

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ, ЭКОНОМИКИ И ФИНАНСОВ
Кафедра природообустройства и водопользования

ШИГАПОВ И.С.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСУ
ГИДРОЛОГИЯ, МЕТЕОРОЛОГИЯ И
КЛИМАТОЛОГИЯ

Часть 1. Метеорология и климатология

Казань 2015

УДК 551.5
ББК Д26.23

*Принято на заседании Учебно-методической комиссии
Института управления, экономики и финансов
Протокол № 5 от 05 июня 2015 года*

Рецензент:

кандидат биологических наук,
старший преподаватель кафедры природообустройства и водопользования
Р.И. Замалетдинов.

Шигапов И.С.

**Практические задания по курсу «Гидрология, метеорология и климатология»
Часть 1. Метеорология и климатология / И.С. Шигапов. – Казань: Казан. ун-т,
2015. – 41 с.**

Учебно-методическое пособие по курсу «Гидрология, метеорология и климатология» предназначено для студентов, обучающихся по специальности 280100.62 – «Природообустройство и водопользование».

© Шигапов И.С., 2015
© Казанский университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
Тема 1. Расчет испарения с поверхности суши	5
Тема 2. Чтение приземных карт погоды	13
Тема 3. Выявление преобладающего направления ветра	21
Тема 4. Атмосферное давление. Солнечная радиация	24
Тема 5. Температура. Влажность воздуха. Осадки	30
Тема 6. Продолжительность и средняя температура воздуха периодов со средней суточной температурой воздуха ниже или выше заданных пределов.....	37
Литература	40

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Гидрология, метеорология и климатология» является базовым курсом для студентов 2 курса Института управления, экономики и финансов КФУ (направление «Природообустройство и водопользование»).

Теоретическая новизна данного курса заключается в рассмотрении вопросов гидрологии, метеорологии и климатологии с позиций возможности использования полученных знаний при разработке и реализации проектов в сфере природообустройства и водопользования.

Цель курса: формирование у студентов общих знаний и умений в области гидрологии, климатологии и метеорологии.

Задачи курса:

1. Ознакомить студентов с учением об атмосфере, сведениями о составе и строении атмосферы, принципами и законами теплообмена, влагооборота и атмосферной циркуляции.

2. Ознакомить студентов с учением о гидросфере, общими закономерностями процессов формирования поверхностного стока, водного баланса, суши и речного бассейна;

ТЕМА 1. РАСЧЕТ ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ СУШИ

Под испарением с поверхности суши понимается сумма всех видов этого процесса: биологическое испарение с листьев растений (транспирация), физическое испарение с орошенных атмосферными осадками листьев, испарение с почвы, снега, льда, с водоемов и др.

Существует 4 методики определения испарения с поверхности суши:

- 1) по карте изолиний испарения;
- 2) по уравнению связи теплового и водного балансов;
- 3) методом турбулентной диффузии;
- 4) гидролого-климатический.

Задание 1. Определите испарение с поверхности суши с помощью карты изолиний испарения.

Среднемноголетнее годовое испарение с больших площадей (до 9900 км) в приближенных расчетах удобно определять по карте изолиний испарения, построенной в ГГИ (рис. 1). На карте оконтуривается площадь расчетной территории (например, водосбора реки) и наносится центр ее тяжести. Если площадь пересекается несколькими изолиниями, то испарение вычисляют как средневзвешенную величину. При расположении исследуемой площади на карте между двумя соседними изолиниями расчетную величину находят для центра тяжести площади путем интерполяции между соседними изолиниями.

Погрешность снимаемых с карты значений испарения для равнинной территории России составляет 15 %. Для горных районов и Крайнего Севера ошибка возрастает до 20 %, а в слабоизученных районах – до 40 %.

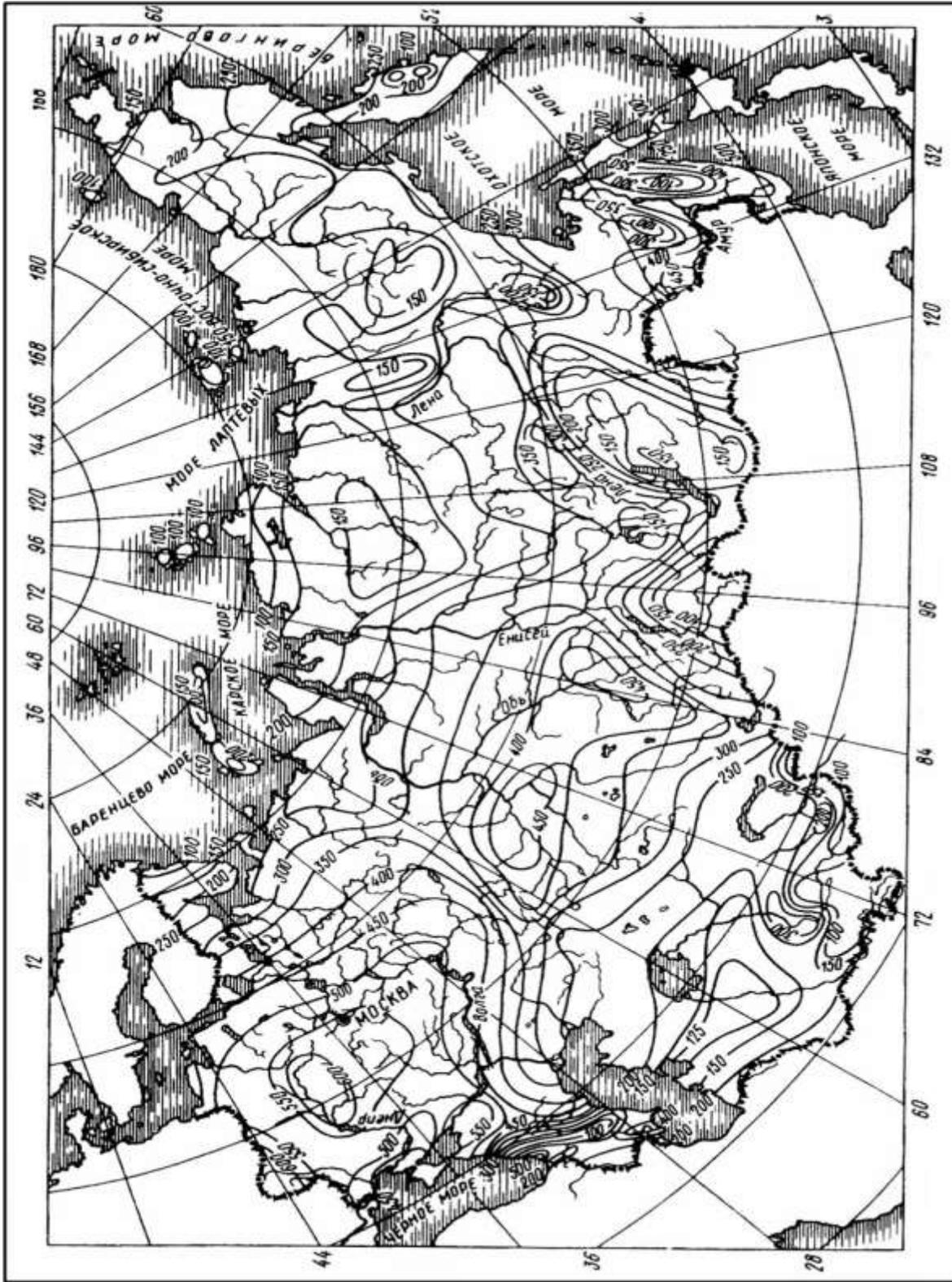


Рис. 1. Карта среднеевропейского годового слоя испарения (мм)

Задание для самостоятельной работы:

Используя карту среднемноголетнего годового слоя испарения (рис. 1), приближенно определите среднемноголетнее годовое испарение для территории городов Архангельск, Астрахань, Белгород, Владивосток, Волгоград, Екатеринбург, Ижевск, Иркутск, Калуга, Киров.

Пример решения задания 1.

Исходные данные: карта среднемноголетнего годового слоя испарения с суши.

Требуется: определить (приближенно) среднемноголетнее годовое испарение для территории г. Казани.

Порядок выполнения: по карте (см. рис. 1) находят расположение города Казань и замечают, что город находится между изолиниями 500 мм и 550 мм. Путем интерполяции находят, что значение среднемноголетнего годового испарения для территории г. Казани равно 510 мм.

Задание 2. Определите испарение с поверхности суши по уравнению связи теплового и водного балансов.

При известных нормах атмосферных осадков и радиационного баланса среднемноголетнее испарение с суши рассчитывают по уравнению связи теплового и водного балансов, используя номограмму (рис. 2.), отдельно для каждой метеорологической станции.

Норму испарения с речного бассейна, на котором расположено несколько метеорологических станций, определяют для каждой метеорологической станции. При равномерном распределении станций на площади применяют среднеарифметический метод, а при неравномерном – метод средневзвешенной величины с учетом доли площади, относящейся к соответствующей станции.

