

**МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ)**

КАФЕДРА "АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА"

**ДИСЦИПЛИНА
"АРХИТЕКТУРНАЯ
ФИЗИКА"**

**Раздел
"АРХИТЕКТУРНАЯ
КЛИМАТОЛОГИЯ"**

**УЧЕБНО-
МЕТОДИЧЕСКОЕ
ПОСОБИЕ
к курсовой
РАСЧЕТНО-
ГРАФИЧЕСКОЙ
РАБОТЕ**

**КЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В
АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

МЯГКОВ М. С.

МОСКВА • МАРХИ • 2016



УДК 721.001
ББК 38.113

Климатический анализ в архитектурном проектировании. Учебно-методическое пособие – М.: МАРХИ, 2016. – 118 с.

Учебное издание «Климатический анализ в архитектурном проектировании» является учебно-методическим пособием для выполнения курсовой расчетно-графической работы по разделу «Архитектурная климатология» учебной дисциплины «Архитектурная физика» по программе подготовки «бакалавриат». В пособии собраны и обобщены основные методические рекомендации по проведению архитектурно-климатического анализа в целях архитектурного и градостроительного проектирования. Оно дает основные представления об источниках исходной климатической информации, способах ее обработки и анализа. На основе этого анализа студентами могут быть сделаны выводы и разработаны архитектурно-планировочные рекомендации по защите от неблагоприятных видов природно-климатического воздействия на архитектурную среду.

Пособие «Климатический анализ в архитектурном проектировании» разработано профессором кафедры «Архитектурная физика» МАРХИ, к.т.н. Мягковым М.С. под общей редакцией зав. кафедрой доктора арх., проф. Щепеткова Н.И.

© МАРХИ, 2016
© Мягков М.С., 2016

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. Анализ годового хода основных климатических параметров.....	4
1.1. Сбор исходных данных	4
1.2. Годовой ход температуры воздуха.....	8
ЗАДАНИЕ 1. Сбор исходных данных и анализ годового хода температуры воздуха.....	12
1.3. Годовой ход влажности воздуха и осадков	16
ЗАДАНИЕ 2. Анализ годового хода влажности воздуха и осадков....	26
1.4. Годовой ход скорости ветра.....	27
1.5. Характеристика благоприятности сторон горизонта по «розе ветров»	31
ЗАДАНИЕ 3. анализ годового хода скорости ветра и благоприятности сторон горизонта по розе ветров.....	35
РАЗДЕЛ 2. Комплексные архитектурно-климатические показатели.....	38
2.1. Температурно-влажностный режим.....	38
2.2. Температурно-ветровой режим	42
2.3. Определение режима эксплуатации зданий по методу погодных комплексов	45
ЗАДАНИЕ 4. анализ температурно-влажностного и температурно-ветрового режима. Выбор режима эксплуатации здания	54
РАЗДЕЛ 3: Солнечная радиация	58
3.1. Радиационно-тепловой режим горизонтальной поверхности.....	58
3.2. Оценка сторон горизонта по солнечной радиации.....	61
ЗАДАНИЕ 5. Оценка радиационно-теплого режима	65
РАЗДЕЛ 4. Комплексная оценка сторон горизонта	67
4.1. Оценка сторон горизонта по ветровому режиму	67
4.2. Оценка сторон горизонта по условиям инсоляции.....	69
4.3. Суммарная оценка благоприятности сторон горизонта	72
ЗАДАНИЕ 6. Выбор оптимальной ориентации здания, его объемно-планировочного решения и эскиз фасада	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
Рекомендуемая литература.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ: Климатические характеристики городов	83

РАЗДЕЛ 1. Анализ годового хода основных климатических параметров

1.1. Сбор исходных данных

В качестве источников исходных данных в курсовой расчетно-графической работе по архитектурной климатологии используются следующие источники климатических данных:

- СП 131.13330.2012 Строительная климатология (Актуализированная версия СНиП 23-01-99*);
- пособие к СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»;
- СНиП 2.01.01-82 «строительная климатология и геофизика»;
- Научно-прикладной справочник по климату СССР.

Используя перечисленные выше источники первичной информации производится сбор необходимых для архитектурно-климатического анализа данных. Собранные климатические данные для удобства сводятся в таблицу «Общие климатические характеристики места строительства» (таблица 1.1).

Средняя месячная и годовая температура воздуха приведены в таблице 5.1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Средние значения температуры представляют собой сумму среднемесячных значений членов ряда (лет) наблюдений, деленную на их общее число.

Для характеристики суточной изменчивости температуры воздуха (характеризует те пределы, в которых заключены значения этого климатического параметра) необходимо определить ее средние минимальные и максимальные значения. Поэтому в таблицу с исходными данными выписываются значения средней суточной амплитуды температуры наружного воздуха. Эти характеристики приведены в таблице 11.1 СП «Строительная климатология».

Для архитектурно-климатического анализа необходимо знать режим влажности атмосферы района строительства. Поэтому в таблицу с исходными данными заносятся сведения о среднем месячном парциальном давлении водяного пара из таблицы 7.1. СП «Строительная климатология».

Скорость ветра по месяцам, повторяемость направления ветра (%) и штилей, а также расчетные скорости ветра по направле-

ниям принимаются по соответствующим таблицам «Научно-прикладного справочника по климату СССР» и СНиП 2.01.01-82 «строительная климатология и геофизика», поскольку в действующей редакции СП «Строительная климатология» эти данные отсутствуют.

Для архитектурно-климатического анализа требуются сведения о солнечной радиации. Значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе принимается по таблице 8.1 СП «Строительная климатология». Значение солнечной радиации при реальных условиях облачности принимаются по табл. 2.27 пособия к СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», поскольку в действующей редакции СП «Строительная климатология» эти данные отсутствуют.

Перечисленные выше данные, после их первичной обработки, позволят проанализировать годовой ход основных климатических параметров, определить их характерные, максимальные и минимальные значения и распределение по сезонам года (внутригодовую динамику).

