холма, если у подножия холма давление 763,5 мм.рт.ст., а на вершине 760,2 мм.рт.ст., температура воздуха 16,4⁰С.

Таблица 2.1

Барическая ступень

Т, °С	Давление воздуха (мм.рт.ст.)						
	720	730	740	750	760	770	780
30	12,43	12,25	12,10	11,94	11,78	11,63	11,48
28	12,35	12,17	12,01	11,85	11,70	11,55	11,40
26	12,26	12,08	11,93	11,77	11,61	11,46	11,31
24	12,17	11,99	11,84	11,68	11,53	11,38	11,23
22	12,08	11,90	11,75	11,60	11,44	11,29	11,14
20	11,99	11,82	11,67	11,51	11,36	11,21	11,06
18	11,90	11,73	11,58	11,43	11,27	11,12	10,97
16	11,81	11,64	11,49	11,34	11,19	11,04	10,89
14	11,72	11,55	11,41	11,25	11,11	10,96	10,82
12	11,63	11,47	11,32	11,17	11,02	10,88	10,74
10	11,55	11,38	11,23	11,08	10,93	10,80	10,66
8	11,46	11,29	11,15	11,00	10,85	10,71	10,57
6	11,37	11,20	11,06	10,91	10,77	10,63	10,49
4	11,28	11,12	10,97	10,83	10,69	10,55	10,41
2	11,19	11,03	10,89	10,74	10,60	10,46	10,32
0	11,10	10,94	10,80	10,66	10,52	10,38	10,24
- 2	11,01	10,85	10,71	10,58	10,44	10,30	10,16
- 4	10,92	10,76	10,63	10,49	10,35	10,21	10,07
- 6	10,83	10,68	10,54	10,41	10,28	10,13	9,99
- 8	10,74	10,59	10,45	10,32	10,20	10,05	9,91
-10	10,65	10,50	10,37	10,24	10,11	9,96	9,82
-12	10,57	10,41	10,28	10,15	10,03	9,88	9,74
-14	10,48	10,33	10,19	10,07	9,94	9,80	9,66
-16	10,39	10,24	10,11	9,98	9,86	9,72	9,59
-18	10,30	10,15	10,02	9,89	9,78	9,64	9,51
-20	10,21	10,06	9,93	9,81	9,69	9,55	9,42

Задание 2. Определить высоту первой надпойменной террасы (таблица 2.1) давление у уреза воды в реке 1020 мб, а на первой надпойменной террасе 1018 мб, температура воздуха 8⁰С.

Задание 3. Привести давление к уровню моря при температуре воздуха 8° , если: а) на высоте 150 м давление 743,2 мм.рт.ст.; б) в дельте Волги давление 765,3 мм.рт.ст.; в) на самой высокой точке Средне-Русской возвышенности давление 759,1 мм.рт.ст.

Задание 4. Напишите формулу Магнуса и дайте ей толкование.

Задание 5. Выведите формулу для плотности влажного воздуха. Какой воздух легче: сухой или влажный при одинаковом давлении и температуре?

Вопросы:

1. Как меняется состав воздуха с высотой?
2. Какие газы входят в состав воздуха?
3. В чем заключается защитная роль озона?

Работа 3

ВОЗДУШНЫЕ МАССЫ И ФРОНТЫ

Задание 1. На контурную карту мира (рисунок 11.1, 11.2) нанести: перманентные и сезонные центры действия атмосферы; среднее положение главных климатологических фронтов и расположение воздушных масс в январе и июле.



Рис.3.1. Карта – схема среднего положения главных климатологических фронтов в январе



Рис. 3.2. Карта – схема среднего положения главных климатологических фронтов в июле

Задание 2. Определить по таблице (таблица 11.1.) повторяемости типов воздушных масс климатические области России. Объяснить, какими причинами вызвана эта повторяемость. Построить по этим данным круговую диаграмму.

Таблица 3.1

Повторяемость (%) типов воздушных масс в различных климатических областях

	кУВ	мУВ	кАВ	мАВ	кТВ	мТВ
I	51,0	0	48,6	0	0,4	0
II	52,6	20,5	8,7	12,1	5,4	0,5
III	63,6	0	8,8	0,1	27,5	0,1
IV	46,7	13,7	19,0	19,0	1,6	0,1
V	36,2	27,2	12,0	23,4	1,0	0,2

Задание 3. Дать краткую характеристику особенностей атмосферной циркуляции в северном полушарии за текущий период, используя данные сайта Гидрометцентра.

Вопросы:

1. Что такое атмосферный фронт?
2. Географическая классификация воздушных масс.
3. Что такое турбулентный обмен?

Контрольные вопросы 1

1. Что называют атмосферой? Какая разница между водой и воздухом? Как сказывается это различие в формировании верхней границы атмосферы?
2. Какая наука называется метеорологией и в чем заключается основная ее задача?
3. Что называют климатологией? Что понимают под локальным и глобальным климатом?
4. Что такое «погода»?
5. Какие географические факторы влияют на климат?
6. Перечислите основные методы исследования, применяемые в метеорологии.
7. Что такое метеорологические наблюдения? Какова программа наблюдений на метеорологических станциях?
8. Опишите задачи Всемирной метеорологической организации.
9. Каковы задачи Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды?
10. Что такое давление воздуха, каковы единицы его измерения?
11. Какие газы входят в состав воздуха? В чем разница между сухим и влажным воздухом?
12. Какова роль водяного пара в атмосфере? В каких единицах измеряется содержание водяного пара?
13. Как меняется состав воздуха с высотой?
14. Как изменяется средняя температура воздуха с высотой и на какие слои делится атмосфера по характеру изменения температуры с высотой? Охарактеризуйте эти слои.
15. Что такое озон, как он образуется и каким образом влияет на температуру высоких слоев атмосферы? В чем заключается защитная роль озона?
16. Что такое аэрозоли и как они попадают в атмосферу? Как меняется концентрация аэрозолей с высотой?
17. Как заряжены земная поверхность и атмосфера? Какие процессы поддерживают заряд Земли?
18. Что такое вертикальный барический градиент? Каков физический смысл уравнения статики атмосферы?
19. Что такое барическая ступень и каково ее практическое применение? Как изменяется давление воздуха с высотой?
20. Что такое адиабатический процесс? По какому закону происходят сухоадиабатические изменения температуры воздуха?
21. Как меняется температура в поднимающемся вертикально индивидуальном объеме сухого воздуха? Чему равен сухоадиабатический градиент температуры?
22. Что такое ветер, как определяют скорость и направление ветра? Что такое румбы горизонта? Какая разница между мгновенной и сглаженной скоростью и направлением ветра?
23. Что такое роза ветров и как она строится?
24. Что такое воздушная масса? Географическая классификация воздушных масс.
25. Что понимается под атмосферными фронтами?
26. Что понимается под солнечной постоянной, в каких единицах она измеряется и от чего она зависит?
27. Что такое «парниковый эффект»? Какие газы его создают?
28. Охарактеризуйте радиационный баланс земной поверхности.
29. Как изменяется распределение радиации на верхней границе атмосферы и на земной поверхности в течение года?

Работа 4
КАРТЫ БАРИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ.
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ БАРИЧЕСКИЙ ГРАДИЕНТ

Задание 1. Построить совмещенный график распределения температуры и давления воздуха на разных широтах. Выявить связь в распределении температуры и давления воздуха (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Географическая широта места и метеорологические величины

Широта, град (северн.)	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Давление, мм.рт.ст.	760,7	760,5	758,6	758,7	760,7	762,0	761,7	759,2	757,7	758,0
Температура, °С	-19,0	-17,2	-10,4	-0,6	5,4	14,0	20,4	25,0	26,0	25,4
Широта, град (южная)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	-
Давление, мм.рт.ст.	759,1	761,7	763,5	760,5	753,2	749,4	747,0	751,0	760,0	-
Температура, °С	+24,7	+22,8	+18,3	+12,0	+5,3	-3,4	-13,6	-27,0	-33,0	-



Задание 2. По картам атмосферного давления построить барические профили для января и июля по меридиану 120° в.д. в северном полушарии. Сравнить их с кривой среднего годового давления и объяснить отклонения от среднего.

Задание 3. Используя рисунок 4.1 определите системы изобар: барический максимум (антициклональная система), барический минимум (циклональная система), гребень, ложбину, седловину.