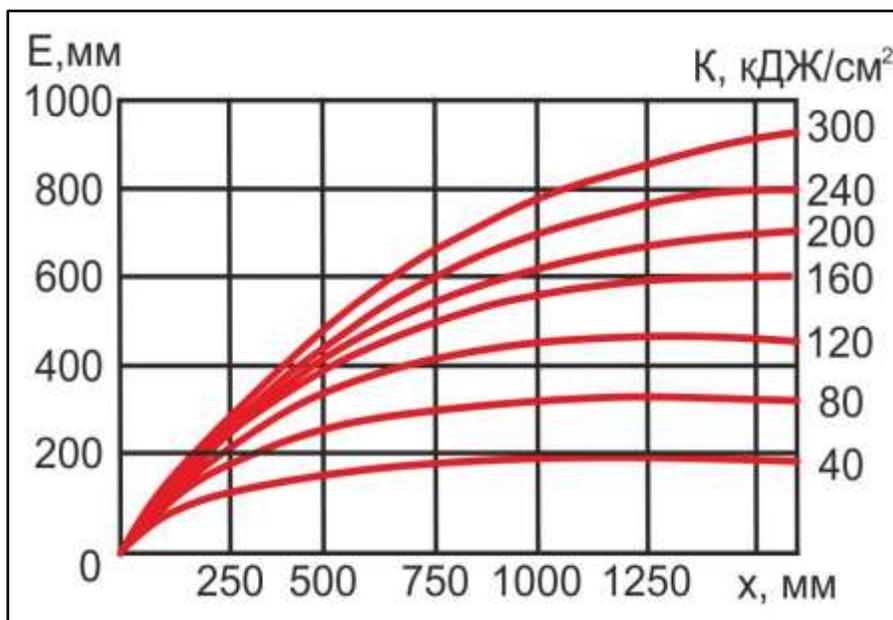


Рис. 2. Номограммы для вычисления среднемноголетнего годового испарения E , мм по методу М.И. Будыко (по среднегодовой сумме осадков X , мм, и радиационному балансу R , кДж/см²)

Задание для самостоятельной работы:

Используя данные табл. 1, определите слой среднемноголетнего годового испарения.

Таблица 1.

Нормы атмосферных осадков и радиационного баланса

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X , мм	225	250	375	500	625	750	875	1100	1250	1375
R , кДж/см ²	40	80	120	300	240	120	160	200	160	240

Пример решения задания 2.

Исходные данные: для г. Казани среднемноголетний слой осадков $X = 540$ мм, радиационный баланс $R = 210$ кДж/см².

Требуется: определить слой среднемноголетнего годового испарения.

Порядок выполнения: по номограмме (см. рис. 2) находят, что при $X = 540$ мм и $R = 210$ кДж/см² среднемноголетний слой испарения $E = 510$ мм.

Задание 3. Определите испарение с поверхности суши методом турбулентной диффузии.

Расчет по температуре и влажности воздуха (метод А.Р. Константинова) используется для районов избыточного и достаточного увлажнения равнинной территории с площади, окружающей метеорологическую станцию, в несколько квадратных километров. Метод не рекомендуется применять для сухих степей, полупустынь и пустынь. Норму годового испарения находят по номограмме (рис. 3) в зависимости от среднегодовой температуры и влажности воздуха.

Метеорологические станции, расположенные вблизи водоемов, нерепрезентативны для определения испарения с суши. Они должны быть удалены от реки на расстояние, более чем в 5 раз превышающее ее ширину; от водоема шириной до 1 км – на расстояние, превышающее его ширину; от больших водоемов – на расстояние около 1/3 его ширины. Влияние моря распространяется на зону до 150 км.

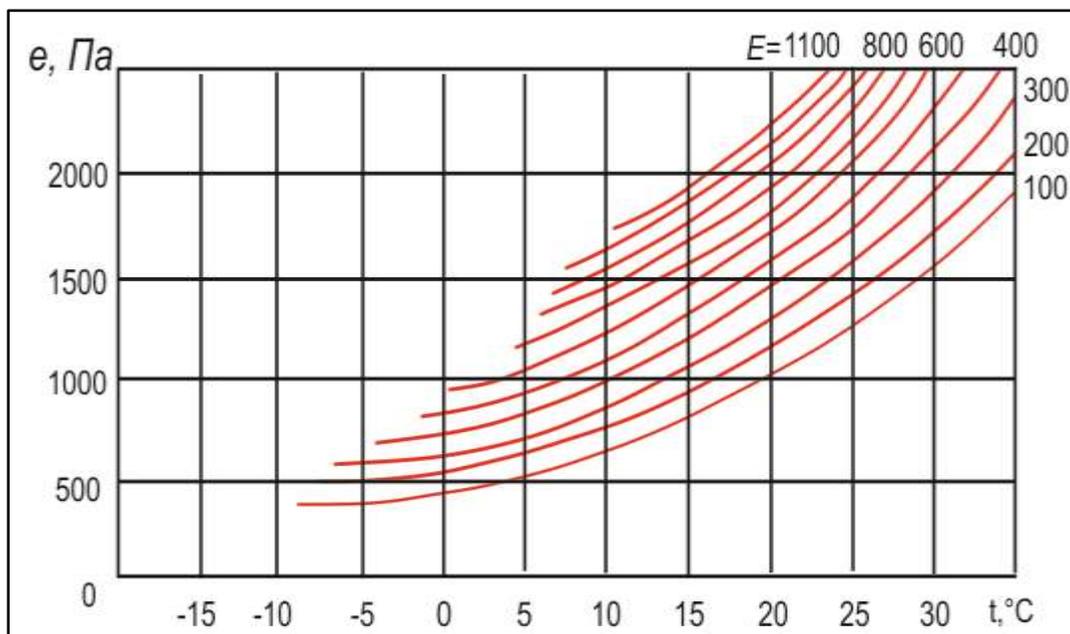


Рис. 3. Номограммы для вычисления среднегодового испарения E , мм, по методу Р.А. Константинова (по среднегодовой температуре t , °C и влажности воздуха e , Па)

Задание для самостоятельной работы:

Используя данные табл. 2, определите слой среднегодовалого годового испарения.

Таблица 2

Среднегодовая температура и влажность воздуха

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$e, \text{Па}$	500	750	1000	1250	1500	750	500	800	900	1250
$t, ^\circ\text{C}$	5,5	11,2	3,8	6,5	15	15,3	8,9	12,3	10,5	4,7

Пример решения задания 3.

Исходные данные: для г. Казани среднегодовая температура воздуха за многолетний период $t=4,0^\circ\text{C}$, а влажность $e=760 \text{ Па}$.

Требуется: определить среднегодовое испарение для г.Казани.

Порядок выполнения: пользуясь номограммой (см. рис. 3), проводят перпендикуляры от указанных значений t и e . Для точки их пересечения, интерполируя между изолиниями, получают для г. Казани среднегодовой слой испарения $E = 510 \text{ мм}$.

Задание 4. Определение испарения с поверхности суши гидролого-климатическим методом.

При расчетах испарения в мелиоративных целях широко применяют гидролого-климатический метод, разработанный В.С. Мезенцевым. Предложенное им уравнение для вычисления среднегодового испарения с суши, мм, имеет следующий вид:

$$E = E_{max} \left[1 + \left(\frac{k_x}{E_{max}} \right)^{-n} \right]^{-1/n} \quad (1)$$

где E_{max} – максимально возможное испарение, мм; kx – общее увлажнение, мм; n – параметр, учитывающий гидравлические условия стока в разных ландшафтно-климатических условиях, для равнинного рельефа средних широт $n=3,0$, а в горных районах $n=2,0$.

Максимально возможное испарение определяется по формуле:

$$E_{max} = 5.88 \sum t + 260 \quad (2)$$

где $\sum t$ – сумма среднемесячных положительных температур воздуха за год.

Внутригодовой ход максимально возможного испарения принимают в первом приближении таким же, как ход дефицита (недостатка) насыщения влагой воздуха d . Если подсчитать годовую сумму среднемесячных (декадных) дефицитов влажности $\sum d_i$, то значение $E_{max,i}$ за i -й интервал можно подсчитать по формуле:

$$E_{max,i} = E_{max} d_i / \sum d_i \quad (3)$$

Испарение с суши за месяц E вычисляют по уравнению (1).

Задание для самостоятельной работы:

Используя данные таблиц 3 и 4, определите слой среднеегодового годового испарения с суши, вычислите слой испарения за каждый месяц года.

Таблица 3

Сумма среднемесячных положительных температур воздуха за год

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sum t$,	82,5	75,3	65,5	52,4	73,8	45,6	55	65,7	73,8	81,7

Таблица 4

Общее увлажнение, среднемесячные дефициты влажности воздуха

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Год
d_i	0,5	0,6	1,3	3,1	5,9	7,8	7,8	6,0	3,5	1,7	0,8	0,5	39,5
x_i	47	47	47	42	56	71	84	78	64	58	55	55	704

Пример решения задания 4.

Исходные данные: для условий г. Казани сумма среднемесячных положительных температур воздуха за год $\Sigma t = 57,5^\circ\text{C}$ (с апреля по октябрь).

Требуется: определить слой среднемноголетнего годового испарения для г. Казани, вычислить слой испарения за каждый месяц года.

Порядок выполнения:

1. Подставив в формулу (2) сумму среднемесячных положительных температур воздуха за год для условий г. Казани, находят максимально возможное испарение:

$$E_{\max} = 5,88 * \Sigma t + 260 = 5,88 * 57,5 + 260 = 598,1 \text{ мм.}$$

2. По формуле (1) вычисляют слой среднемноголетнего годового испарения:

$$E = E_{\max} \left[1 + \left(\frac{k_x}{E_{\max}} \right)^{-n} \right]^{-1/n} = 598,1 * \left[1 + \left(\frac{704}{598,1} \right)^{-3} \right]^{-\frac{1}{3}} = 510 \text{ мм.}$$

3. Воспользовавшись формулами (1) и (3), вычисляют максимально возможное испарение $E_{\max,i}$ за каждый месяц и среднемесячное испарение с суши E_i (табл.5)

Таблица 5

Расчетные данные $E_{\max,i}$ и E_i

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Год
$E_{\max,i}$	7.6	9.1	19.7	46.9	89.3	118.1	118.1	90.9	53.0	25.7	12.1	7.6	598,1
E_i	7.6	9.1	19.2	35.1	52.0	66.5	75.8	66.2	45.6	25.0	12.1	7.6	510

ТЕМА 2. ЧТЕНИЕ ПРИЗЕМНЫХ КАРТ ПОГОДЫ

Задание. Нанесите данные на приземные карты погоды согласно приведенному описанию.