Для выбора оптимальной ориентации здания по сторонам горизонта, его типологического и объемно-планировочного решения, организации придомовой территории также требуются сведения о распределении характеристик ветра и солнечной радиации по различным направлениям – румбам – за наиболее холодный и наиболее теплый месяцы года (как правило – январь и июль соответственно).

Сведения о распределении характеристик ветра – его средней скорости и повторяемости по направлениям и значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) на вертикальные поверхности различной ориентации при безоблачном небе оформляются в виде таблицы 1.2.

Таблица 1.1. Общие климатические характеристики места строительства (пример)

Город: Москва, 55.7°с.ш., 37.6° в.д.

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	го д
Средняя суточная температура воздуха, °С	-7.8	-7.1	-1.3	6.4	13.0	16.9	18.7	16.8	11.1	5.2	-1.1	-5.6	5.4
Суточная амплитуда температуры воздуха, °С:													
средняя	6.2	6.9	7.4	8.5	10.4	10.7	10.4	10.0	8.6	5.7	4.6	5.1	
максимальная	22	21.2	19.2	18.9	21.5	18.7	18.5	21.9	24.4	20.6	12.9	24.4	
Средняя суточная влажность воздуха, гПа	2.8	2.9	3.9	6.2	9.1	12.4	14.7	14.0	10.4	7.0	5.0	3.6	7.7
Скорость ветра, м/с	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	1.1	1.4	1.6	1.6	1.4
Осадки, мм	42	36	34	44	51	75	94	77	65	59	58	55	682
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² : при безоблачном небе реальных условиях облачности)	32.1 16.4	62.0 34.9	131.3 80.4	181.5 111.6	233.2 160.0	243.1 164.9	243.2 165.2	193.5 129.5	136.1 83.5	75.6 41.7	36.4 18.7	23.9 11.9	

Таблица 1.2. Характеристики ветра и солнечной радиации при безоблачном небе по направлениям в Москве (пример)

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель) и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	$\frac{9}{4,0}$	$\frac{5}{3,1}$	$\frac{6}{3,5}$	$\frac{13}{4,5}$	$\frac{13}{4,9}$	$\frac{22}{4,1}$	$\frac{20}{4,1}$	$\frac{12}{4,4}$	13%
июль	$\frac{16}{3,8}$	$\frac{12}{2,9}$	$\frac{7}{3,0}$	$\frac{11}{3,4}$	$\frac{9}{3,4}$	$\frac{14}{3,3}$	$\frac{13}{3,4}$	$\frac{18}{3,9}$	33%
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность при безоблачном небе, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	29.8	88.2	119.5	88.2	29.8	–	
июль	60	104	150	150	138	150	150	104	

1.2. Годовой ход температуры воздуха

Чтобы дать характеристику годового хода температуры воздуха необходимо сначала по первичным исходным данным рассчитать среднюю минимальную (ночную) и максимальную (дневную) температуры для каждого месяца, используя данные по средней суточной температуре воздуха и суточной амплитуде температуры воздуха. С точки зрения архитектурно-климатического анализа также важно определить средние максимальные и минимальные температуры воздуха по месяцам. Для этого заполняется таблица 1.3. В эту же таблицу на следующем этапе анализа будут занесены показатели годового хода влажности воздуха, зависящей от его температуры.

Средняя суточная температура воздуха ($t_{\text{ср.сут.}}$) принимается по таблице 5.1 СП «Строительная климатология». Зная среднюю и максимальную суточные амплитуды температуры воздуха (табл. 11.1 СП «Строительная климатология»), можно найти температуру днем ($t_{\text{день}}$) в период максимального прогрева приземного слоя воздуха и среднюю максимальную за месяц температуру воздуха (t_{max}). Для этого следует разделить пополам соответствующие амплитуды (среднюю за сутки и за месяц), а полученные значения прибавить к значению средней температуры за сутки и за месяц.

Аналогичным образом можно найти среднюю минимальную температуру в суточном ходе – температуру ночью в часы максимального выхолаживания подстилающей поверхности и соприкасающегося с ней приземного слоя воздуха ($t_{\text{ночь}}$) и среднюю минимальную за месяц температуру воздуха (t_{min}). Для этого половины значений соответствующих амплитуд вычитаем из значений средней температуры за сутки и месяц соответственно.

Таблица 1.3. Средние месячные значения температуры и влажности воздуха в Москве

Месяц	Климатические характеристики								
	$t_{\text{ср.сут.}}^{\circ\text{C}}$	$t_{\text{день}}^{\circ\text{C}}$	$t_{\text{ночь}}^{\circ\text{C}}$	$t_{\text{max}}^{\circ\text{C}}$	$t_{\text{min}}^{\circ\text{C}}$	Средняя влажность воздуха, гПа	Средняя влажность воздуха, %	Влажность воздуха, день, %	Влажность воздуха, ночь, %
Янв.	-7.8	-4.7*	-10.9	3.2	-18.8	2.8	89	68	100**
Февр.	-7.1	-3.6	-10.6	3.5	-17.7	2.9	86	64	100
Март	-1.3	2.4	-5.0	8.3	-10.9	3.9	73	54	100
Апр.	6.4	10.6	2.2	15.8	-3.0	6.2	64	49	87
Май	13.0	18.2	7.8	23.8	2.2	9.1	61	44	86
Июнь	16.9	22.2	11.6	26.2	7.6	12.4	64	46	91
Июль	18.7	23.9	13.5	28.0	9.4	14.7	68	50	95
Авг.	16.8	21.8	11.8	27.8	5.8	14.0	73	54	100
Сент.	11.1	15.4	6.8	23.3	-1.1	10.4	79	59	100
Окт.	5.2	8.0	2.4	15.5	-5.1	7.0	79	65	96
Ноя.	-1.1	1.2	-3.4	5.4	-7.6	5.0	90	75	100
Дек.	-5.6	-3.0	-8.2	6.6	-17.8	3.6	94	76	100
Год	5.4	9.4	1.5	15.6	-4.7	7.7	77	59	96

Примечание: * – курсивом выделены значения климатических характеристик, определяемые самостоятельно; ** – при относительной влажности ночью 100% избыток водяного пара осаждается в виде инея или росы.