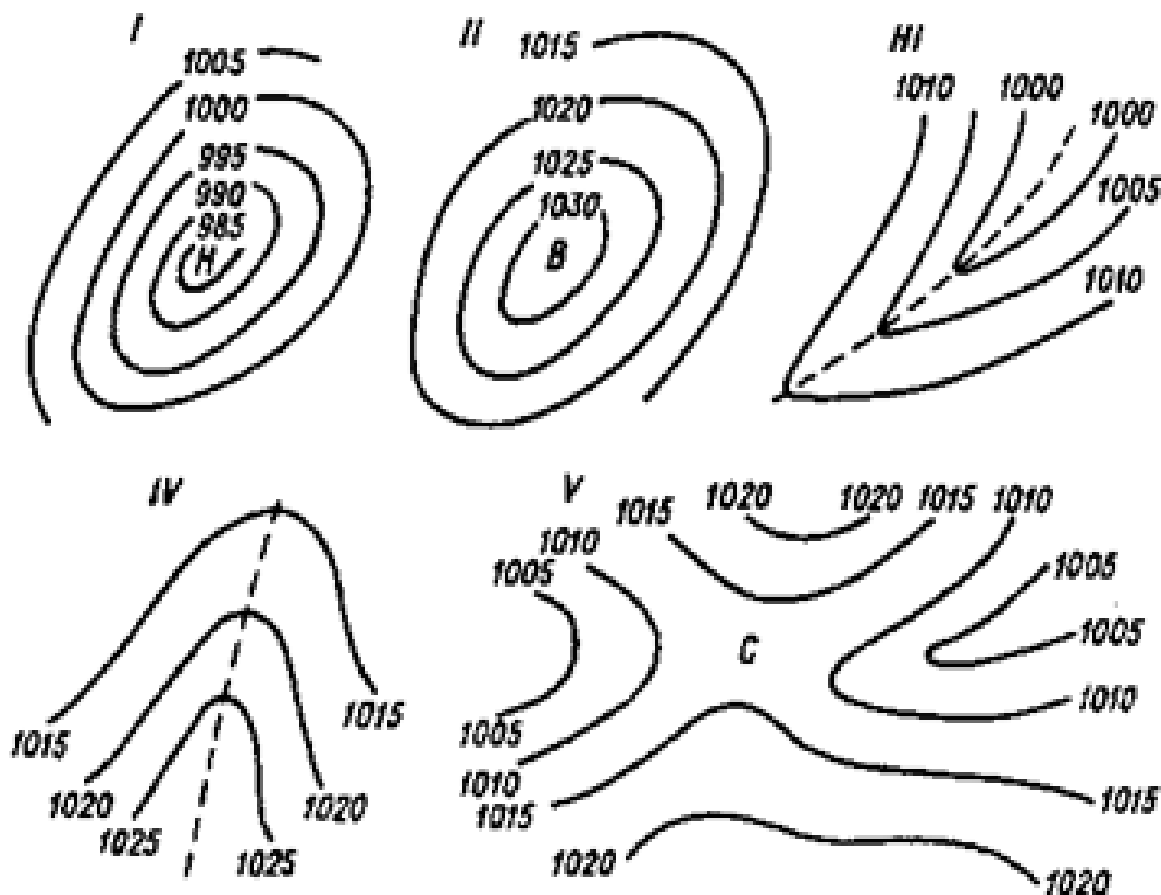


Рис. 4.1. Барические системы

Работа 5

ОСОБЕННОСТИ ГОДОВОГО ХОДА ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Задание 1. Составить краткий письменный анализ взаимосвязей, существующих в годовом распределении основных метеорологических элементов (между давлением, температурой, суммой осадков, испарением, облачностью, преобладающим направлением ветров, относительной и абсолютной влажностью воздуха) на следующих широтах северного полушария (по данным таблиц 5.2-5.5).
 а) 0-10° (экваториальные широты), б) 30-40° (тропические широты), в) 60-70° (умеренные широты); г) 80-90° (полярные широты).

Таблица 5.1

Среднегодовая температура и среднегодовое давление по широтам

Широта, град	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Давление, мм.рт.ст	760,7	760,5	758,6	758,7	760,7	762,0	761,7	759,2	757,9	758,0
Температура, °С	-19,0	-17,2	-10,4	-0,6	5,4	14,0	20,4	25,4	26,0	25,4

Таблица 5.2

Среднегодовые значения облачности, осадков и испарения на разных широтах

Широта, град	90-80	80-70	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-0
Облачность, %	63	66	63	62	56	45	41	47	53
Осадки, см/год	17	29	39	69	83	51	43	71	147
Испарение, см/год	5	9	12	38	51	71	91	109	103

Таблица 5.3

Среднегодовые значения абсолютной и относительной влажности на разных широтах

Широта	90-80	70-60	30-40	10-0
Относительная влажность, %	88-90	82	70	79
Абсолютная влажность, %	2-3	8-12	20	25

Таблица 5.4

Преобладающее направление ветров по широтам

Широта	75	60	30	10	0
Направление ветра, румбы	BCB	ЗЮЗ	CB	BCB	-

Вопросы:

1. Каким образом ветер связан с изменениями давления?
2. Что называют струйным течением?
3. Как действует сила трения на скорость и направление ветра?

Работа 6 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Задание 1. Дать определение и написать уравнение теплового баланса земной поверхности, перечислить его составляющие. Объяснить процесс нагревания или охлаждения деятельного слоя земной поверхности.

Задание 2. Дать анализ таблицы 6.1, показывающей зависимость годовой величины суммарной радиации от широты места: а) выявить общую тенденцию в изменении годовой величины суммарной радиации в зависимости от широты;

б) объяснить причины отклонений от общей выявленной закономерности;

в) объяснить, с чем связано различное соотношение количества тепла, поступающего от прямой и рассеянной солнечной радиации в различных пунктах.

Таблица 6.1

Количество тепла от прямой, рассеянной и суммарной радиации (ккал/см²год)

Пункт	Широта	Радиация		
		прямая	рассеянная	суммарная
Бухта Тихая	80°19'	21	35	56
Якутск	62°01'	54	27	81
Павловск	59°41'	40	36	76
Иркутск	52°16'	60	30	90
Воронеж	51°40'	58	41	99
Ташкент	41°20'	103	33	136
Пуна (Индия)	18°31'	-	-	205

Задание 3. Рассмотреть и описать распределение температуры воздуха с высотой в тропосфере (температурная стратификация). Написать уравнение для расчета ВГТ. Нарисовать схему изменения температуры воздуха с высотой в тропосфере.

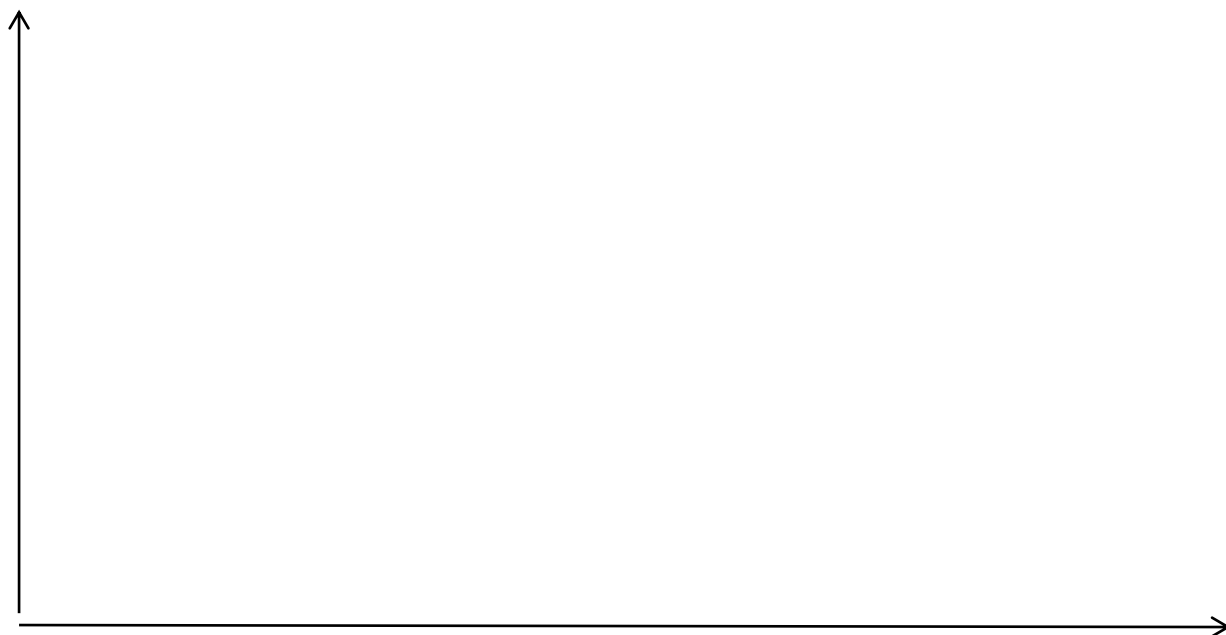


Рис. 6.1. Температурная стратификация

Вопросы:

1. Как измеряется температура почвы?
2. Чем отличается годовой ход температуры поверхности водоема от годового хода температуры поверхности почвы?
3. Как меняется суточная амплитуда с высотой?