Местоположение метеостанции отмечается пунсоном. Значения метеорологических элементов наносятся вокруг кружка станции в определённом порядке, цифрами и условными знаками (рис. 4). Соблюдение порядка расположения цифр и знаков обязательно, в противном случае корректное чтение карты погоды будет невозможно.

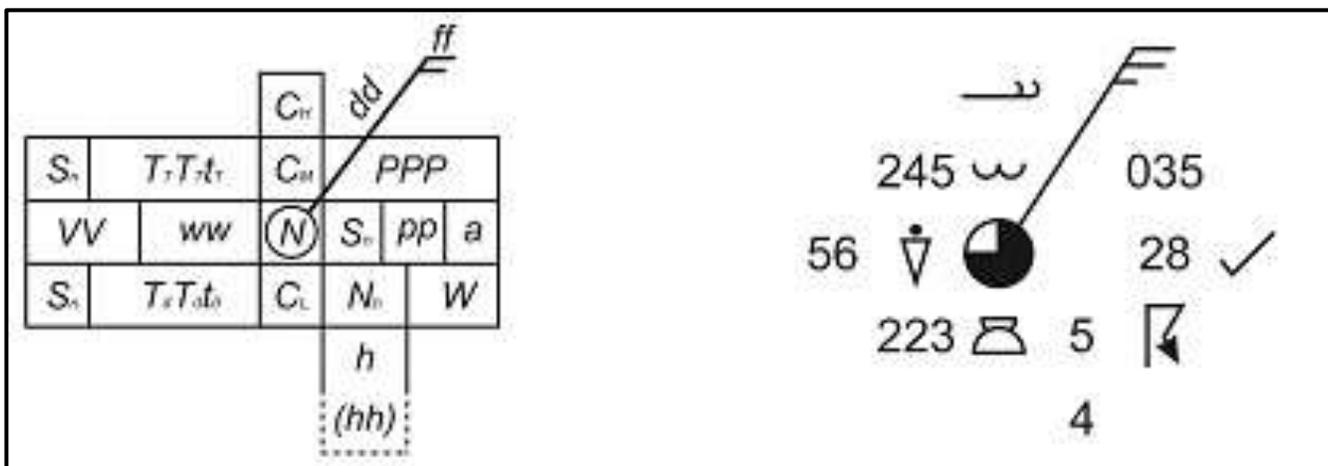


Рис. 4. Схема и пример нанесения данных на приземную карту погоды

Цифрами наносятся следующие данные:

ТТtт – температура воздуха (две или три цифры), целые (ТТ) и десятые (tт) доли градуса Цельсия;

ТdТdtd – точка росы (две или три цифры), целые (ТdТd) и десятые (td) доли градуса Цельсия;

VV – горизонтальная видимость цифрами кода, предусматривающего инструментальные и визуальные способы измерения (табл. 6).

h (hh) – высота облаков нижнего яруса цифрами кода (одной или двумя);

Nh – количество облаков нижнего яруса в октах; употребляются цифры от 1 до 8, цифры кода окты (1 окт – 1/8 неба), их можно перевести в баллы;

PPP – давление воздуха, приведенное к уровню моря, в гПа (десятки, единицы и десятые доли). Если трехзначное число начинается с 5 или большей цифры, то при расшифровке следует впереди поставить цифру 9, а если число начинается с 4 или меньшей цифры, впереди следует поставить цифру 10;

pp – величина барической тенденции за последние три часа, в гПа (целые и десятые доли). При росте давления знак не ставится, при падении давления знак «←» ставится обязательно.

Таблица 6

Значения цифр кода видимости и высоты облаков

VV – горизонтальная видимость				h (hh) – высота облаков нижнего яруса			
инструментально		визуально		инструментально (hh)		визуально (h)	
цифры кода	км	цифры кода	км	цифры кода	м	цифры кода	м
00	<0.1	90	<0.05	00	<30	0	<50
01	0.1	91	0.05	01	30	1	50
02	0.2			02	50		
03	0.3	92	0.2	03	90	2	100
.....		
.....	.....	93	0.5	.....	.....	3	200
20	2.0			20	600		
21	2.1	94	1	21	630	4	300
.....		
.....	.....	95	2	.....	.....	5	600
40	4.0			40	1200		
41	4.1	96	4	41	1230	6	1000
.....		
.....	.....	97	10	.....	.....	7	1500
50	5.0			50	1500		
56	6	98	20	56	1800	8	2000
57	7			57	2100		
.....	.....	99	50	.....	.....	9	>2500
.....		
70	20			70	6000		

Условными знаками на карты наносятся следующие элементы погоды:

N – общее количество облаков; условные знаки соответствуют различному количеству облачности от 1 до 8 октов, если определение количества облачности затруднено, то в кружке станции ставится знак «X»;

W – погода между сроками наблюдения; период времени между сроками соответствует принятой частоте составления той или иной карты, т. е. 6-ти или 3-м часам (основная или кольцевая карта соответственно);

a – характеристика барической тенденции за последние три часа, каждый знак соответствует кривой на ленте барографа (табл. 7).

Таблица 7

Условные обозначения метеорологических данных

N количество облаков в октах		W погода между сроками наблюдения	a характеристика барических тенденций
h	N _h		
	ясно		
	1	пыльная буря	
	2	мокрый снег	
	3	метель	
	4	туман	
	5	морось	
	6	дождь	
	7	снег	
	8	ливневые осадки	
	Неба не видно	гроза	

Форма наблюдаемых облаков (таблица 8).

C_L – форма облаков нижнего яруса;

C_M – форма облаков среднего яруса;

C_H – форма облаков верхнего яруса;

Форма облаков

<i>C_L нижнего яруса</i>	<i>C_M среднего яруса</i>	<i>C_H верхнего яруса</i>
 <i>Ci</i> кучевые	 <i>As</i> тонкие	 <i>Ci</i> нитевидные
 <i>Ci</i> мощные кучевые	 <i>As</i> плотные или NS	 <i>Ci</i> плотные
 <i>Cb</i> «лысье»	 <i>As</i> тонкие	 <i>Ci</i> плотные от <i>Cb</i>
 <i>Sc</i> из <i>Ci</i> или <i>Cb</i>	 <i>As</i> чечевице-образные	 <i>Ci</i> ногтевидные
 <i>Sc</i> слоисто-кучевые	 <i>As</i> гряды	 <i>Ci</i> <i>Cs</i> ниже 45°
 <i>St</i> слоистые	 <i>As</i> высококучевые	 <i>Ci</i> <i>Cs</i> выше 45°
 <i>St</i> разорванные слоистые	 <i>As</i> , <i>As</i> плотные	 <i>Cs</i> плотные
 <i>Sc</i> , <i>Ci</i> слоисто-кучевые и кучевые	 <i>As</i> башенко-образные	 <i>Cs</i> неплотные
 <i>Cb</i> кучево-дождевые	 <i>As</i> хаотичный вид неба	 <i>Cs</i> перисто-кучевые

Для отображения характеристик ветра используются символы (табл. 9):

dd – направление ветра у поверхности земли (откуда дует) стрелкой;

ff – скорость ветра, обозначается на стрелке «оперением».

При штиле пунсон станции обводится кружком большего радиуса, при неустойчивом направлении ветра в конце стрелки ставится крест (X).

Условными обозначениями показываются ww – атмосферные явления погоды в срок наблюдения или в течение последнего часа перед сроком наблюдения (табл. 10).

Sn – знак отрицательного значения.

Условные обозначения направления и скорости ветра

знак	м/с	узлы	км/ч	знак	м/с	узлы	км/ч
	0	0	0		17-18	33-37	61-65
	0,5-1	1-2	2-4		19-21	38-42	68-76
	2-3	3-7	7-10		22-23	43-47	79-83
	4-6	8-12	14-22		24-26	48-52	86-94
	7-8	13-17	25-29		27-28	53-57	97-101
	9-11	18-22	32-40		29-31	58-62	104-112
	12-13	23-27	43-47		32-33	63-67	115-119
	14-16	28-32	50-58	и т.д.			
<i>Примечание. Узел равен скорости в 1 морскую милю в час (1,853 км/ч)</i>							

Таблица 10.