Графическое изображение годового хода климатических элементов позволяет наглядно проследить изменения климата по месяцам. На рисунке 1.1 приведен пример бланка-сетки «Температура воздуха» для построения графика годового хода температуры воздуха. По горизонтальной оси отложены месяцы года, слева по вертикальной оси наносится масштаб температур, отмечаемых от нуля вверх и вниз (t , °C). На этот бланк точками наносятся значения температуры воздуха из таблицы 1.3 (значение температуры на графике присваивается середине месяца). Поскольку температура воздуха является скалярной величиной, точки соединяются плавными линиями. Всего на бланк наносится пять линий различных характеристик температуры воздуха

Далее выполняется анализ годового хода температуры воздуха на конкретной территории, который даёт архитектору представление о климатической обстановке и о тех требованиях, которые могут быть предъявлены в дальнейшем к проектам зданий и застройке с позиций возможного неблагоприятного воздействия температуры воздуха на архитектурную среду. Для этого на бланк наносятся горизонтальными прямыми линиями изотермы, соответствующие наступлению тех или иных критических значений:

а) -15°C – температура, при которой возможно переохлаждение людей, находящихся территории городской застройки при скорости ветра 2 м/с и выше. Необходимо найти пересечение этой изотермы с линией графика $t_{\min}$;

б) 0°C – температура начала и окончания ночных заморозков. Необходимо найти пересечение этой изотермы с линией графика $t_{\text{ночь}}$;

в) $+8^{\circ}\text{C}$ – температура начала и окончания отопительного периода. Необходимо найти пересечение этой изотермы с линией графика $t_{\text{сп.сyt.}}$;

г) $+21^{\circ}\text{C}$ – температура, при которой возможен перегрев инсолируемых фасадов зданий и помещений, выходящих на эти фасады. Для людей, занимающихся активными видами спорта или другой физической работой со средней и высокой физической нагрузкой, критическое значение температуры воз-

духа, при которой возможен перегрев, составляет также около 21°C . Необходимо найти пересечение этой изотермы с линией графика $t_{\text{день}}$;

д) $+25^{\circ}\text{C}$ – температура, при которой возможен перегрев людей, находящихся на территории городской застройки под воздействием прямой солнечной радиации, либо вблизи инсолируемых фасадов зданий. Необходимо найти пересечение этой изотермы с линией графика $t_{\text{max.}}$

Области, образуемые пересечением линий хода температур и соответствующих изотерм, заштриховываются (выделяются цветом).

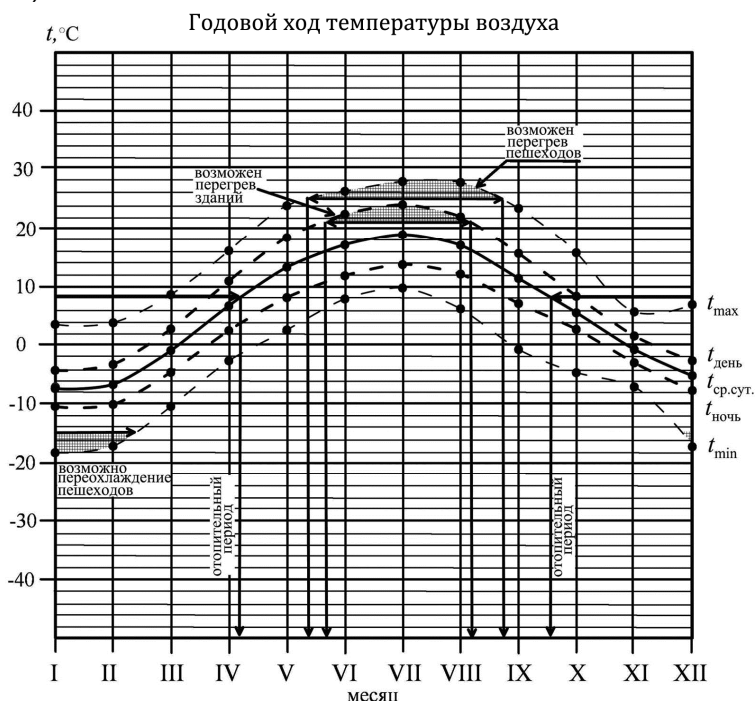


Рисунок 1.1. Пример заполнения бланка-сетки «Годовой ход температуры воздуха» для г. Москвы

Образец качественного анализа годового хода температуры воздуха для примера на рисунке 1.1 приведен в [2].

ЗАДАНИЕ 1: Сбор исходных данных и анализ годового хода температуры воздуха

1. Собрать необходимые исходные климатические данные и занести их в бланки 1 и 2.
2. Определить минимальные и максимальные суточные и месячные значения температуры воздуха и заполнить бланк 3.
3. Построить графики годового хода средней, минимальной и максимальной температур воздуха.
4. Выполнить качественный анализ годового хода температуры воздуха для заданного района.
5. Предложить архитектурно-планировочные мероприятия по защите от неблагоприятного воздействия высоких и низких температур воздуха на архитектурную среду.

Бланк 1

Общие климатические характеристики места строительства

Город (область, страна): _____, _____ °С.Ш., _____ ° В.Д.

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Средняя суточная температура воздуха, °С													
Суточная амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С													
Средняя суточная влажность воздуха, гПа													
Скорость ветра, м/с													
Осадки, мм													
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² при безоблачном небе при реальных условиях облачности)													

Бланк 2

Характеристики ветра и солнечной радиации при безоблачном небе по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель) и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь									
июль									
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность при безоблачном небе, кВт.ч/м ²									
январь									
июль									

Бланк 3

Характеристики температурного режима, годовой ход

Месяц	$t_{\text{ср.сут.}}$	$t_{\text{день}}$	$t_{\text{ночь}}$	t_{max}	t_{min}
Январь					
Февраль					
Март					
Апрель					
Май					
Июнь					
Июль					
Август					
Сентябрь					
Октябрь					
Ноябрь					
Декабрь					
Год					

Бланк 4



Анализ годового хода температуры воздуха района (города) показал следующие основные особенности:

Архитектурно-планировочные мероприятия по защите от неблагоприятного воздействия : _____

1.3. Годовой ход влажности воздуха и осадков

Влажность воздуха является одной из основных характеристик климата. Она влияет практически на все аспекты, связанные с градостроительным и архитектурным проектированием, физиологическим состоянием человека, растительным покровом и ландшафтом в целом. Поэтому необходимо очень тщательно анализировать годовой ход влажности воздуха при принятии всех архитектурно-строительных и объемно-планировочных решений.