Работа 7
КОНТИНЕНТАЛЬНОСТЬ КЛИМАТА.
ИНДЕКСЫ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ

Задание 1. Определить величину континентальности климата (К.к.) для следующих пунктов: Усть-Цильма, Черняховск, Самара, Астрахань, Красноярск, Благовещенск, Южно-Курильск. Построить круговые секторные диаграммы континентальности климата, дать письменный анализ выполненных диаграмм.

Континентальность климата можно вычислить по формуле:

$$\text{К.к.} = A/\varphi \times 100,$$

где A – годовая амплитуда температуры; φ – широта места. В местах с наибольшим влиянием континента на формирование климата К.к. близка к 100%.

Пояснения к построению диаграмм. Провести окружность радиусом в 3 см. Если вся окружность равна ста процентам К.к., то 1% К.к. равен $360^{\circ} : 100 = 3^{\circ},6$. Следовательно, чтобы узнать длину сектора диаграммы для пункта, нужно умножить $3^{\circ},6$ на величину К.к. Например, для Владивостока К.к. 80%, значит длина дуги К.к. для этого пункта составит $\text{К.к.} = 3^{\circ},6 \cdot 80 = 288^{\circ}$. Сектор К.к. заштриховать красными горизонтальными линиями, оставшийся – синими горизонтальными линиями.

Задание 2. Проанализировать карту распределения осадков за год по территории России. Выявить причины неравномерного их выпадения в разных населенных пунктах.

Задание 3. Напишите индексы континентальности и дайте им толкование как показателям континентальности климата.

Задание 4. Дать анализ карты «Распределение индексов континентальности по земному шару» (по С.П. Хромову, рисунок 7.1.). Выявить основную тенденцию в распределении данного показателя и объяснить причины.

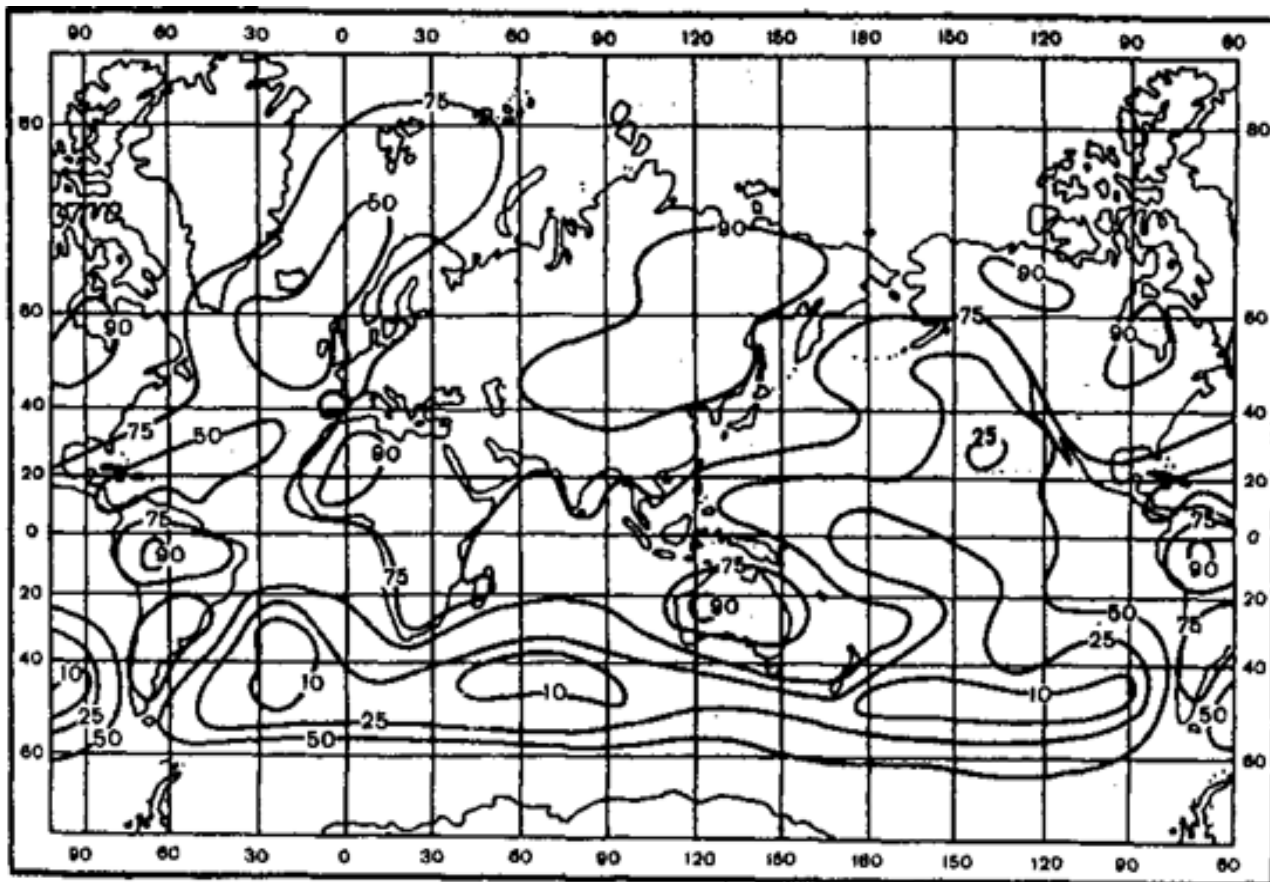


Рис. 7.1. Распределение индексов континентальности по земному шару

Вопросы:

1. Какой климат называется морским, а какой континентальным?
2. Как зависит годовая амплитуда температуры от степени удаленности пункта от океана?
3. Что показывают термические аномалии в распределении температуры на земном шаре?

Работа 8

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА У ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Задание 1. Дать анализ мировых карт июльских и январских изотерм:

а) объяснить отклонение изотерм от западно-восточного направления

б) выявить области наибольшего отклонения изотерм от западно-восточного направления

в) выявить области с наиболее высокими и наиболее низкими среднеянварскими и среднеиюльскими температурами и объяснить причины их существования

г) указать, в каком полушарии и почему изотермы имеют более плавный ход

д) сравнить степень нагревания и охлаждения суши и моря в июле и январе

Задание 2. Пользуясь картами изотерм, определить методом интерполяции среднеиюльскую и среднеянварскую температуры следующих пунктов: Санкт-Петербурга, Мурманска, Киева, Краснодара, Владивостока, Якутска.

Задание 3. Привести среднюю температуру двух пунктов к одинаковому периоду, если:

1) $V_{40}=3,2^0$	$V_5=2,7^0$	$A_5=3,7^0$	$A_{40}=?$
2) $V_{50}=2,3^0$	$V_{10}=3,1^0$	$A_{10}=3,4^0$	$A_{50}=?$
3) $V_{25}=-0,3^0$	$V_{10}=-0,1^0$	$A_{10}=0,1^0$	$A_{25}=?$
4) $V_{30}=-14,2^0$	$V_{10}=5,8^0$	$A_{10}=4,3^0$	$A_{30}=?$

Примечание: Построение карты изотерм или сравнение температурного режима двух пунктов возможно только в том случае, если период наблюдения за температурой воздуха в этих пунктах один и тот же. В противном случае следует привести среднюю температуру к одинаковым периодам. Для приведения температур к одинаковым периодам двух станций, расположенных в аналогичных географических условиях и на расстоянии не более 300 км, можно пользоваться следующей формулой:

$$V_M - V_N = A_M - A_N,$$

где V_M - среднегодовая температура в пункте B за M лет, V_N - среднегодовая температура в пункте B за N лет, A_M - среднегодовая температура в пункте A за M лет, A_N - среднегодовая температура в пункте A за N лет.

Пример. Метеостанция B работает в течение 30 лет, с 1927 по 1957 г., средняя температура воздуха на этой станции $4,2^0$. Метеостанция A работает только 10 лет, с 1947 по 1957 г. Средняя температура на станции A за этот срок равна $3,8^0$. Пользуясь вышеприведенной формулой, можно определить температуру на метеостанции A за 30 лет (с 1927 по 1957 г.). Для этого нужно еще знать температуру воздуха на станции B за 10 лет, с 1947 по 1957 г. Допустим, что температура за этот период на станции B равна $3,6^0$. Тогда, подставляя соответствующие данные, получим

$$\begin{aligned} V_{30} - V_{10} &= A_{30} - A_{10}; \quad 4,2^0 - 3,6^0 = A_{30} - 3,8^0; \\ A_{30} &= 4,2^0 - 3,6^0 + 3,8^0 = 4,4^0. \end{aligned}$$

Вопросы:

1. Какими показателями характеризуют температуру воздуха?
2. Как измеряется температура воздуха?
3. Что такое инверсия температуры?