Атмосферные явления в срок наблюдения и за последний час

00-09	10-19	20-29	30-39	40-49
погода без осадков, тумана, метели на станции the weather no precipitation, fog blowing snow at station		за последний час recent (недавний)	пыльная /песчаная буря, метель duststorm /sandstorm, blowing snow	туман fog
00 ○ ясно sky clear	10 = дымка mist /brume/	20] морось recent drizzle	30 S| буря ослабевает dust/sandstorm weakening	40 (≡) туман на расстоянии fog within sight
01 ○ облака рассеиваются clouds dissipation	11 ≡ поземный туман клочками shallow fog in patches	21 ● дождь recent rain	31 S буря без изменений dust/sandstorm no change	41 ≡ туман местами fog in patches
02 ○ небо без изменений sky no change	12 ≡ подвижный туман сплошной shallow fog con- tinuous	22 *] снег recent snow	32 |S буря усиливается dust/sandstorm intensify	42 ≡ туман ослабевает небо видно fog weakens sky discernible
03 ○ облака разбиваются clouds increasing	13 < зарница lightning	23 *] дождь со снегом recent rain and snow	33 S| сильная буря ослабевает heavy dust/sand- storm weakening	43 ≡ туман ослабевает небо не видно fog weakens sky not discernible
04 ∞ дым smoke/fume/	14 ● осадки в поле зрения precipitation in sight	24 ~] замерзающие дожди или морось (гололед) recent freezing rain/drizzle	34 S сильная буря без изменений heavy dust/sand storm no change	44 ≡ туман небо видно fog, sky not discernible
05 ∞ мгла dust haze	15 ● осадки на расстоянии или более 5 км (precipitation (more 5 km) .	25 ∇ лиственный дождь recent rain showers	35 |S сильная буря усиливается heavy dust/sand storm intensify	45 ≡ туман небо не видно fog, sky not discerni- ble
06 S пыльная, пыль, дустная издалека dust haze widespread	16 (●) осадки на расстоянии или менее 5 км (precipitation (less 5 km)	26 ∇ ледяной снег recent snow sho- wers	36 + слабый/умеренный поземок slight/mod low drifting snow	46 ≡ туман усиливается небо видно fog intensify sky discernible
07 \$ пыль/песок, поднятые на станции dust/sand raised at station	17 R гроза без осадков thunderstorm with- out precipitation	27 ∇ град или крупа recent hail or soft hail	37 ≠ сильный порыв heavy low drifting snow	47 ≡ туман усиливается небо не видно fog intensify sky not discernible
08 E пыльная /песчаная буря dust/sand devils	18 V шквал squall	28 ≡ туман recent fog	38 + низовая метель blowing snow	48 ≡ туман с изморозью небо видно freezing fog sky discernible
09 (S) пыльная /песчаная буря в поле зрения dust/sandstorm in sight	19 || смерч funnel cloud (>)	29 R] гроза recent thunderstorm	39 ≠ сильная пыльная метель heavy blowing snow	49 ≡ туман с изморозью небо не видно freezing fog sky not discernible

Продолжение таблицы 10

50 59 морось drizzle	60 69 дождь rain	70 79 снег snow	80 89 ливневые осадки precipit showers	90 95 гроза thunderstorm
50 ● слабая морось с перерывами slight drizzle intermittent	60 ● слабый дождь с перерывами slight rain intermittent	70 * слабый снег с перерывами slight snow intermittent	80 ▽ слабый ливневый дождь slight rain showers	90 Δ умеренный/сильный град mod/heavy hail
51 ●● слабая морось непрерывная slight drizzle continual	61 ●● слабый дождь непрерывный slight rain continual	71 ** слабый снег непрерывный slight snow continual	81 ▽ умеренный/сильный ливневый дождь mod/heavy rain showers	91 [] слабый дождь slight rain
52 ●● умеренная морось с перерывами moderate drizzle intermittent	62 ●● умеренный дождь с перерывами moderate rain intermittent	72 * умеренный снег с перерывами moderate snow intermittent	82 ▽ очень сильный дождь ливневыми слякучищами heavy rain showers	92 [] умеренный/силь ный дождь mod/heavy rain
53 ●●● умеренная морось непрерывная moderate drizzle continual	63 ●●● умеренный дождь непрерывный moderate rain continual	73 ** умеренный снег непрерывный moderate snow continual	83 ▽ ливневый дождь со снегом rain and snow showers	93 [] слабый снег/град slight snow or hail
54 ●●● сильная морось с перерывами heavy drizzle intermittent	64 ●●● сильный дождь с перерывами heavy rain intermittent	74 * сильный снег с перерывами heavy snow intermittent	84 ▽ умеренный/сильный ливневый дождь со сне гом mod/heavy rain and snow showers	94 [] умеренный снег или крупя mod snow or soft hail
55 ●●● сильная морось непрерывная heavy drizzle continual	65 ●●● сильный дождь непрерывный heavy rain continual	75 ** сильный снег непрерывный heavy snow continual	85 ▽ любая ливневый снег slight snow showers	95 [] роза с дождем снегом thunderstorm with rain/snow
56 ●●● слабая заморозочная морось/сл. гололед slight freezing drizzle	66 ●●● слабая заморозочная дождь/сл. гололед slight freezing rain	76 → ледяные ислы ice pellets	86 * умеренный/сильный ливневый снег mod/heavy snow showers	96 Δ гроза с градом thunderstorm with hail
57 ●●● умгн заморозочная морось/сильный гол лед heavy freezing drizzle	67 ●●● сильный заморозочный дождь/сл. гололед heavy freezing rain	77 Δ снежные зерна snow grains	87 ▽ слабая ледяная крупя slight soft hail	97 [] сильная гроза с дождем/снегом heavy thunderstorm with rain/snow
58 ●●● слабая морось с перерывами slight drizzle and rain	68 ●●● слабый дождь с перерывами slight rain and snow	78 * снежные кристаллы snow crystals	88 ▽ умеренная/сильная ледяная крупя mod/heavy soft hail	98 [] гроза с крупяной чашкой thunderstorm with dust/sandstorm
59 ●●● умеренная/сильная морось с дождем mod/heavy drizzle and rain	69 ●●● сильный дождь со снегом heavy rain and snow	79 Δ ледяной дождь ice pellets	89 Δ слабый град slight hail	99 [] сильная гроза с градом heavy thunderstorm with hail

Задание для самостоятельной работы: составьте приземную карту погоды по приведенному описанию.

1. Температура воздуха составляет $15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ с точкой росы, равной $5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Атмосферное давление, приведённое к уровню моря, составляет $1023,2\text{ гПа}$, 3 часа назад оно достигало $1023,6\text{ гПа}$, кривая барограммы на данном участке имеет вид

 Видимость, определённая инструментально, достигает 15 км . Небо на $6/8$ видимого пространства закрыто тонкими высококучевыми и мощными кучево-дождевыми облаками, их нижняя граница «на глаз» находится не выше 1000 м . Идёт ливень, начавшийся около часа назад. Ветер северо-западный, со скоростью 3 м/с .

2. Температура воздуха составляет $10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Содержащийся в воздухе водяной пар достигнет насыщения при температуре $6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Атмосферное давление, приведённое к уровню моря, по данным предшествующего срочного часа составляло $1015,6\text{ гПа}$, к настоящему моменту уменьшилось на $0,4\text{ гПа}$, кривая барограммы на данном участке имеет вид  . Видимость, определённая инструментально, достигает 20 км . На небе наблюдаются перистые нитевидные, в среднем ярусе – тонкие высококучевые облака, общая облачность превышает 7 баллов, нижняя – менее 1 балла. Инструментальные наблюдения за высотой облачности не проводились. Ветер имеет устойчивое южное направление и дует со скоростью около 3 км/ч .

4. Температура воздуха составляет $6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ с точкой росы, равной $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Атмосферное давление, приведённое к уровню моря, составляет $1020,2\text{ гПа}$, что на $0,1\text{ гПа}$ больше, чем в предыдущий срочный час; кривая барограммы на данном участке имеет вид  . Видимость, определённая визуально, достигает 15 км . Облачность 10 баллов, облака слоистые, начинаются с высоты 300 м . В настоящий момент наблюдается морось. Ветер юго-восточный, $4\text{-}6\text{ м/с}$.

5. Температура воздуха – $11,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, точка росы – $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, атмосферное давление, приведённое к уровню моря – $1013,0\text{ гПа}$. Давление падает, предыдущие измерения

зафиксировали 1013,3 гПа, кривая барограммы на данном участке имеет вид . Наблюдается туман, который постепенно усиливается, однако небо пока видно. Видимость, определённая инструментально, не превышает 200 м. Слоисто-кучевые облака, нижняя граница которых, как видно «на глаз», не поднимается выше 1000 м, закрывают 5/8 неба. Между сроками наблюдений выпали осадки в виде ливня. Штиль.

6. При температуре воздуха 19,5 °С водяной пар, содержащийся в воздухе, может достигнуть состояния насыщения при температуре 12,3 °С. Атмосферное давление, приведённое к уровню моря, составляет 998,2 гПа, барическая тенденция 0,1 гПа, кривая барограммы на данном участке имеет вид . Видимость, определённая визуально, достигает 20 км. Небосвод закрыт мощными кучево-дождевыми облаками, начиная с высоты 0,6 км. Облачность составляет 7 октов. Ветер западно-северо-западный, со скоростью 4-6 м/с.

7. Температура воздуха составляет 5,5 °С. Водяной пар, содержащийся в воздухе, близок к состоянию насыщения: точка росы 5,3 °С. Атмосферное давление, приведённое к уровню моря, на протяжении последних 3-х часов увеличилось на 0,3 гПа и составляет 1017,8 гПа. Кривая барограммы на данном участке имеет вид . Видимость, определённая инструментально, не превышает 1 км, причём видимые объекты затянуты дымкой. Небо с высоты 300 м затянуто слоистыми облаками, облачность 10 баллов. Между сроками наблюдений были отмечены туман, морось. Ветер юго-восточный, со скоростью 2 м/с.

8. Температура воздуха составляет 11,4 °С с точкой росы, равной 7,4 °С. Атмосферное давление, приведённое к уровню моря, составляет 1019,6 гПа, что на 0,2 гПа больше, чем в предыдущий срочный час; кривая барограммы на данном участке имеет вид . Видимость, определённая инструментально, достигает 24 км. Ясно, безоблачно. Наблюдается штиль.