Строительные материалы, особенно стеновые конструкции, при высоких значениях влажности отсыревают, теряя при этом свои теплофизические свойства – увеличивается их коэффициент теплопроводности и, соответственно, теплотери зданий при низкой температуре, или тепlopоступления во внутреннюю среду зданий при жаркой погоде. При низких значениях влажности биоклиматический дискомфорт проявляется по ощущению «сухости», связанному с пересыханием слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. Многие строительные материалы (керамика, кирпич, древесина и др.) при низкой влажности могут уменьшаться в размерах («усыхать»), что приводит к нарушению работы строительных конструкций, сделанных из этих материалов.

В СП «Строительная климатология» в качестве характеристики влажности воздуха приводится среднее месячное и годовое парциальное давление водяного пара (e , гПа) (табл. 7.1 СП «Строительная климатология»). Оно пропорционально плотности водяного пара и его абсолютной температуре и представляет собой ту «порцию» в атмосферном давлении, которая принадлежит водяному пару наряду с «порциями» давления других газов в атмосфере.

Значение парциального давления в абсолютных единицах мало о чем говорит неспециалисту в области климатологии. Наиболее понятной для большинства людей

характеристикой влажности воздуха является относительная влажность воздуха f , которая определяется как соотношение фактического давления водяного пара к значению давления водяного пара в состоянии насыщения E (максимальному давлению водяного пара, возможному при данной температуре). Таким образом, зная фактическое парциальное давление водяного пара, а также температуру воздуха и соответствующее ей значение E можно определить относительную влажность воздуха. по формуле:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

Поэтому сначала по таблице 1.4 необходимо определить значение E для средней суточной, дневной и ночной температур каждого месяца.

Для определения ночного и дневного значения относительной влажности можно использовать среднесуточное значение e , которое в течение суток остается практически неизменным. При этом, конечно, возникает небольшая погрешность, особенно для ночного времени, поскольку ночью часто температура воздуха опускается ниже температуры, соответствующей состоянию насыщения воздуха водяным паром, т.е. расчетное значение f может оказаться выше 100%. Это означает, что ночью воздух находится в перенасыщенном состоянии.

Избыток влаги в ночные часы выпадает на землю в виде росы или инея, образуется туман в приземном слое атмосферы. Как правило, это наблюдается в вечерние и предутренние часы. Относительная влажность в таких случаях принимается равной 100%. Утром, после восхода солнца, когда температура воздуха начинает повышаться, сконденсировавшаяся ночью влага испаряется, и давление водяного пара восстанавливается до своего среднесуточного значения.

Таблица 1.4. Давление насыщенных водяных паров (парциальное давление) над поверхностью воды или льда, гПа

Десятки градусов		Целые градусы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	-40	0.128									
	-30	0.380	0.342	0.308	0.277	0.249	0.224	0.200	0.180	0.161	0.144
	-20	1.033	0.938	0.851	0.772	0.699	0.633	0.573	0.517	0.467	0.422
	-10	2.599	2.377	2.173	1.985	1.812	1.653	1.507	1.372	1.249	1.136
	0 (-)	6.112	5.627	5.177	4.761	4.375	4.018	3.687	3.382	3.100	2.839
	0 (+)	6.112	6.571	7.060	7.580	8.135	8.725	9.352	10.020	10.728	11.481
	10	12.280	13.127	14.026	14.978	15.987	17.054	18.184	19.379	20.643	21.978
	20	23.388	24.877	26.448	28.104	29.851	31.692	33.631	35.673	37.822	40.083
	30	42.460	44.959	47.585	50.343	53.239	56.278	59.466	62.810	66.315	69.987
	40	73.835	77.863	82.080	86.492	91.107	95.932				

гПа = Гектопаскаль = 10^2 Па = 100 Па

Определив по табл. 1.4 насыщающее давление водяного пара по имеющимся исходным данным о парциальном давлении водяного пара по формуле (1.1) находим значение относительной влажности f , среднее за сутки, день и ночь. Полученные значения записываются в табличном виде (табл. 1.3) и по ним строится соответствующий график (рис. 1.2).

На этом же графике наносятся два диапазона значений относительной влажности воздуха, ограничивающие ее благоприятные и допустимые значения. С точки зрения биоклиматического комфорта и условий эксплуатации строительных материалов благоприятными считаются значения относительной влажности в пределах 40-60% (оптимум – 45%), допустимыми – 30-70%. При значениях выше этих пределов возникает физиологический дискомфорт, ощущаемый как «сырость» воздуха при низких температурах и как «духота» – при высоких температурах. При влажности ниже указанных значений даже при незначительном движении воздуха возникает ощущение сухости поверхности кожи, покраснение глаз, раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

После нанесения фактических значений относительной влажности воздуха по месяцам и линий, соответствующих значениям 30, 40, 60 и 70%, проводится анализ годового хода относительной влажности воздуха с биоклиматической и архитектурно-строительной точек зрения. Для этого выделяются (заштриховываются) области, где кривые фактических значений относительной влажности выходят за пределы диапазонов благоприятных и допустимых значений (лежат выше или ниже соответствующих значений относительной влажности).



Рисунок 1.2. Пример заполнения бланка-сетки «Годовой ход относительной влажности воздуха» для г. Москвы

Пример качественного анализа графиков на рисунке 1.2 и данных таблицы 1.3 приведен в [2].