Работа 9 ВОДА В АТМОСФЕРЕ

Задание 1. Построить на миллиметровой бумаге кривую зависимости максимальной упругости паров, насыщающих пространство (E), от температуры воздуха (t) (табл. 9.1). По графику определить максимальную упругость паров при температуре $-15,0^\circ$, -7° , $+12^\circ$, $+38^\circ$. По графику определить точку росы (T), если максимальная упругость водяных паров (E) - $0,4$ мм; $1,3$ мм; 10 мм; 23 мм; 45 мм.

Таблица 9.1

Зависимость максимальной упругости паров от температуры воздуха

Температура в град.	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
Максимальная упругость паров в мм	0,1	0,4	0,9	2,1	4,6	9,2	17,5	31,8	55,3

Задание 2. По психрометрическим таблицам определить упругость паров, насыщающих пространство (E) при данной температуре (t)
а) $t = 5,0^\circ$, б) $t = 7,8^\circ$, в) $t = 26,8^\circ$, г) $t = 47,3^\circ$, д) $t = -30,6^\circ$ (над водой), е) $t = -17,4^\circ$ (над льдом), ж) $t = 21,3^\circ$, з) $t = 0^\circ$ (над водой), и) $t = 0,8^\circ$ (над льдом).

Задание 3. Воздух, имеющий температуру 15° и относительную влажность 70% , переваливает через горы высотой в 2000 м. На какой высоте начнется образование облаков? Какова будет температура и относительная влажность воздуха на вершине хребта и за хребтом?

Задание 4. Воздух, имеющий температуру 20° и относительную влажность 60% , поднимается по склону горного хребта. На вершине хребта температура воздуха опускается до $8,5^\circ$. Какова высота горного хребта? На какой высоте лежит уровень конденсации?

Вопросы:

1. Что такое абсолютная влажность, точка росы и дефицит насыщения?
2. Как меняется давление водяного пара с высотой?
3. Что такое ядра конденсации?

Контрольные вопросы 2

1. Что подразумевают под барическим полем? Каким образом можно описать барическое поле на уровне моря и в пространстве?
2. Что такое геопотенциал? В каких единицах он измеряется?
3. Что такое горизонтальный градиент давления (горизонтальный барический градиент)? Как определяют горизонтальный барический градиент по синоптической карте?
4. Какие существуют барические системы? Дайте определение каждой из них.
5. Какая линия называется линией тока? Что такое изотаха?
6. Как влияют препятствия на воздушный поток?
7. Что такое отклоняющая сила вращения Земли? Как она направлена и как действует на воздушный поток отклоняющая сила вращения Земли? Каков порядок величины ускорений воздуха, вызываемых этой силой?
8. Что такое геострофическое движение, геострофический ветер? От чего зависит скорость геострофического ветра и как он направлен в Северном и Южном полушариях?
9. В каком случае ветер называется градиентным? Как дует градиентный ветер в циклоне и антициклоне?
10. Что представляет собой циклоническая система ветров?
11. Что представляет собой антициклоническая система ветров?
12. Сформулируйте барический закон ветра (закон Бэйс-Балло) для Северного и Южного полушарий.
13. Что называется главными фронтами в атмосфере? Почему фронт идеализируется как поверхность раздела? Каковы углы наклона фронтальной поверхности к земной поверхности? Как ведут себя изобарические поверхности на фронте?
14. Какие существуют типы фронтов? Какое различие существует между теплым и холодным фронтами в системе облачности и осадков?
15. Что называется струйным течением? Как струйное течение связано с фронтом? Какую роль играет наибольший градиент температуры во фронтальной зоне (между теплой и холодной воздушными массами)?
16. Напишите уравнение теплового баланса земной поверхности и перечислите его составляющие.
17. Сформулируйте законы, описывающие распространение тепла вглубь почвы.
18. Что такое годовой ход температуры и годовая амплитуда температуры воздуха? Как меняется значение годовой амплитуды температуры воздуха с увеличением широты?
19. Какой климат называется морским и какой континентальным? Как эти типы климата связаны с преобладающими переносами воздушных масс?
20. Напишите индексы континентальности и дайте им толкование.
21. Что такое инверсия температуры? Какие существуют типы инверсий?
22. Что представляет собой тепловой баланс системы Земля - атмосфера? Какая гипотеза положена в его основу? Каковы составляющие баланса?
23. Что такое влагооборот? Перечислите основные процессы, составляющие влагооборот.
24. Что такое испаряемость и чем она отличается от испарения? В каких районах земного шара испаряемость совпадает с фактическим испарением?
25. Что такое абсолютная влажность, удельная влажность (массовая доля водяного пара), отношение смеси, точка росы, дефицит точки росы и дефицит насыщения?
26. Опишите географическое распределение давления водяного пара и относительной влажности.
27. Что такое конденсация? Как происходит конденсация в атмосфере?
28. Что такое ядра конденсации, какие размеры они имеют и какую роль они играют при конденсации водяного пара в атмосфере?
29. Что такое облака? Что такое туман? Какая разница между облаком и туманом?
30. Опишите географическое распределение осадков.

Работа 10

АНАЛИЗ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА В РАЗНОЕ ВРЕМЯ ГОДА

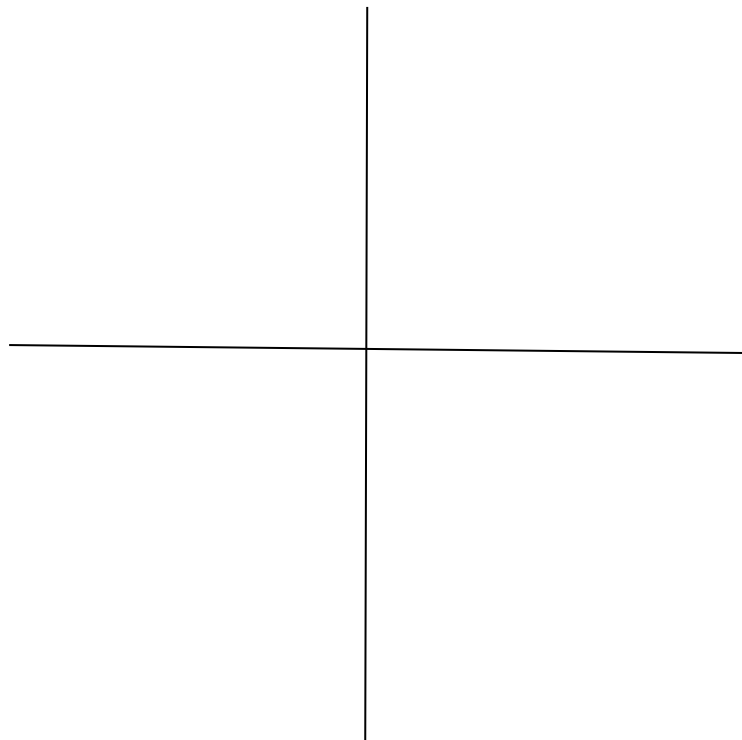
Задание 1. Используя карты атласа, выделить основные зоны ветров на поверхности земного шара исходя из зонального распределения атмосферного давления.

Задание 2. Построить розу ветров по данным таблицы 5.1

Таблица 5.1

Повторяемость ветра по основным румбам

Направление ветра	С	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ
Повторяемость, %	2	5	4	3	2	11	3	5	11	15	7	15	8	4	13	12



Вопросы:

1. Как влияют препятствия на воздушный поток?
2. Что называется струйным течением?
3. В каком случае ветер называется градиентным?

Работа 11 ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЦИКЛОНОВ. ПОГОДА В ЦИКЛОНЕ

Задание 1. Дать определение основных барических систем. Изобразить схематически основные барические образования и дать им характеристику.

Задание 2. Дать описание погоды в циклоне по линии АА и АВ (рисунок 12.1).