ТЕМА 3. ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА

Задание. Постройте диаграмму, характеризующую режим ветра в данном месте по многолетним наблюдениям.

Диаграмма, характеризующая в метеорологии и климатологии, режим ветра в данном месте по многолетним наблюдениям получила название «Роза ветров» и выглядит как многоугольник, у которого длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях (румбах горизонта), пропорциональны повторяемости ветров этих направлений («откуда» дует ветер).

Ход работы:

1. Создайте в MS Excel новый документ, в качестве названия документа используйте свою фамилию.
2. Создайте электронную таблицу, по данным одного из вариантов в таблице №10. Выясните сумму значений всех ячеек, выделив мышкой требуемую область таблицы, сумма значений выделенных ячеек будет выведена в правом нижнем углу окна документа. В приведенном примере (рис. 5), сумма всех дней наблюдения равна 800.
3. Немного ниже постройте пустую таблицу с аналогичными названиями столбцов и строк. Выделите область значений данной таблицы, вызовите контекстное меню кликнув правой кнопкой мыши. Во вкладке *число* выберите значение *процентный*, число знаков после запятой - 2.
4. Вторая таблица будет содержать значения первой таблицы в процентном соотношении от суммы значений всех ячеек. В приведенном примере сумма значений всех ячеек равна 800, следовательно значение выделенной в нижней таблице ячейки R10C2 (соответствующей ячейке R2C2 на верхней таблице) будет равно $(11 / 800) * 100\% = 1,38\%$. Посчитайте значения остальных ячеек второй таблицы.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	v, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ			
2	0-5	11	6	9	6	10	16	13	14			
3	6-10	35	28	35	42	75	97	68	48			
4	11-15	22	12	17	17	36	45	38	29			
5	16-20	7	5	6	4	7	9	10	10			
6	21-25	2			1	1	4	2	3			
7												
8												
9	v, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ			
10	0-5	1,38%										
11	6-10											
12	11-15											
13	16-20											
14	21-25											

Рис.5. Промежуточный результат выполнения задания (п.2.)

5. Выделите всю область второй таблицы, пройдите по вкладке **ВСТАВКА-ДИАГРАММЫ-ЗАПОЛНЕННАЯ ЛЕПЕСТКОВАЯ ДИАГРАММА**.

6. Поменяйте название диаграммы на «Роза ветров», поэкспериментируйте с оформлением диаграммы (рис.6).

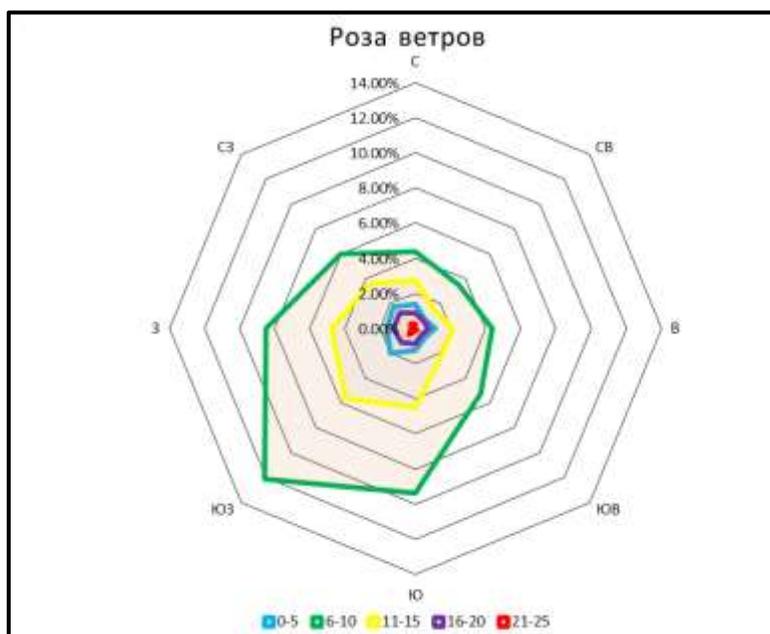


Рис. 6. Вариант оформления диаграммы

Задание для самостоятельной работы: по данным таблицы 11 постройте диаграмму, характеризующую режим ветра в данном месте.

Таблица 11

Ряд наблюдений за направлением и скоростью ветра

№ варианта	Скорость ветра, м/с	Направление ветра							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	0-5	16	28	34	26	32	46	54	24
	6-10	23	26	42	48	58	71	61	38
	11-15	6	6	10	16	29	35	25	11
	16-20	1	-	2	3	6	9	5	1
	21-25	-	-	-	1	2	4	1	-
2	0-5	14	12	8	5	8	11	6	14
	6-10	41	42	28	26	56	76	55	54
	11-15	29	17	15	11	22	35	34	33
	16-20	10	4	2	5	4	7	9	11
	21-25	1	-	-	-	1	2	3	7
3	0-5	6	6	8	6	10	17	12	10
	6-10	24	22	26	15	55	101	66	38
	11-15	10	9	10	14	46	67	32	15
	16-20	3	3	4	6	13	18	8	4
	21-25	-	1	3	2	1	5	1	-
4	0-5	6	4	4	7	16	24	13	9
	6-10	19	9	14	25	86	137	76	41
	11-15	9	4	9	11	37	63	29	20
	16-20	3	1	1	3	7	12	8	4
	21-25	2	-	-	-	8	3	2	1
5	0-5	9	6	7	6	18	19	11	10
	6-10	28	20	85	26	52	108	74	46
	11-15	12	6	7	18	28	78	39	18
	16-20	2	1	1	6	8	16	7	5
	21-25	-	-	-	1	-	4	1	1
6	0-5	27	20	20	10	17	14	23	19
	6-10	70	57	55	48	34	61	64	61
	11-15	24	8	20	13	8	10	16	28
	16-20	6	1	6	2	-	-	1	3
	21-25	-	-	-	-	-	-	1	4

ТЕМА 4. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ. СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ

Атмосферное давление. Атмосферное давление – давление, которое производит атмосфера на находящиеся в ней предметы и на земную поверхность. На уровне моря в среднем близко к тому давлению, какое производит столб ртути высотой 760 мм. Нормальное атмосферное давление на уровне моря 1013,25 гПа (760 мм р.с.). С высотой атмосферное давление уменьшается (приблизительно на 1 гПа на каждые 8 м).

Под барометрическим нивелированием подразумевается определение разности высоты двух точек на местности, в которых определено давление и температура воздуха при помощи барометра-анероида или гипсотермометра и термометра. Расчет превышения одной точки над другой осуществляется по барометрической формуле Бабинне:

$$Z = 8000 \frac{2(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} (1 + \alpha t), \quad (4)$$

где P_1 – давление на нижнем уровне; P_2 – давление на верхнем уровне; α – коэффициент расширения воздуха (0,00366); t – средняя температура воздуха, на верхней и нижней точках; Z – превышение одной точки над другой.

Барическая ступень – приращение высоты, в пределах которого давление падает на единицу; величина – dz/dp , обратная вертикальному барическому градиенту. При $p=1000$ гПа, $t=0^\circ\text{C}$ ступень равна 8 м/гПа.

Для определения барической ступени используют преобразованную формулу Бабинне. Разность между давлением на крайних границах барической ступени $P_1 - P_2 = 1$, а сумма давления на этих границах примерно равная $P_1 + P_2 = 2P$. Тогда формула Бабинне принимает вид:

$$h = \frac{8000}{P} (1 + \alpha t), \quad (5)$$

где h – величина барической ступени, выраженной в метрах.

Солнечная радиация. Солнечная радиация, которая поступает на перпендикулярную поверхность непосредственно от солнечного диска, называется прямой солнечной радиацией S .

Энергетическая освещенность, т.е. плотность потока радиации на нормальную к лучу поверхность за пределами атмосферы при среднем расстоянии между Землей и Солнцем, называется Солнечной постоянной, которая равна $S_0 = 1,353 \text{ кВ/м}^2$, или $1,98 \text{ кал/см}^2\text{мин}$.

Прямая солнечная радиация, которая приходит на горизонтальную поверхность, рассчитывается по формуле:

$$S' = S \sin h, \quad (6)$$

где h – высота солнца над горизонтом.

Радиация, которая поступает на земную поверхность от всего небесного склона, называется рассеянной D . Вся солнечная радиация, которая достигает земной поверхности, прямая и рассеянная, представляет собой суммарную радиацию Q .

$$Q = S' + D = S \sin h + D \quad (7)$$

Достигнутая земной поверхности, суммарная радиация частично поглощается деятельным слоем, а частично отражается. Отношение отраженной от земной поверхности радиации R к общему ее количеству суммарной радиации Q называется альбедо A (табл.12).

Земное излучение называется собственным излучением земной поверхности E_s , которое в соответствии с законом Стефана Больцмана, пропорционально четвертой степени ее абсолютной температуры T (табл.13):

$$E = \delta \sigma T^4 \quad (8)$$

где δ – относительная излучательная способность поверхности. Для черного тела она равна 1, для снега – 0,98, для сухого песка – 0,9 (табл. 14); σ – постоянная Стефана Больцмана, равная $5,65 \cdot 10^{-10} \text{ мВт}$, или $8,14 \cdot 10^{-11} \text{ кал}$.

Излучение атмосферы, направленно, как до Земли, так и в космическое пространство. Часть длинноволнового атмосферного излучения, что направлено к земной поверхности, называется встречным излучением атмосферы E_a .

Разность между собственным излучением земной поверхности E_z и встречным излучением атмосферы, называется эффективным излучением поверхности $E_{эф}$.