Количество осадков определяется высотой слоя воды в мм, образовавшегося на горизонтальной поверхности от выпавшего дождя, мороси, обильной росы и тумана, растаявшего снега, наста, града и снежной крупы при отсутствии просачивания в грунт, поверхностного стока и испарения.

Процесс осадкообразования носит достаточно сложный характер. Суммарное количество осадков и их распределение по сезонам года зависит от особенностей атмосферной циркуляции, близости территории строительства к морскому побережью и крупным водоемам, высоты над уровнем моря и рельефа местности и других т.н. «географических факторов климата».

Воздействие осадков на различные стороны хозяйственной деятельности человека выражается не только в более или менее сильном увлажнении территории, но и в распределении осадков в течение года. Например, жестколиственные субтропические леса и кустарники

произрастают в районах, где годовое количество осадков в среднем составляет 600 мм, причём, это количество выпадает за три летних месяца. То же количество осадков, но распределённое равномерно в течение года, обуславливает существование зоны смешанных лесов умеренных широт. Многие гидрологические процессы также связаны с характером внутригодового распределения осадков.

С этой точки зрения показательной характеристикой служит отношение количества осадков в холодный период к количеству осадков в тёплый период. В европейской части России это соотношение составляет 0.45-0.55; в Западной Сибири: 0.25-0.45; в Восточной Сибири: 0.15-0.35. Минимальное значение отмечается в Забайкалье (0.1), где зимой наиболее сильно выражено влияние азиатского антициклона. На Сахалине и Курильских островах отношение составляет 0.30-0.60; максимальное же значение (0.7-1.0) отмечается на востоке Камчатки, а также в горных массивах Кавказа. Преобладание количества осадков в холодный период над осадками тёплого периода наблюдается в России только на Черноморском побережье Кавказа, например, в Сочи оно составляет 1.02.

В районах с сухим или дождливым (снежным) климатом атмосферные осадки являются таким же важным фактором формообразования в архитектуре, как солнечная радиация, ветровой и температурный режим. Особое внимание атмосферным осадкам уделяется при выборе конструкции стен, кровли и оснований зданий, подборе строительных и кровельных материалов.

Воздействие атмосферных осадков на здания заключается в увлажнении кровли и наружных ограждений, приводящих к изменению их механических и теплофизических свойств и влияющих на срок службы, а также в механической нагрузке на строительные конструкции, создаваемой накапливающимся на кровле и выступающих элементах зданий твердыми осадками. Это воздействие зависит от режима выпадения и условий отвода или

залегания атмосферных осадков. В зависимости от типа климата осадки могут выпадать равномерно в течение всего года, или в основном в один из его сезонов, причем это выпадение может иметь характер ливней или моросящих дождей, что также важно учитывать в архитектурном решении зданий.

Условия накопления на различных поверхностях важны в основном для твердых осадков и зависят от температуры воздуха и скорости ветра, перераспределяющего снежный покров. Самый высокий снежный покров в России наблюдается на восточном побережье Камчатки, где средняя из наибольших декадных высот достигает 100-120 см, а раз в 10 лет – 1.5 м. В отдельных районах южной части Камчатки средняя высота снежного покрова может превышать 2 м. Высота снежного покрова растет с увеличением высоты места над уровнем моря. Даже небольшие возвышенности влияют на высоту снежного покрова, но особенно велико влияние больших горных массивов.

Все сказанное выше говорит о том, что при архитектурном проектировании необходимо обращать внимание не только на годовую сумму осадков той или иной местности, но и внимательно познакомиться с особенностями годового хода выпадения осадков.

Обычно годовой ход осадков представляют в виде гистограммы, где каждому месяцу соответствует столбик, равный высотой слою осадков за этот месяц (рис. 1.3). Внимательно изучив эту гистограмму можно судить о важности осадков как фактора формообразования при архитектурном проектировании. Прежде всего, нужно определить наличие в годовом ходе его сезонной выраженности. А рисунке 1.3 годовой ход осадков выражен достаточно отчетливо – максимум осадков наблюдается в летние месяцы, минимум – зимой. Однако в целом можно сказать о достаточно равномерном ходе выпадения осадков в течение года.

Особое внимание необходимо уделять наличию ярко выраженных дождливых или засушливых периодов,

особенно если они наблюдаются в теплое время года. На «дождливость» указывает наличие в теплый сезон трех месяцев подряд, сумма осадков в течение которых превышает $\frac{1}{2}$ их годового количества, или хотя бы за один месяц выпадает более $\frac{1}{4}$ годовой суммы осадков. При этом годовое количество осадков должно составлять не менее 800 мм/год. «Засушливым» можно считать период года, когда в течение трех месяцев подряд осадков выпадает менее 10 мм/мес.

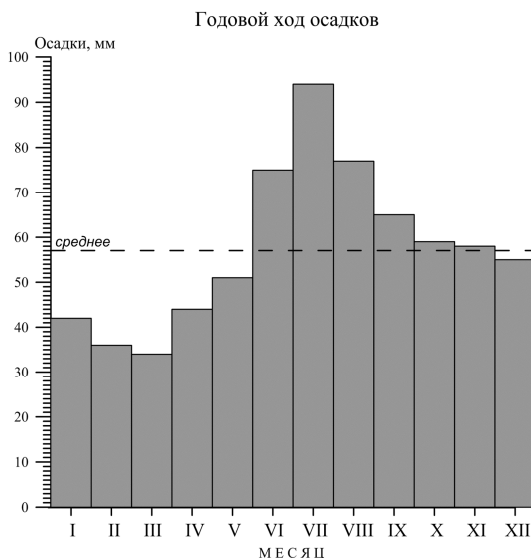


Рисунок 1.3. Пример построения гистограммы «Годовой ход осадков» для г. Москвы

В случае выявления в годовом ходе выраженного дождливого периода необходимо предусматривать соответствующие архитектурно-строительные мероприятия. Например – ориентировать здания торцами к направлению ветра, преобладающему в период выпадения дождей; не размещать на смачиваемых осадками фасадах открытых балконов и лоджий; фасады выполнять из гидрофобных материалов с усиленной гидро-

изоляция; увеличивать вынос карниза кровли, если осадки сбрасываются на рельеф и т.п. Архитектурные приемы защиты архитектурной среды от периода дождей можно «подсмотреть» в традиционной для рассматриваемой местности архитектуре.