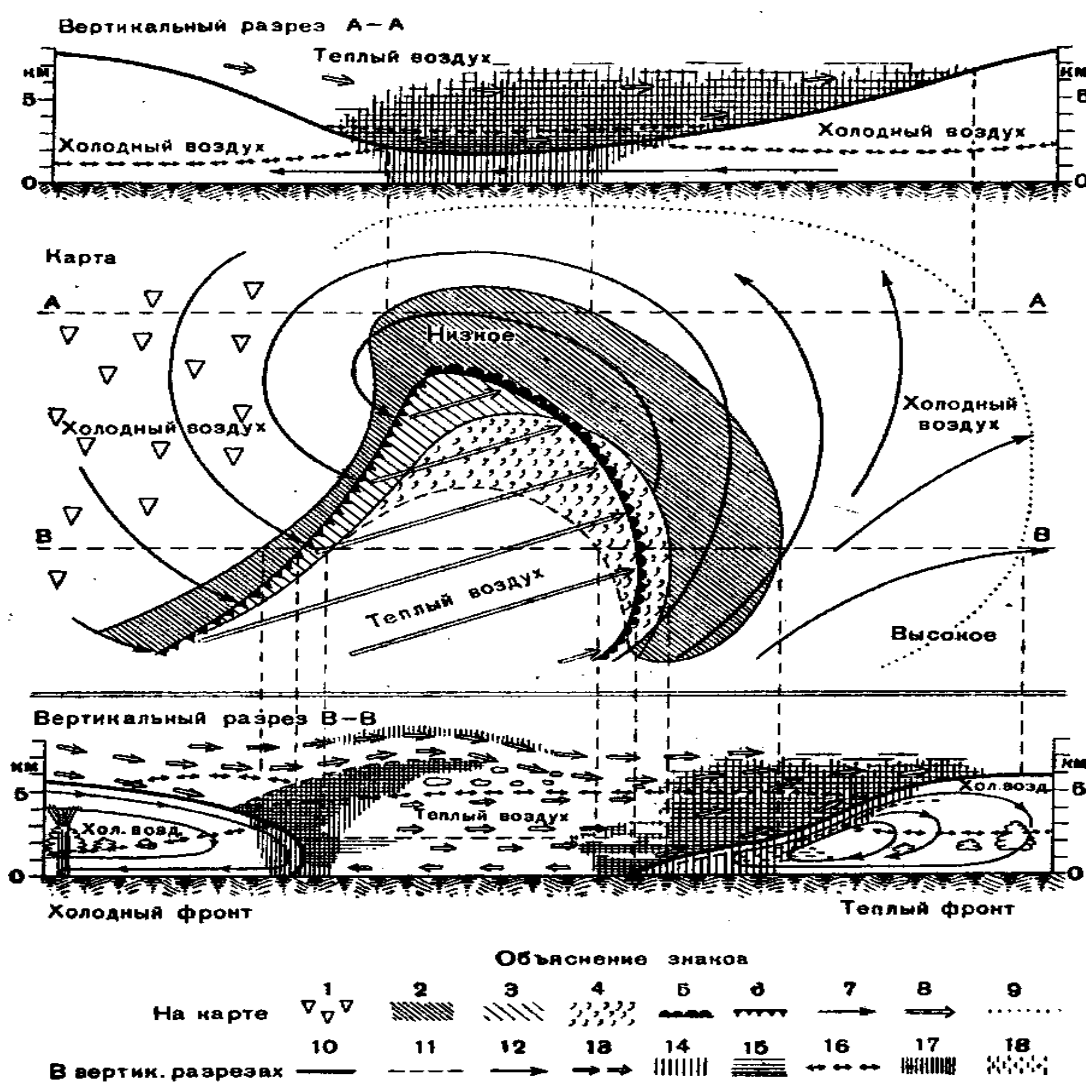


Рис. 11.1. Циклон

1 — ливни, 2 — дожди в холодном воздухе, 3 — дожди в теплом воздухе, 4 — морось, 5 — теплый фронт, 6 — холодный фронт, 7 — линии тока в холодном воздухе, 8 — линии тока в теплом воздухе, 9 — передняя граница Altostratus, 10 — фронтальная поверхность, 11 — другие поверхности раздела. 12 — движение холодного воздуха относительно центра, 13 — движение теплого воздуха относительно центра, 14 — выпадающие ледяные иглы, 15 — взвешенные частицы облаков, 16 — нижний предел ледяных ядер, 17 — снег или дождь, 18 — морось

Задание 3. Дать анализ карт повторяемости циклонов в январе и июле за 9 лет (рисунок 12.2): а) выявить общие закономерности в повторяемости циклонов в северном полушарии зимой и летом; б) выявить области с max и min повторяемостью циклонов; в) выявить, в какое время года наблюдается большая повторяемость циклонов и почему; г) проследить изменения в повторяемости циклонов по сезонам года над Европейской частью.

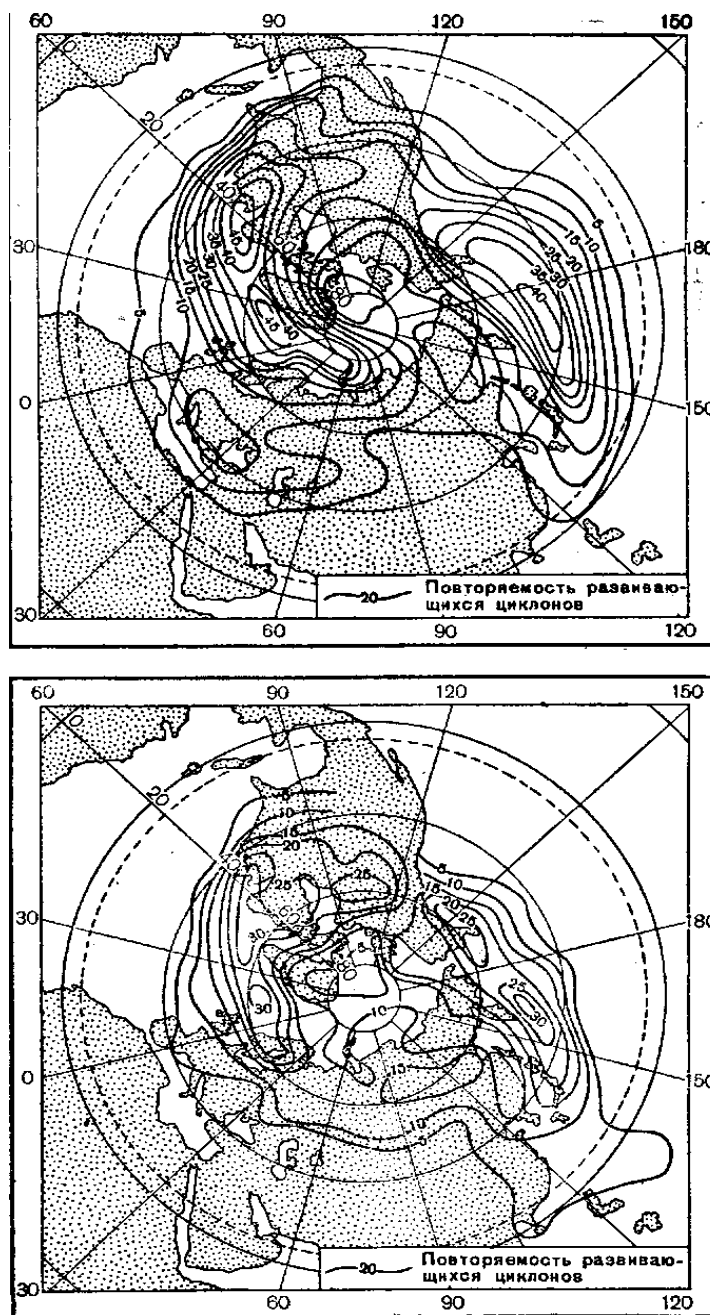


Рис. 11.2. Повторяемость развивающихся циклонов в январе и июле за 9 лет

Вопросы:

1. Где проходит метеорологическая граница тропиков?
2. Как перемещаются внетропические циклоны?
3. Какова высота тропопаузы в циклонах и антициклонах?

Работа 12 ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КЛИМАТА

Задание 1. Дать анализ карт (рисунок 15.1, 15.2) распределения средней облачности января и июля. Сделать выводы.