Радиационный баланс земной поверхности (остаточная радиация) – разность между поглощенной суммарной радиацией и эффективным излучением земной поверхности:

$$R = (I_{sinh} + i)(1 - A) - E_{эф} \quad (9)$$

Выражается в кВт/м^2 , измеряется балансометром. РБЗП может быть положительным и отрицательным.

Закон ослабления солнечной радиации в атмосфере отражает формула Бугера:

$$S_m = S_0 p^m, \quad (10)$$

где p – коэффициент прозрачности атмосферы, которая показывает ту часть S_1 , взятую от солнечной постоянной S_0 , что доходит до земной поверхности при нахождении Солнца в зените ($m = 1$):

$$p = \frac{S_1}{S_0} \quad (11)$$

где S_1 – прямая солнечная радиация возле земной поверхности после прохождения солнечными лучами одной массы атмосферы m . Масса атмосферы $m=1$, когда Солнце находится в Зените. S_0 – солнечная постоянная, или интенсивность солнечной радиации на верхней границе земной атмосферы. Она равна $S_0 = 1,367 \text{ кВт/м}^2$.

Таблица 12.

Альбедо разных типов деятельного слоя

Поверхность	Альбедо, %
Торфяник сухой	10
Торфяник влажный	8
Глина сухая	23
Глина влажная	16
Песок желтый	35
Песок белый	35–40
Зеленая трава	26
Сухая трава	19
Лес еловый	9–12
Снег сухой и чистый	85–90
Снег влажный чистый	55–60
Снег грязный	30–40
Вода	5–10

Таблица 13

Значение σT^4 (кВт/м²) для разных температур

t °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
–60	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
–50	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12
–40	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14
–30	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
–20	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20
–10	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24
0	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36
10	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41
20	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,47
30	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54
40	0,55	0,55	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61
50	0,62	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,67	0,68	0,69
60	0,70	0,71	0,72	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78

Относительная излучательная способность разных типов деятельного слоя, δ

Тип деятельного слоя	δ
Песок сухой	0,949
Песок влажный	0,962
Почва сухая	0,954
Почва влажная	0,986
Торф сухой	0,970
Торф влажный	0,983
Трава густая	0,986
Трава редкая	0,975
Снег чистый	0,986
Вода	0,960

Задание для самостоятельной работы: решите приведенные ниже задачи.

- 1 У поверхности земли в точке А температура 12° , давление 980 мб. В точке Б температура 8° , давление 960 мб. Найти превышение точки Б над точкой А.
- 2 При проведении барометрического нивелирования в горном районе атмосферное давление на уровне моря 978 гПа при температуре 6° , на вершине горы давление 922 гПа при температуре 8° . Определить высоту горы.
- 3 При входе в слоисто-кучевое облако определилось давление 910 гПа и температура 3° , а при выходе из облака давление уменьшилось на 55 гПа, температура снизилась на 2°C . Определить вертикальную мощность облака.
- 4 На метеорологической станции наблюдалось давление 1031 гПа температура $13,5^\circ$. В это время на радиозонде над станцией приборы определяли давление 947 гПа и температуру $8,5^\circ$. На какой высоте находился радиозонд?
- 5 На метеорологической станции атмосферное давление 980 гПа, а температура воздуха -10° . Определить давление на высоте 600 м, где температура -20°C .
- 6 В момент запуска радиозонда возле поверхности земли давление равнялось 1013,4 ГПа, а температура $22,5^\circ$. При входе радиозонда в кучевое облако определялось давление 940,6 гПа и температура $18,7^\circ$. Какая высота нижней границы облака?
- 7 На вершине горы (высота 342 м) атмосферное давление 990 гПа и температура воздуха 8° . Определить давление на уровне моря.

- 8 Рассчитать радиационный баланс действенного слоя чистого сухого снега, когда суммарная радиация равна $0,25 \text{ кВт/м}^2$, температура поверхности и воздуха -40°C .
- 9 Рассчитать радиационный баланс деятельного слоя сухой травы, суммарная радиация - $0,95 \text{ кВт/м}^2$, температура поверхности -40° , а температура воздуха -27°C .
- 10 Средняя глобальная температура Земли составляет около 15° , а экстремальные ее значения – около 60° и 90° C . Определить собственное излучение Земли при этих температурах и сравнить результаты.
- 11 Средняя глобальная температура Земли составляет около 15° , а экстремальные ее значения – около 60° и 90°C . Определить собственное излучение Земли при этих температурах и сравнить результаты.
- 12 Вычислить радиационный баланс деятельной поверхности (покрытой сухой травой) на площадке, перпендикулярной солнечным лучам, если величина прямой солнечной радиации равна $1,2 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$, рассеянной – $0,22 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$, эффективное излучение составляет $0,14 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$.
- 13 Вычислить радиационный баланс деятельной поверхности B , когда известна величина прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность S (МДж/м^2), рассеянной радиации D (МДж/м^2) и эффективного излучения E_e (МДж/м^2), альbedo поверхности A (%), высота солнца h (табл.15).

Таблица 15

Исходные данные для решения задачи №13.

№ варианта	S	D	E_e	Цвет поверхности	A	Высота солнца, °
1	40,5	20,4	4,4	Темный	15	85
2	39,4	19,3	5,2	Светлый	25	80
3	38,7	18,6	2,9	Светлый	29	75
4	39,1	19,0	3,4	Светлый	32	70
5	35,9	15,8	2,8	Зеленый	26	60
6	33,2	13,2	4,9	Влажная	20	55
7	34,4	14,5	3,4	Сухая	25	50
8	25,5	15,6	3,8	Чернозем	14	45
9	23,1	25,2	1,8	Торфяник	10	30
10	28,3	29,4	2,3	Море	5	20

ТЕМА 5. ТЕМПЕРАТУРА. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА. ОСАДКИ.

Температура. В метеорологии используются разные температурные шкалы. Широкое распространение получили шкалы, которые предложили Фаренгейт в 1715г., Реомюр - в 1736г., Цельсий - в 1748г., Кельвин - в 1848г.

Градус температурной шкалы Фаренгейта ($^{\circ}F$) составляет 1/180 интервала между точками таяния льда и кипения воды ($32^{\circ}F$ и $212^{\circ}F$ соответственно).

Градус температурной шкалы Реомюра ($^{\circ}R$) составляет 1/80 интервала между точками таяния льда и кипения воды. ($0^{\circ}R$ и $80^{\circ}R$ соответственно).

Градус температурной шкалы Цельсия ($^{\circ}C$) представляет собой 1/100 интервала между точками таяния льда и кипения воды ($0^{\circ}C$ и $100^{\circ}C$).

Градус температурной шкалы Кельвина (K) соответствует величине градуса шкалы Цельсия. Температура 0 K равна температуре $273^{\circ}C$. По шкале Кельвина все температуры положительные.

Для перехода от значений температуры по одной шкале к значениям по другой, есть следующие формулы:

$$t^{\circ}F = \frac{9}{5}(t^{\circ}C + 32); \quad (12)$$

$$t^{\circ}R = \frac{4}{5}t^{\circ}C; \quad (13)$$

$$t^{\circ}C = K - 273. \quad (14)$$

Влажность воздуха. Под влажностью воздуха подразумевается содержание водяного пара в воздухе.

Абсолютная влажность g , или плотность водяного пара, – количество водяного пара в граммах, которое удерживается в одном кубическом метре воздуха при данной температуре.

Упругость водяного пара e , или парциальное давление водяного пара воздуха – показывает, какое давление оказывает водяной пар относительно своей массы. Она выражается в гПа или мм рт. ст.

Между абсолютной влажностью и упругостью водяного пара воздуха существует следующее соотношение:

$$g = 217 \frac{e}{T} \quad \text{или} \quad g = \frac{0.8te}{1+\alpha t} \quad (15)$$

где T и t – температура водяного пара (воздуха) в °К и °С соответственно; α – температурный коэффициент объемного расширения газа (1/273, или 0,004).

Относительная влажность f – отношение упругости водяного пара e к упругости насыщения E при данной температуре, выраженное в процентах:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100\%. \quad (16)$$

Удельная влажность (массовая доля водяного пара) s – отношение массы водяного пара к общей массе влажного воздуха в том же объеме. Если этот объем равен 1 м³, можно определить удельную влажность s как отношение плотности водяного пара к общей плотности влажного воздуха:

$$s = g/\rho = \frac{622e}{p - 0,378e}, \quad (17)$$

где p – давление атмосферы.

Дефицит упругости d водяного пара (влажности), или недостаток насыщения, – разность между максимально возможной упругостью водяного пара E (табл. 16, 17) при данной температуре и существующей упругостью водяного пара e :

$$d = E - e \quad (18)$$

Соотношения смеси r – отношение массы водяного пара, который удерживается в объеме влажного воздуха, к массе сухого воздуха в том же объеме:

$$r = \frac{622e}{p - e}. \quad (19)$$

Точка росы t_d – температура, при которой водяной пар, который находится в воздухе, достигает состояния насыщения.