Засушливым может быть как теплый, так и холодный период года. В летний засушливый сезон неблагоприятным фактором является низкая влажность воздуха, его запыленность и возможность возникновения пыльных бурь. В этих условиях необходимо проектами предусматривать соответствующие объемно-планировочные решения зданий, максимальное озеленение и обводнение территории жилой застройки, создание ветрозащитных полос со стороны пыленесущих ветров, и т.п. В зимнее время малое количество осадков при низких температурах говорит о большой глубине промерзания почвогрунтов, что требует соответствующих решений по фундаментам зданий, усиления теплоизоляции кровли, защите от повреждения морозами корневой системы зеленых насаждений и т.д. Более подробно вопрос об архитектурно-строительной роли осадков и способах защиты от их неблагоприятного воздействия раскрыт в [2].

ЗАДАНИЕ 2: Анализ годового хода влажности воздуха и осадков

1. Заполнить бланки 5, 6.
2. Выполнить качественный анализ годового хода относительной влажности воздуха для заданного района.
3. Предложить архитектурно-строительные мероприятия по защите от неблагоприятного воздействия повышенной и пониженной влажности.
4. Заполнить бланк 7.
5. Выполнить качественный анализ годового хода осадков для заданного района.

Бланк 5

Показатели влажности воздуха, годовой ход

Месяц	Средняя влажность воздуха, гПа ($p_{ср.сут.}$)	Средняя влажность воздуха, % ($f_{ср.сут.}$)	Влажность воздуха, день, % ($f_{день}$)	Влажность воздуха, ночь, % ($f_{ночь}$)
Январь				
Февраль				
Март				
Апрель				
Май				
Июнь				
Июль				
Август				
Сентябрь				
Октябрь				
Ноябрь				
Декабрь				
Год				

Примечание: при относительной влажности ночью 100% избыток водяного пара осаждается в виде инея или росы

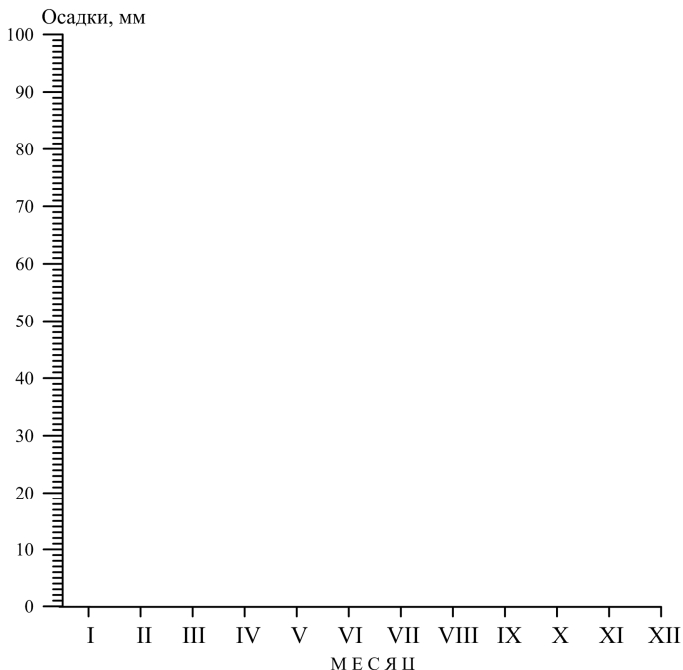
Бланк 6



Анализ годового хода относительной влажности воздуха района (города) показал следующие основные особенности: _____

Архитектурно-строительные мероприятия по защите от неблагоприятного воздействия повышенной и пониженной влажности: _____

Годовой ход осадков



Анализ годового хода осадков в районе (городе) показал следующие основные особенности: _____

Выводы относительно необходимости учета внутригодовой неравномерности распределения осадков: _____

1.4. Годовой ход скорости ветра

Скорость ветра с точки зрения влияния на архитектурную среду следует рассматривать с двух позиций. С одной стороны, слишком сильный ветер оказывает механическое воздействие на здания, сооружения, находящиеся на территории застройки людей и зеленые насаждения. В совокупности с низкой температурой воздуха ветер вызывает сильное ветроохлаждение людей и зданий. С другой стороны, при жаркой погоде и малых скоростях ветра усиливается ощущение жары и духоты, ухудшаются условия естественного проветривания внутренней среды зданий и рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Поэтому анализ годового хода этого климатического параметра не менее важен, чем анализ температурного и влажностного режима.

Основными характеристиками ветрового климата являются средние значения скорости ветра и повторяемость его направлений и штилей. СП «Строительная климатология» не содержит сведений, необходимых для анализа годового хода характеристик ветра. Поэтому для анализа этого климатического параметра следует использовать данные из «Научно-прикладного справочника по климату СССР», несмотря на то, что данные этого справочника к настоящему времени немного устарели. Для получения более актуальных сведений о ветровом климате необходимо заказывать климатические справки в территориальных органах Росгидромета.

Основываясь на общей закономерности суточного хода скорости ветра, можно по среднесуточной скорости ветра определить с достаточной степенью точности скорость ветра в дневные часы. Для этого среднесуточную скорость ветра за какой-либо месяц (табл. 1.1) следует увеличить в 1.5 раза. Полученные значения заносятся в отдельную таблицу (табл. 1.5).

Для анализа годового хода скорости ветра ее среднемесячные значения наносятся на соответствующую бланк-сетку, как это показано на рисунке 1.4. При необ-

ходимости, если средние скорости ветра превышают 6 м/с, цену деления на вертикальной оси графика можно умножить на 2, т.е. подписать значения 0, 4, 8 и 12 м/с вместо нанесенных на бланк значений 0, 2, 4 и 6 м/с.