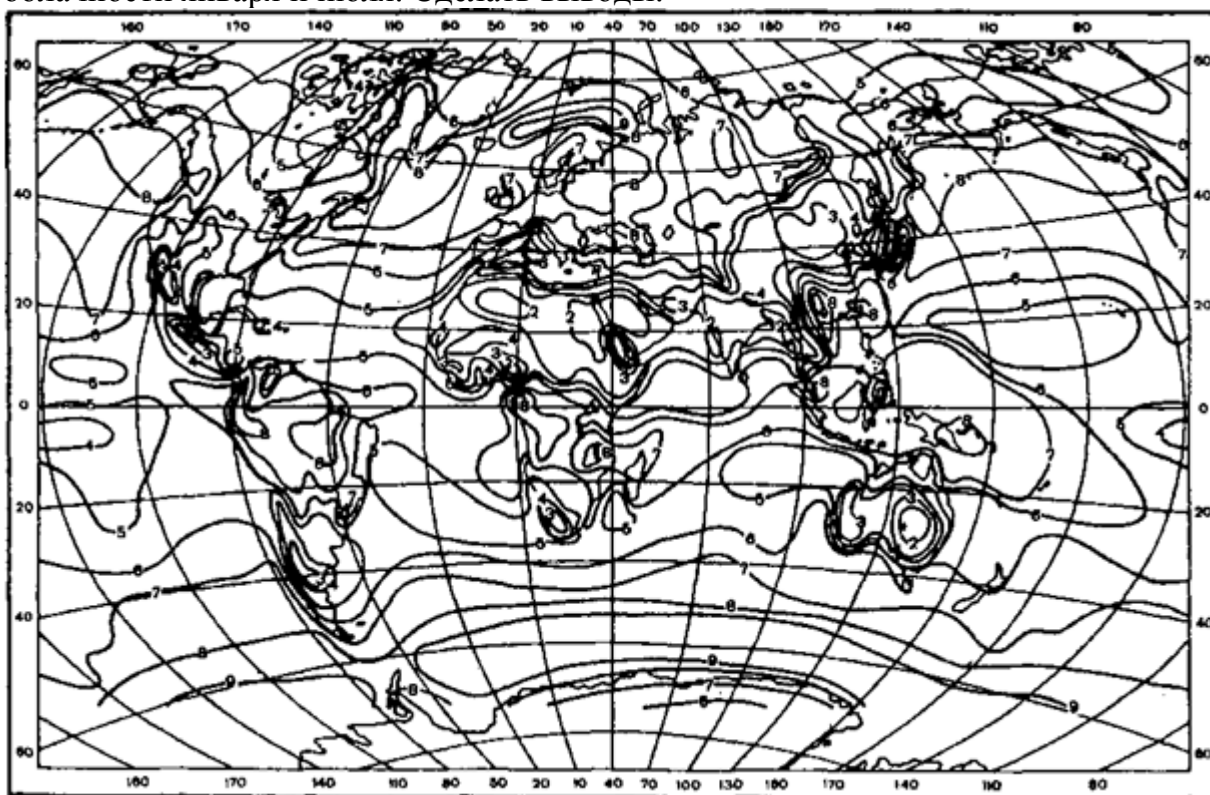


Рис.12.1. Распределение средней облачности (%) в январе (по С.П. Хромову)

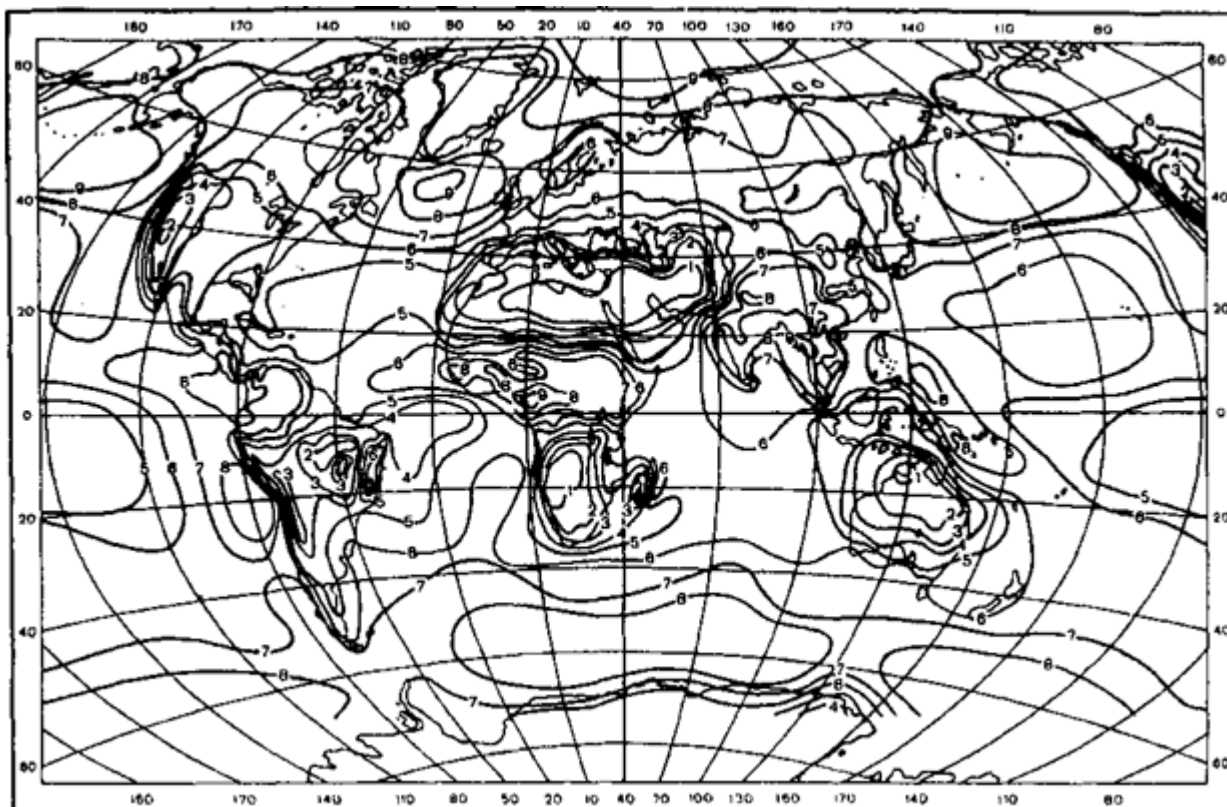


Рис.12.2. Распределение средней облачности (%) в июле (по С.П. Хромову)

Задание 2. Дать анализ облачности отдельных районов Земли по оперативным спутниковым данным, полученных у преподавателя.

Задание 3. Проанализировать текущие значения температуры поверхности северных морей РФ, данные получить у преподавателя.

Вопросы:

1. Перечислите основные световые явления в облаках и дайте им объяснение.
2. Что называется грозой? Как подразделяются грозы по происхождению?
3. Что такое влагооборот? Перечислите основные процессы, составляющие влагооборот.

Работа 14

МИКРОКЛИМАТ ГОРОДА

Задание 1. По данным таблицы 18.1 выявить по 10 городов с максимальными и минимальными выбросами загрязняющих атмосферу веществ и сделать вывод.

Таблица 14.1

Выбросы загрязняющих атмосферу веществ (в тыс. тонн)

Город	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ - всего	в том числе		Удельный вес выбросов отходящих от стационарных источников в общем объеме выбросов, %
		от стационарных источников	от автомобильного транспорта ¹⁾	
Анадырь	6,5	5,2	1,3	80,0
Архангельск	53,3	31,4	21,9	58,9
Барнаул	93,5	50,0	43,5	53,5
Биробиджан	13,7	8,9	4,8	64,9
Белгород	35,7	8,9	26,8	25,0
Брянск	36,6	9,3	27,3	25,5
Владивосток	91,9	47,4	44,5	51,6
Владикавказ	24,9	2,7	22,2	10,9
Волгоград	139,7	60,9	78,8	43,6
Вологда	27,9	3,1	24,8	11,2
Воронеж	86,4	11,1	75,3	12,8
Горно-Алтайск	6,7	2,1	4,6	31,3
Грозный	23,8	10,7	13,1	44,8
Екатеринбург	180,9	20,0	160,9	11,0
Иваново	37,6	8,0	29,6	21,4
Ижевск	43,8	11,8	32,0	26,9
Иркутск	123,0	70,6	52,4	57,4
Йошкар-Ола	28,7	12,6	16,1	43,8
Казань	99,9	30,6	69,3	30,6
Калуга	31,0	4,2	26,8	13,4
Кемерово ²⁾	85,8	47,2	38,6	55,0
Киров	52,1	25,7	26,4	49,3
Краснодар	85,6	19,8	65,8	23,1
Красноярск	216,2	140,1	76,1	64,8
Кострома	23,8	7,6	16,2	31,9
Курган	40,9	19,6	21,3	48,0
Кызыл	12,3	5,2	7,1	42,1
Липецк	335,6	295,5	40,1	88,1
Магадан	15,8	5,4	10,4	34,2
Майкоп	11,6	1,6	10,0	13,7
Махачкала	45,5	10,3	35,2	22,6
Москва	974,8	61,2	913,6	6,3
Мурманск	47,5	27,4	20,1	57,7
Нальчик	17,0	1,4	15,6	8,1
Нижний Новгород	135,0	28,3	106,7	21,0

Омск	294,8	201,5	93,3	68,4
Орел	54,8	19,5	35,3	35,5
Оренбург	59,2	7,5	51,7	12,7
Пермь	88,5	34,1	54,4	38,5
Петрозаводск	25,8	3,4	22,4	13,3
Петропавловск-Камчатский	38,1	12,6	25,5	33,0
Псков	27,9	8,0	19,9	28,6
Ростов-на-Дону	97,1	9,5	87,6	9,8
Рязань	97,4	52,6	44,8	54,0
Салехард	6,1	2,3	3,8	37,9
Самара	140,9	36,8	104,1	26,1
Санкт-Петербург	444,0	69,2	374,8	15,6
Саранск	26,7	7,7	19,0	28,8
Саратов	87,8	19,7	68,1	22,5
Смоленск	43,0	20,9	22,1	48,6
Ставрополь	35,3	4,1	31,2	11,7
Томск	69,8	35,9	33,9	51,5
Тула	97,3	60,7	36,6	62,4
Тюмень	81,2	20,9	60,3	25,7
Улан-Удэ	57,7	25,9	31,8	44,9
Ульяновск	58,8	19,3	39,5	32,9
Уфа	212,4	132,2	80,2	62,2
Хабаровск	87,6	47,5	40,1	54,2
Чебоксары	32,0	10,0	22,0	31,3
Челябинск	223,4	128,5	94,9	57,5
Черкесск	15,1	6,4	8,7	42,4
Чита	74,7	43,6	31,1	58,4
Элиста	8,7	0,8	7,9	9,2
Южно-Сахалинск	33,3	16,3	17,0	49,0

1) По данным Росприроднадзора за 2010 г.