Максимальная упругость водяного пара при $t^{\circ} > 0^{\circ}\text{C}$, гПа

$t^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	6,11	6,15	6,20	6,24	6,29	6,33	6,38	6,42	6,47	6,52
1	6,56	6,51	6,66	6,71	6,76	6,80	6,86	6,90	6,95	7,00
2	7,05	7,10	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,42	7,47	7,52
3	7,58	7,53	7,68	7,74	7,79	7,85	7,90	7,96	8,02	8,07
4	8,13	8,19	8,24	8,30	8,36	8,42	8,48	8,54	8,60	8,66
5	8,72	8,78	8,84	8,91	8,97	9,03	9,09	9,16	9,22	9,28
6	9,35	9,41	9,48	9,54	9,61	9,68	9,74	9,81	9,88	9,95
7	10,02	10,08	10,15	10,22	10,29	10,36	10,44	10,51	10,58	10,65
8	10,72	10,80	10,87	10,95	11,02	11,10	11,17	11,25	11,32	11,40
9	11,48	11,56	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,11	12,20
10	12,28	12,36	12,44	12,53	12,61	12,70	12,78	12,87	12,95	13,04
11	13,13	13,21	13,30	13,39	13,48	13,57	13,66	13,75	13,84	13,93
12	14,03	14,12	14,21	14,31	14,40	14,50	14,59	14,69	14,78	14,88
13	14,98	15,08	15,18	15,28	15,38	15,48	15,58	15,68	15,78	15,88
14	15,99	16,09	16,20	16,30	16,41	16,51	16,62	16,73	16,84	16,95
15	17,06	17,17	17,28	17,39	17,50	17,61	17,73	17,84	17,96	18,07
16	18,19	18,30	18,42	18,54	18,66	18,78	18,90	19,02	19,14	19,26
17	19,38	19,51	19,63	19,76	19,88	20,01	20,13	20,26	20,39	20,52
18	20,65	20,78	20,91	21,04	21,17	21,30	21,44	21,58	21,71	21,85
19	21,98	22,12	22,26	22,40	22,54	22,68	22,82	22,96	23,10	23,25
20	23,39	23,54	23,68	23,83	23,98	24,13	24,28	24,43	24,58	24,75
21	24,88	25,04	25,19	25,35	25,50	25,66	25,82	25,98	26,13	26,29
22	26,46	26,62	26,78	26,94	27,11	27,27	27,44	27,61	27,77	27,94
23	28,11	28,28	28,46	28,63	28,80	28,98	29,13	29,33	29,50	29,68
24	29,86	30,04	30,22	30,40	30,59	30,77	30,96	31,14	31,33	31,51
25	31,70	31,89	32,08	32,27	32,47	32,66	32,86	33,05	33,25	33,44
26	33,64	33,84	34,04	34,24	34,45	34,65	34,86	35,06	35,27	35,48
27	35,68	35,90	36,11	36,32	36,53	36,75	36,96	37,18	37,40	37,62
28	37,84	38,06	38,28	38,50	38,73	38,95	39,18	39,41	39,64	39,87
29	40,10	40,33	40,56	40,80	41,03	41,27	41,51	41,75	41,99	42,23
30	42,48	42,72	42,97	43,21	43,46	43,71	43,96	44,21	44,46	4,72

Максимальная упругость водяного пара (гПа) при $t^{\circ} < 0^{\circ}$, гПа

$t^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-25	0,64	0,63	0,63	0,62	0,62	0,61	0,60	0,60	0,59	0,59
-24	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,65
-23	0,78	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72	0,71
-22	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79
-21	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87
-20	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
-19	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06
-18	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
-17	1,39	1,38	1,36	1,35	1,34	1,33	1,31	1,30	1,29	1,28
-16	1,52	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46	1,44	1,43	1,41	1,40
-15	1,67	1,66	1,64	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	1,55	1,54
-14	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70	1,69
-13	2,00	1,99	1,97	1,95	1,93	1,92	1,90	1,88	1,86	1,85
-12	2,19	2,17	2,15	2,14	2,13	2,10	2,08	2,06	2,04	2,02
-11	2,40	2,38	2,36	2,34	2,32	2,29	2,27	2,25	2,23	2,21
-10	2,62	2,60	2,57	2,55	2,53	2,51	2,49	2,46	2,44	2,42
-9	2,86	2,84	2,81	2,79	2,76	2,74	2,71	2,69	2,67	2,64
-8	3,12	3,09	3,07	3,04	3,02	2,99	2,96	2,94	2,91	2,88
-7	3,40	3,37	3,34	3,32	3,29	3,26	3,23	3,20	3,18	3,15
-6	3,70	3,67	3,64	3,61	3,58	3,58	3,55	3,52	3,49	3,46
-5	4,03	4,00	3,97	3,93	3,90	3,87	3,84	3,80	3,77	3,74
-4	4,39	4,55	4,31	4,28	4,25	4,21	4,17	4,14	4,10	4,07
-3	4,77	4,75	4,69	4,65	4,62	4,58	4,54	4,50	4,46	4,43
-2	5,18	5,14	5,10	5,06	5,02	4,98	4,93	4,89	4,85	4,81
-1	5,63	5,58	5,54	5,49	5,45	5,40	5,36	5,32	5,27	5,23
0	6,11	6,06	6,01	5,96	5,91	5,86	5,82	5,77	5,72	5,67

Осадки. Осадки – вода в жидком или твёрдом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на поверхности земли и на предметах. Осадкомер – установка для сбора и измерения количества выпавших осадков. Зимой в осадкомере скапливается снег, и измерение производят после того, как снег растает. Количество осадков выражают в миллиметрах слоя воды, который образовался бы от выпадения осадков, если бы они не испарялись, не просачивались в почву и не стекали бы. Для измерения количества осадков используется измерительный стакан, имеющий 100 делений. Цена одного деления – 2 см^3 , что при площади сечения ведра 200 см^2 соответствует 0,1 мм осадков.

Наблюдения за снежным покровом включают в себя измерение его высоты и плотности, определение запасов воды, которая удерживается в снегу, слоя воды на почве, состояния поверхности почвы, степени покрытия поверхности почвы снегами и характера залегания снегового покрова.

Плотность снега рассчитывается путем деления массы взятой пробы снега на его объем. Масса пробы равна $5n$, где n – количество делений, отсчитанных по шкале весов, а объем составляет $50h$ см³, где h – высота снежного покрова при взятии пробы. Отсюда плотность снега ρ равна:

$$\rho = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h}. \quad (20)$$

Запас воды в снежном покрове определяется на основании данных о плотности снега и его высоте. Вес воды взятой пробы снега равная $5n$. Если объем разделить на площадь сечения снегосборника и умножить на 10, то можно получить высоту слоя снега воды в миллиметрах:

$$Q = \frac{5n \cdot 10}{50} = n. \quad (21)$$

Таким образом, количество делений, отсчитанных на весах снегомера, соответствует запасу воды в снеговом покрове.

Запас воды в снегу также можно рассчитать по следующей формуле:

$$Q = 10\rho h, \quad (22)$$

где ρ – плотность снега; h – высота снежного покрова; 10 – коэффициент для перевода высоты слоя воды в миллиметрах.

Задание для самостоятельной работы: решите приведенные ниже задачи

1. Температура воздуха по Цельсию равна 14° . Определить температуру по Фаренгейту и Кельвину. Температура воздуха по Фаренгейту равна 13° . Определить температуру по Цельсию и Кельвину.

2. Определить плотность снега, когда во время проведения съемки его высота оказалась равной 52 см, а показания веса снегомера - 14 делений.

3. Определить запас воды в снежном покрове, когда высота его 50 см, а плотность составляет $0,25 \text{ г/см}^3$.

4. Температура воздуха $17,6^{\circ}\text{C}$, упругость водяного пара 12,4 гПа. Определить относительную влажность и дефицит влажности.

5. Температура воздуха $13,5^{\circ}\text{C}$, дефицит влажности 5,8 гПа. Определить упругость насыщения и упругость пара.

6. Найти температуру воздуха, когда упругость пара составляет 3,6 гПа, а дефицит влажности 2 гПа.

7. Температура воздуха $27,5^{\circ}\text{C}$, точка росы $10,4^{\circ}\text{C}$. Определить упругость насыщения, упругость пара, дефицит влажности и относительную влажность.

8. Абсолютная влажность воздуха равна $18,6 \text{ г/м}^3$. Определить упругость водяного пара при температуре воздуха $+25,5^{\circ}\text{C}$.

9. Определить точку росы, если относительная влажность составляет 70 %, а температура $+5,6^{\circ}\text{C}$.

10. Определить количество водяного пара, содержащегося в 1 м^3 воздуха, если дефицит влажности равен 0,5 мм, а температура $-2,5^{\circ}\text{C}$.

11. В 1 кг воздуха содержится 5 г водяного пара при температуре 20°C и атмосферном давлении 1008 гПа. Определить относительную влажность воздуха и дефицит влажности.

12. Во время дождя выпало 9,6 мм осадков. Какая масса воды выпала на площадь 1 м^2 , 1 га, 1 км^2 ? Определить количество осадков, когда число делений по измерительному сосуду осадкомера равно 18, 64, 99.

13. От свежеснегавшего, рыхлого снега может образоваться слой воды 18 мм, а весной при оттепелях снег может дать слой воды в 220 мм. Какова плотность снега в первом и во втором случае при средней высоте снежного покрова 50 см?

14. Какой слой воды образуется при таянии снега, если объем взятой пробы снега составляет 2800 см^3 , объем воды, образовавшейся при таянии этого снега, равен 900 см^3 , а средняя высота снежного покрова 60 см?

15. Высота пробы снега, взятой с помощью весового снегомера, равна 43 см, число делений по линейке весов – 64. Определить запас воды в снеге в литрах на 1 га.

16. Определить упругость водяных паров, дефицит влажности и точку росы, если известно, что температура воздуха $14 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность 46 %.

17. Определить упругость водяного пара, относительную влажность и дефицит влажности, если известно, что температура воздуха $+17 \text{ }^\circ\text{C}$, а точка росы $+2 \text{ }^\circ\text{C}$.