Таблица 1.5. Среднемесячная скорость ветра в Москве (пример)

Месяц	Средняя скорость ветра, м/с	Скорость ветра днем, м/с
Январь	1.6	2.4
Февраль	1.6	2.4
Март	1.6	2.4
Апрель	1.5	2.4
Май	1.3	1.9
Июнь	1.2	1.8
Июль	1.1	1.5
Август	1.0	1.5
Сентябрь	1.1	1.5
Октябрь	1.4	2.1
Ноябрь	1.6	2.4
Декабрь	1.6	2.4
Год	1.4	—

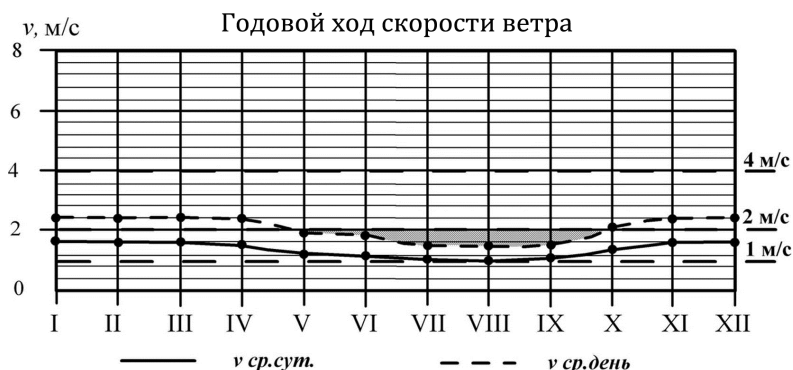


Рисунок 1.4. Пример заполнения бланка-сетки «Годовой ход скорости ветра» для г. Москвы

На этот же график наносятся критические значения скорости ветра – 2, 1 и 4 м/с. Скорости ветра менее 2 и 1 м/с (по наблюдениям на метеостанции) ориентировочно соответствуют средним скоростям ветра в застройке, соответственно, менее 1 и 0.5 м/с, учитывая ослабление ветра застройкой на 50% в среднем в пределах города.

При значении скорости ветра в городе менее 1 м/с (2 м/с на метеостанции) условия аэрации застройки в летнее время считаются недостаточными, такой ветер не обеспечивает естественное проветривание внутренней среды зданий.

При скорости ветра на метеостанции менее 1 м/с на территории застройки создается много зон застоя воздуха. В этих зонах при высоких летних температурах значительно усиливается ощущение жары и духоты, особенно на инсолируемых участках рельефа и вблизи инсолируемых, нагретых солнцем, фасадов зданий.

В зимнее время, наоборот, при низких температурах воздуха и малых скоростях ветра обеспечиваются минимальные теплотери зданий и практически исключается холодовой стресс у людей, находящихся на территории городской застройки. С другой стороны, при скоростях ветра более 4 м/с возможно переохлаждение зданий и людей, находящихся на открытых пространствах. Особенно заметным этот эффект становится вблизи углов наветренных фасадов зданий и сооружений, или между зданиями, сомкнутыми в сплошной фронт параллельно ветровому потоку и образующими «ветровой каньон».

Тем не менее, скорость ветра в городе менее 0.5 м/с (1 м/с на метеостанции) считается опасной в течение всего года, т.к. не обеспечивает необходимый воздухообмен на территории застройки и создает крайне неблагоприятные условия для рассеивания загрязняющих веществ от низких источников выбросов, прежде всего – автотранспорта, дающего наибольший вклад в загрязнение городского воздуха. Приземные концентрации

загрязняющих веществ в такой ситуации могут превышать предельно допустимые значения в несколько раз. Наличие в годовом ходе значений скоростей ветра менее 2 и 1 м/с за какой-либо месяц говорит о том, что необходимо заранее разработать планировочные мероприятия по максимальному сохранению аэрационного потенциала территории застройки, а объемно-планировочное решение зданий должно учитывать эти неблагоприятные факторы.

При скорости ветра на метеостанции более 4 м/с на территории города – как внутри застройки, так и вдоль автомагистралей – можно ожидать образования зон усиления скорости до 5 м/с и более, т.е. до такой скорости, при которой необходимы объемно-планировочные решения, защищающие здания и открытые пространства городской застройки от неблагоприятного ветрового воздействия.

Согласно «Техническому регламенту о безопасности зданий и сооружений» разработка ветрозащитных мероприятий требуется и для защиты от ветрового воздействия людей, находящихся в непосредственной близости от зданий и сооружений высотой 40 м и более независимо от ветрового климата местности.

Скорость ветра более 10 м/с требует не просто оптимизации ветрового режима, а говорит о необходимости обеспечения безопасности людей, зданий и сооружений, зеленых насаждений и т.п. за счет применения специальных планировочных и архитектурно-строительных средств.

Пример качественного анализа ветрового режима на основании рисунка 1.4 и данных таблицы 1.5 приведен в [2].

1.5. Характеристика благоприятности сторон горизонта по «розе ветров»

К основным характеристикам ветрового климата, кроме средней скорости ветра по месяцам, относятся распределение повторяемости и скорости ветра по сторонам горизонта. Для анализа благоприятности сторон горизонта по ветровому режиму используются специальные круговые диаграммы, называемые «розы ветров» (рис. 1.5, 1.6). На эти лучи этих диаграмм, проградуированные в процентах для повторяемости и м/с для скоростей ветра, наносятся значения этих характеристик для различных направлений по наблюдениям на метеостанциях.

В России используются 8-румбовые розы ветров, отражающие повторяемости и скорости по направлениям: С (север), СВ (северо-восток), В (восток), ЮВ (юго-восток), Ю (юг), ЮЗ (юго-запад), З (запад), СЗ (северо-запад). Во многих зарубежных странах используются 16-румбовые розы, в которых присутствуют промежуточные направления, например: ЗЮЗ – запад-юго-запад; ССВ – северо-северо-восток и т.д. При определении направлений ветра используются также градусы (по азимуту), отсчитываемые от направления на север (0°) по часовой стрелке. Так, например, востоку соответствует 90°, югу – 180°, а западу – 270°.