Вопросы:

1. Что такое «остров тепла»?
2. Какое влияние оказывает город на появление дымок и туманов?
3. Чем отличаются микроклиматические наблюдения от стандартных метеорологических наблюдений?

Задание 3. Составить план климатической характеристики территории и перечень иллюстративного материала (карт, диаграмм).

Задание 4. По составленному плану дать характеристику климата Московской области.

Вопросы:

1. Перечислите географические факторы климата.
2. Как влияет на климат растительный и снежный покровы?
3. В чем суть высотной климатической зональности?

Задание 2. Степень опасности вещества (П) характеризуется превышением его концентрации (К) над его ПДК и определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{K}{\text{ПДК}}$$

где: К – концентрация вещества в воздухе; П – степень опасности (превышения ПДК).

Например, седнесуточная ПДК для выделяющегося из заводских труб сернистого газа (SO_2) составляет $0,05 \text{ мг/м}^3$. По таблице определите расстояние, при котором концентрация сернистого газа максимальна. Во сколько раз она превышает ПДК?

Таблица 16.2

Концентрация сернистого газа в зависимости от высоты трубы(Н) и расстояния до трубы (L), мг/м^3

L, км H, м	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15
100	2,36	2,75	2,30	1,84	1,50	1,28	0,94	0,74	0,60	0,44
150	0,68	1,20	1,38	1,32	1,19	1,08	0,86	0,70	0,58	0,46
200	0,22	0,52	0,72	0,83	0,88	0,85	0,74	0,64	0,52	0,40

Пример выполнения задания

$H = 100$ м. Максимальное значение $K = 2,75 \text{ мг/м}^3$, что соответствует расстоянию $L = 2$ км.
 $\text{ПДК}_{SO_2} = 0,05 \text{ мг/м}^3$.

$$\Pi = \frac{K}{\text{ПДК}} = \frac{2,75 \text{ мг/м}^3}{0,05 \text{ мг/м}^3} = 55.$$

Ответ. Расстояние до трубы 2 км. Концентрация сернистого газа в этом месте превышает ПДК в 55 раз, поэтому здесь нельзя не только жить, но и долго находиться.

Вопросы:

1. Что такое ПДК?
2. Как влияют антропогенные факторы на современные изменения и колебания климата?
3. Какие газы в атмосфере называются парниковыми?

Работа 20
ОДНОРОДНАЯ И ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ АТМОСФЕРА

Задание 1.

Рассчитать значение геопотенциальной высоты изобарической поверхности при заданных значениях атмосферного давления: $P_0=1000$ гПа и $P_1=500$ гПа.

Задание 2.

Определить высоту однородной атмосферы на широте 45° при температуре 300.0° К.

Вопросы:

1. Какая величина принимается за *вертикальный масштаб атмосферы*, чему равен вертикальный градиент температуры в *изотермической атмосфере*.
2. В холодной воздушной массе давление с высотой понижается быстрее, чем в тёплой, или медленнее.
3. Записать барометрическую формулу геопотенциала в общем виде. Объяснить физический смысл геопотенциала и указать его размерность.

Работа 21
ПАРАМЕТРЫ ВЕТРА

Задание 1.

Описать характеристики ветра в баллах по шкале Бофорта. Определить районы максимальных скоростей ветра на климатической карте.

Задание 2.

Оценить массу воздуха «обдувающую» Вас за 30 секунд, если скорость ветра равняется 3 м/с.

Вопросы:

1. Относительно чего определяется *относительный* ветер. Каково его практическое преимущество по сравнению с *абсолютным* ветром.
2. Самый сильный ветер у земли зафиксирован на одном из перевалов в горах на территории США. Какова была его скорость в м/с и км/ч.
3. В чём заключается угловой эффект ветра С.П. Хромова.

Работа 22 ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ГРАДИЕНТ ДАВЛЕНИЯ

Задание 1.

На графиках годового хода скорости ветра у земли проанализировать амплитуды его колебаний в пунктах: Ташкент, С-Петербург, Териберка. Письменно объяснить причину различий.

Задание 2.

Определить горизонтальный барический градиент на уровне моря между двумя метеорологическими станциями, расположенными по нормали к изобарам на расстоянии 499.5 км друг от друга, если разность давлений составляет 9.0 мб. Рассчитать скорость ветра.

Вопросы:

1. Провести барический гребень, обращённый выпуклой частью к северу, и построить векторы барического градиента в западной, восточной и северной частях барического образования.
2. Провести барическую ложбину, обращённую выпуклой стороной к югу, и изобразить векторы барических градиентов в восточной, южной и западной её частях.
3. Пользуясь климатической картой определить величину барического градиента в районе Сибирского максимума и оценить скорости ветра.

РАБОТА 24

ХАРАКТЕРИСТИКА СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ В ОБЛАСТИ ЦИКЛОНА И АНТИЦИКЛОНА

Задание 1.

Определить скорость геострофического ветра в циклоне с радиусом кривизны 250 км на широте 50° , если величина барического градиента равна 2 мб/град при плотности воздуха 0.0001 г/см^3 .

Задание 2.

Рассчитать угол отклонения ветра от градиента на широте 55° в точке, расположенной на расстоянии 300 км от центра циклона, при скорости ветра 10 м/с, если коэффициент трения равен 0.00008 с^{-1} .

Вопросы

1. Когда *градиентный* ветер называется *геострофическим*, а когда *геострофическим*.
2. Чему равняется равнодействующая всех сил в циклоне (антициклоне) и что это за силы.
3. Какому динамическому параметру можно считать пропорциональной силу трения в пограничном слое атмосферы.

Работа 25

СЕМИНАР - ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ПРИТОКА ТЕПЛА

Анализ проблем:

- а) теплообмен между атмосферным воздухом и окружающей средой;
- б) виды теплообмена: радиационный, путём молекулярной теплопроводности и фазовых переходов;
- в) индивидуальные и локальные производные в уравнении притока тепла.

Вопросы для самоподготовки:

1. Тепловой баланс земной поверхности.
2. Турбулентная теплопроводность.
3. Среднесуточный ход температуры воздуха у земной поверхности.
4. Изменение суточной амплитуды температуры воздуха с высотой.
5. Междусуточная изменчивость температуры.

Литература

Обязательная:

1. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология // Издательство Московского университета. Москва, 2012-583 с.

Дополнительная:

2. Атлас теплового баланса земного шара // Под ред. М.И. Будыко; Межвед. геофиз. комитет и ГГО. 2-ое изд. Москва, 1963.

Работа 26
СЕМИНАР – ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ВИХРЯ СКОРОСТИ

Анализ проблем:

1. Тенденция вращательного движения частиц воздуха.
2. Вертикальная составляющая вихря.
3. Дифференциальная характеристика поля скорости – вихрь (завихрённость).

Вопросы для самоподготовки:

1. Рассмотрение горизонтального вращения частиц вокруг вертикальной оси координат Z .
2. Математическое выражение геострофического вихря.
3. Запись уравнения вихря через давление и геопотенциал.
4. Параметры уравнения вихря.
5. Важность определения вихря для метеорологических прогностических задач.

Литература

Обязательная:

1. Хргиан А.Х. Физика атмосферы // Гидрометеиздат. Ленинград, 1969 – 645 с.

Дополнительная:

2. Блейк Д., Робсон Р. Физические основы динамики атмосферы и метеорологии // «Интеллект». Долгопрудный, 2016 – 160 с.

Работа 27
МАСШТАБНЫЙ АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ

Задание 1.

Выполнить масштабную оценку членов уравнения вихря

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + u \frac{\partial \Omega}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega}{\partial y} + w \frac{\partial \Omega}{\partial \zeta} + \beta v = -\ell D - \Omega D + \frac{\partial u}{\partial \zeta} \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial \zeta} \frac{\partial w}{\partial x}.$$

Задание 2.

Выполнить масштабную оценку членов уравнения дивергенции

$$\begin{aligned} \frac{\partial D}{\partial t} + u \frac{\partial D}{\partial x} + v \frac{\partial D}{\partial y} + w \frac{\partial D}{\partial \zeta} + \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial x} + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial \zeta} + \frac{\partial w}{\partial y} = \\ = -\nabla^2 H + \ell \Omega - \beta u. \end{aligned}$$

Вопросы:

1. Какой знак приобретает величина

$$A_T = -u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y}$$

при адвекции тепла и при адвекции холода.