18. После заката солнца относительная влажность составляет f , а температура t (табл.18). До какой температуры должна охлаждаться подстилающая поверхность, чтобы на ней образовались продукты конденсации? Что при этом появится роса ли иней?

Таблица 18

Исходные данные для решения задачи №18

№ варианта	$f, \%$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$
1	90	18,5
2	95	18,6
3	85	18,4
4	80	18,2
5	75	18,0
6	70	17,8
7	65	17,6
8	60	17,4
9	55	17,2
100	50	17,0

ТЕМА 6. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И СРЕДНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА ПЕРИОДОВ СО СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА НИЖЕ ИЛИ ВЫШЕ ЗАДАННЫХ ПРЕДЕЛОВ

Задание. Определите продолжительность и средняя температура воздуха периодов со средней суточной температурой воздуха ниже или выше заданных пределов.

По данным средней месячной температуры наружного воздуха для изучаемого пункта, строят график годового хода температуры воздуха. График строится методом гистограмм: средняя месячная температура воздуха изображается в виде прямоугольника, у которого основание равно числу дней месяца, а высота - средней температуре воздуха за данный месяц. Кривая годового хода проводится так, чтобы отрезок, который она отсекает с одного конца прямоугольника, был равен по площади отрезку, который она прибавляет к нему с другой стороны.

С графика снимают даты устойчивого перехода заданных пределов средней суточной температуры воздуха и по разнице между датами определяют продолжительность периода в сутках, в течение которого средняя суточная температура воздуха устойчиво остается ниже или выше заданных пределов.

Вычисляют сумму температур воздуха за полные месяцы периода со средней суточной температурой воздуха ниже или выше заданных пределов сложением произведений средней месячной температуры воздуха соответствующего месяца на число дней в этом месяце.

Затем определяют среднюю температуру воздуха неполных месяцев по кривой годового хода температуры воздуха на отрезках от даты начала периода до конца месяца и от начала месяца до даты конца периода и рассчитывают сумму температур за неполные месяцы.

Среднюю температуру воздуха периода со средней температурой воздуха ниже или выше заданных пределов определяют делением общей суммы температур воздуха периода на его продолжительность.

Задание для самостоятельной работы: Определите продолжительность и среднюю температуру воздуха периода со средней суточной температурой воздуха выше $+8^{\circ}\text{C}$, для пунктов указанных в таблице 19.

Таблица 19

Средняя месячная температура наружного воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Архангельск	-14.6	-12.3	-6.1	+0.1	+6.9	+12.8	+16.0	+13.5	+8.2	+1.7	-4.7	-10.4
Астрахань	-5.2	-4.5	+1.9	+11.5	+18.4	+22.9	+25.3	+23.6	+17.9	+9.9	+3.7	-1.5
Белгород	-8.0	-6.5	-1.5	+7.9	+15.1	+18.1	+19.7	+18.8	+13.5	+7.1	+0.1	-4.4
Владивосток	-12.6	-9.8	-2.0	+5.2	+10.6	+13.8	+18.2	+20.2	+15.8	+8.8	-0.7	-9.0
Волгоград	-7.6	-7.5	-1.0	+10.3	+17.4	+21.5	+23.9	+22.5	+16.6	+8.1	+1.4	-4.5
Екатеринбург	-14.6	-12.0	-3.9	+4.9	+11.2	+16.5	+18.9	+15.9	+10.1	+1.9	-5.5	-11.4
Ижевск	-14.5	-12.4	-5.6	+3.8	+12.1	+16.7	+19.1	+16.3	+10.5	+2.3	-5.0	-11.0
Иркутск	-18.3	-16.0	-7.0	+2.1	+9.9	+15.5	+18.1	+15.8	+9.6	+1.7	-8.2	-15.6
Калуга	-10.1	-9.0	-3.5	+5.7	+12.7	+15.8	+17.5	+16.3	+10.9	+5.4	-1.9	-6.6
Киров	-14.2	-11.6	-4.9	+3.7	+11.4	+16.1	+18.6	+15.9	+9.8	+2.0	-4.8	-10.5

Пример решения задания.

Исходные данные: данные по средней месячной температуре наружного воздуха для пункта Казань (табл. 20).

Таблица 20

Средняя месячная температура наружного воздуха для п. Казань

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Казань	-12.9	-11.5	-5.0	+4.9	+13.5	+17.5	+19.8	+17.7	+11.7	+3.8	-3.4	-9.4

Требуется: определить продолжительность и среднюю температуру воздуха периода со средней суточной температурой воздуха выше $+8^{\circ}\text{C}$.

Порядок выполнения: по данным таблицы строим график годового хода температуры воздуха (рис. 7). По оси x откладываем продолжительность месяца в сутках, по оси y – среднемесячные температуры воздуха в градусах по Цельсию.

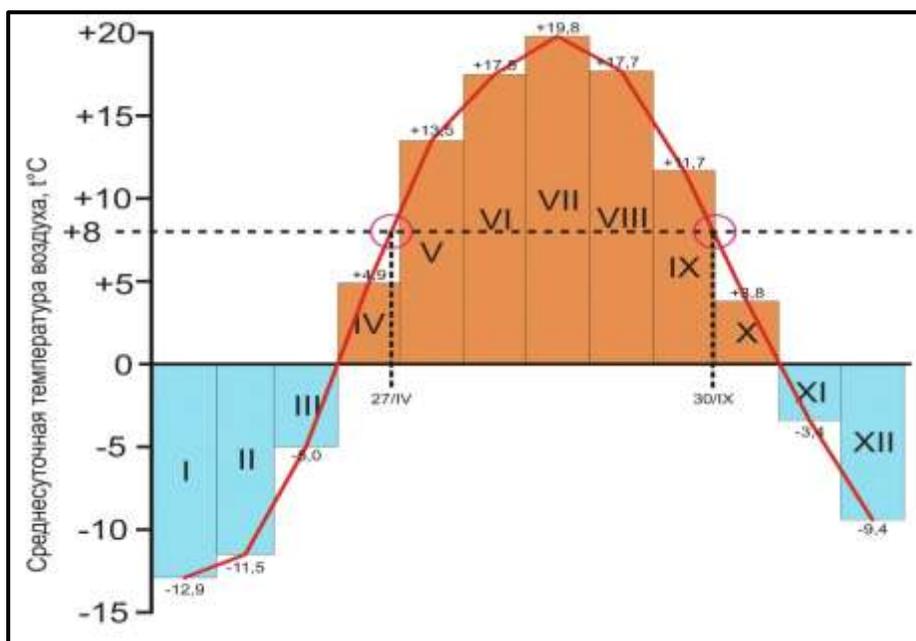


Рис.7. График расчета продолжительности и средней температуры воздуха периодов со средней суточной температурой воздуха ниже и выше заданных пределов

На графике обозначены точки пересечения графика с линией проведенной через значение оси у равное +8°C. Опуская перпендикуляр на ось x получаем даты начала и конца периода со средней суточной температурой воздуха, равной и ниже +8°C (30.IX и 27.IV) - отопительный период.

Определяем продолжительность данного периода: 1 сутки (сентябрь) + 31 (октябрь) + 30 (ноябрь) + 31 (декабрь) + 31 (январь) + 28 (февраль) + 31 (март) + 27 (апрель) = 210 суток.

Рассчитываем сумму температур, °C, за полные месяцы. Она равна соответственно: $(+3,8^{\circ} \cdot 31) + (-3,4^{\circ} \cdot 30) + (-9,4^{\circ} \cdot 31) + (-12,9^{\circ} \cdot 31) + (-11,5^{\circ} \cdot 28) + (-5,0^{\circ} \cdot 31) = -1152,5^{\circ}$; Сумма температур, °C, за неполные месяцы равна соответственно: $(+11,7^{\circ} \cdot 1) + (+4,9^{\circ} \cdot 27) = 144^{\circ}$;

Определим среднюю температуру, °C, периода со средней суточной температурой воздуха ниже + 8°C:

$$\frac{-1152,5^{\circ}\text{C} + 144^{\circ}\text{C}}{210 \text{ сут.}} = -4,8^{\circ}\text{C.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Градостроительная климатология: учебное пособие / В. Н. Куприянов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Казан. гос. архитектур.-строит. ун-т. Казань: [Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета], 2012. 146 с. http://z3950.ksu.ru/bcover/0000809809_con.pdf.
2. Ежегодный доклад «Об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2014 г.» <http://climatechange.igce.ru>.
3. Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья: учебное пособие по региональной климатологии / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов, Ю.Г. Хабутдинов [и др.]; науч. ред. Э.П. Наумов. Казань: Центр инновационных технологий, 2011. 296 с. http://kpfu.ru/docs/F364550885/2011_klimat.pdf.
4. Интерактивная карта прогноза климата на сайте Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова «Изменения климата в 21 веке» www.voeikovmgo.ru.
5. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Г.И. Пиловец. М.: НИЦ Инфра-М; 2013. 399 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=391608>.
6. Оценочный доклад «Об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации (по состоянию на 2008 год)» <http://climate2008.igce.ru>.
7. Второй оценочный доклад «Об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации (по состоянию на 2014 год)» <http://voeikovmgo.ru/download/2014/od/od2.pdf>.
8. www.meteorf.ru официальный сайт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
9. www.global-climate-change.ru портал «Изменение климата».

Учебно-методическое пособие

Шигапов Иршат Сайдашович

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСУ
ГИДРОЛОГИЯ, МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ
Часть 1. Метеорология и климатология**