2. Агеострофические отклонения на порядок *больше* или *меньше* реального ветра. Пояснить ответ графически.

3. Указать масштаб характерных изменений геопотенциала, например, для изобарической поверхности 500 мб.

Работа 28
СЕМИНАР – ТИПЫ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВО
ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ

Анализ проблем:

1. Зональный (широтный) и меридиональный типы циркуляции.
2. Западный перенос воздуха.
3. Обмен воздухом и теплом между высокими и низкими широтами.

Вопросы для самоподготовки:

1. Подвижные циклоны и антициклоны.
2. Холодные центральные циклоны и тёплые блокирующие антициклоны.
3. Адвекция воздуха с Атлантического океана.
4. Глубокие проникновения арктического воздуха к югу и тёплых масс воздуха из субтропиков в высокие широты.
5. Индексы циркуляции.

Литература

Основная:

1. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология // Издательство Московского университета. Москва, 2012-583 с.

Дополнительная:

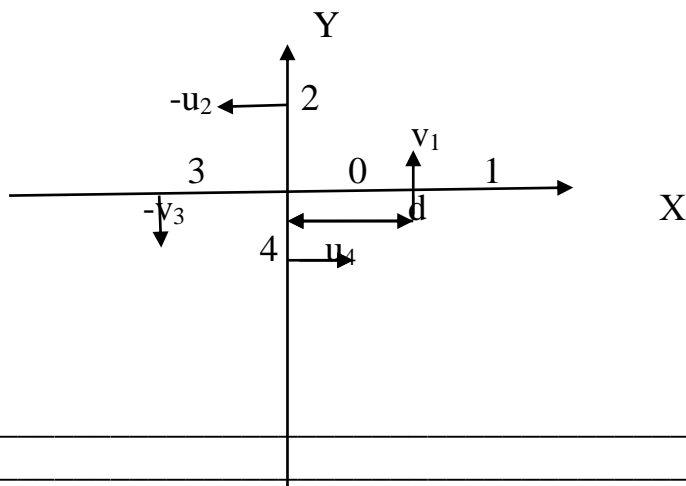
2. Зверев А.С. Синоптическая метеорология // Гидрометеиздат. Ленинград, 1977 – 700 с.

РАБОТА 29

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТ ИЗОБАРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

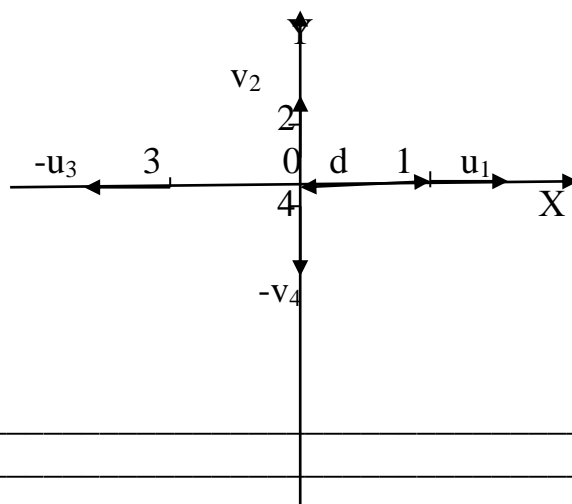
Задание 1.

Выполнить конечно-разностную аппроксимацию дифференциального уравнения для расчета вихря скорости в точке (0), руководствуясь схемой:



Задание 2.

Выполнить конечно-разностную аппроксимацию дифференциального уравнения дивергенции скорости в точке (0), руководствуясь схемой:



Вопросы:

1. Как сравнить тепловое состояние воздушных масс на разных высотах.
2. Чему численно пропорциональны вихрь и дивергенция.
3. Какова суть модельных квазигеострофических и адиабатических приближений.

Работа 30
КОНЕЧНО-РАЗНОСТНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ПРОИЗВОДНЫХ,
ЛАПЛАСИАНОВ И ЯКОБИАНОВ

Задание 1.

Выполнить аппроксимацию:

а) первых производных: $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}$

б) вторых производных: $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}, \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}$

Задание 2.

Выполнить аппроксимацию:

а) лапласиана геопотенциала $\nabla^2 H = \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2}$

б) якобиана геопотенциала и температуры $(H, T) = \begin{vmatrix} \frac{\partial H}{\partial x} & \frac{\partial H}{\partial y} \\ \frac{\partial T}{\partial x} & \frac{\partial T}{\partial y} \end{vmatrix}$

Вопросы:

1. Привести примеры различных видов расчётных сеток. Изобразить их графически.
2. Какой масштаб имеет шаг расчётной сетки и от чего зависит его величина.
3. От чего зависит точность конечно-разностной аппроксимации.

Работа 31

СЕМИНАР – ТЕОРИЯ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ

Анализ проблем:

- а) глобальное распределение среднего атмосферного давления;
- б) математическое моделирование динамики атмосферы;
- в) вычислительная неустойчивость расчётных схем.

Вопросы для самоподготовки:

1. Запись основных уравнений в сферической системе координат.
2. Явные и неявные конечно-разностные схемы.
3. Способы уменьшения вычислительной неустойчивости при численном интегрировании прогностических уравнений.
4. Понятие «счётной вязкости».
5. Организация «вложенных» итерационных циклов.

Литература

Основная:

1. Марчук Г.И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана // Гидрометеоздат. Ленинград, 1974 – 303 с.

Дополнительная:

2. Зверев А.С. Синоптическая метеорология // Гидрометеоздат. Ленинград, 1977 – 700 с.

Работа 32 МАЛОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КЛИМАТА

Задание 1.

Сформировать расчётное поле из $n \times m$ узлов регулярной сетки. Обозначить области определения пространственных производных, функций адвекции вихря и температуры, тенденции геопотенциала.

Задание 2.

Составить блок программы для ЭВМ численного интегрирования по времени t уравнений краткосрочного прогноза погоды.

Использовать алгоритм:

```
Input  $f_{ij} = F(x, y, t);$   
for  $t = 1$  from  $t = 36$  do  
begin  
  for  $i = 1$  from  $i = n$  do  
    for  $j = 1$  from  $j = m$  do  
      begin  
         $\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_{ij} = \dots\dots\dots;$   
      end end
```

Вопросы:

1. Какова суть численного метода «телескопизации».
2. Что понимается под «вычислительной неустойчивостью».
3. Перечислить способы, улучшающие конечно-разностную аппроксимацию прогностических дифференциальных уравнений.

Работа 33
СЕМИНАР – КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ

Анализ проблем:

- а) современные теоретические алгоритмы динамики атмосферы;
- б) негеострофические схемы, в которых прогноз получается путём интегрирования полной квазистатической системы уравнений;
- в) синоптико-гидродинамические модели.

Вопросы для самоподготовки:

- 1. Выбор величины сеточного шага.
- 2. Изменение масштаба карты и параметра Кориолиса с широтой.
- 3. Неадиабатические модели атмосферы, учитывающие фазовые притоки тепла.
- 4. Математическая постановка задачи физико-статистического прогноза.
- 5. Формальная и статистическая экстраполяции.

Литература

Основная:

- 1. Гандин Л.С., Дубов А.С. Численные методы краткосрочного прогноза погоды // Гидрометиздат. Ленинград, 1968 – 420 с.

Дополнительная:

- 2. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды // «Наука». Москва, 1982 – 315 с.

Работа 34
СЕМИНАР – МЕТОДЫ ОБЪЕКТИВНОГО АНАЛИЗА
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Анализ проблем:

- а) четырёхмерное представление метеорологических полей;
- б) асиноптическая метеорологическая информация;
- в) оптимальное согласование аэрологической, асиноптической и прогностической информации.

Вопросы для самоподготовки:

1. Схема автоматической обработки оперативной метеорологической информации.
2. Распределение средней квадратической относительной ошибки интерполяции геопотенциала.
3. Корреляционные функции ошибок данных косвенного зондирования температуры и геопотенциала.
4. Четырёхмерное согласование полей метеозаэментов.
5. Метод оптимальной интерполяции.

Литература

Основная:

1. Гандин Л.С. Четырёхмерный анализ метеорологических полей // Гидрометеоздат. Ленинград, 1976 – 62 с.

Дополнительная:

2. Марчук Г.И. Численные методы в прогнозе погоды // Гидрометеорологическое издательство. Ленинград, 1967 – 356 с.

Учебное издание

Составители:

Асауляк Ирина Федоровна
Спирин Юрий Александрович

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Рабочая тетрадь

Издано в редакции составителей
Корректурa составителей

Издательство РГАУ-МСХА
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44
Тел.: 8(499) 977-00-12; 977-40-64