Но во всех случаях ветер характеризуется тем направлением, ОТКУДА он дует. Северный ветер дует с севера, а южный – с юга и т.д.

Для оценки повторяемости скорости ветра на розу ветров наносится круг со значением вероятности 16%. Превышение этой вероятности означает повышенную повторяемость ветра того или иного направления. Для оценки скорости ветра по направлениям на розу ветров наносится круг со значением скорости 4 м/с. Превышение этой скорости означает ветровой дискомфорт по его механическому воздействию на здания, людей, зе-

ленные насаждения, почвенный и снежный покров. Также на диаграмму «розы ветров» наносится значение 1 м/с. Ветер со скоростью ниже этого значения неблагоприятен в течение всего года из-за образования зон застоя воздуха на территории жилой застройки.

Значения скоростей ветра и его повторяемости, отложенные на лучах «розы ветров», соединяются прямыми линиями. Для наглядности области «розы», выходящие за пределы этих значений, выделяются цветом или заштриховываются.

Кроме того, на розу ветров в январе наносится критическая скорость ветра, при которой коэффициент ветроохлаждения зданий превышает допустимое значение. Эта скорость определяется по средней минимальной температуре наиболее холодного месяца. Для расчета используется безразмерный коэффициент ветроохлаждения H , имеющий аналитический вид (формула 1.2).

$$H = (0.13 + 0.47 \sqrt{V_{кр}}) \times (36.5 - t_{ср.мин.}) \quad (1.2)$$

Определение интенсивности ветроохлаждения выполняется по скорости ветра, соответствующей критическому значению коэффициента ветроохлаждения $H = 55$. Для этого решается следующая обратная задача. Исходя из формулы 1.2 и зная среднюю минимальную температуру самого холодного месяца ($t_{ср.мин.}$) и критическое значение индекса ветроохлаждения ($H = 55$) по формуле 1.3 можно найти критическую скорость ветра $V_{кр}$, при превышении которой ветроохлаждение зданий будет превышать допустимое значение:

$$v_{кр} = \left(\frac{\frac{H}{36.5 - t_{ср.мин.}} - 0.13}{0.47} \right)^2. \quad (1.3)$$

$t_{ср.мин.}$ определяется по имеющимся в таблице исходным данным вычитанием из средней температуры за самый холодный месяц половины значения средней амплитуды температур за тот же месяц.

Например, средняя температура самого холодного месяца в Москве (январь) составляет -7.8°C , а средняя амплитуда температуры 6.2° . Находим среднюю минимальную температуру в январе как:

$$-7.8 - (6.2/2) = -10.9^{\circ}\text{C}.$$

Подставляя в формулу (1.3) значения $t_{\text{ср.мин.}} = -10.9^{\circ}\text{C}$ и $H = 55$ получаем:

$$v_{\text{кр}} = \left(\frac{\frac{55}{36.5 + 10.9} - 0.13}{0.47} \right)^2 = 4.8 \text{ м/с}.$$

В целях анализа благоприятности сторон горизонта по ветровому воздействию на розу ветров для января (рис. 1.5) следует дополнительно нанести окружность с радиусом, соответствующим значению $v_{\text{кр}}$, (4.8 м/с). Если скорость ветра по какому-либо румбу в январе (или другом самом холодном месяце) превышает это значение, этот румб считается крайне неблагоприятным для ориентации фасадов здания с жилыми помещениями. Целесообразно размещать здание торцом к этому румбу или с небольшим отклонением (не более 15°) оси здания от этого направления.

Ниже в качестве примера приводятся розы ветров центральных месяцев холодного и теплого периодов для Москвы: январь (рис. 1.5) и июль (рис. 1.6), соответственно, построенные с использованием исходных данных из таблицы 1.2.

Пример качественного анализа благоприятности сторон горизонта по розам ветров в январе и июле для г. Москвы приведен в [2].

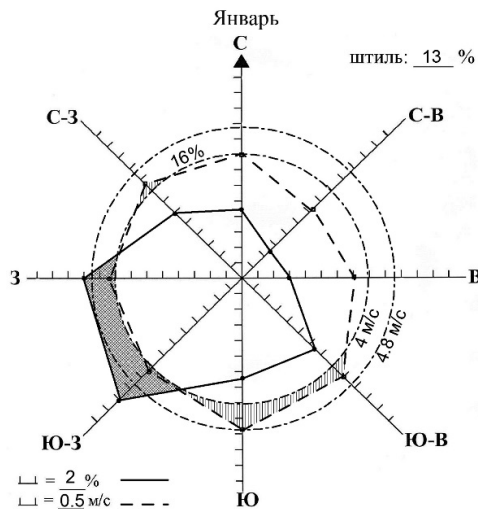


Рисунок 1.5. Пример розы ветров по повторяемости и скорости ветра в январе для г. Москвы

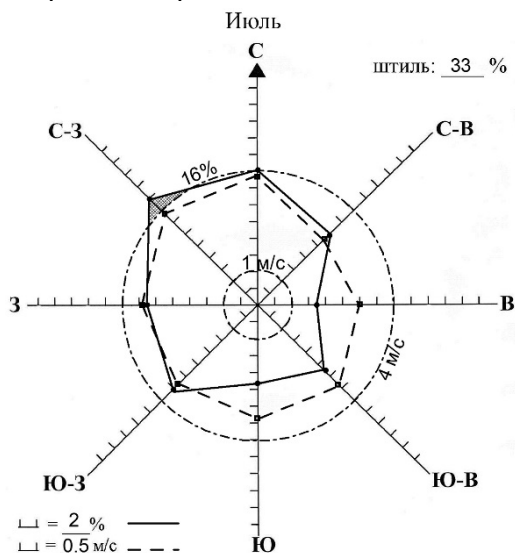


Рисунок 1.6. Пример розы ветров по повторяемости и скорости ветра в июле для г. Москвы

ЗАДАНИЕ 3: Анализ годового хода скорости ветра и благоприятности сторон горизонта по розе ветров

1. Заполнить бланк 8.
2. Выполнить качественный анализ годового хода скорости ветра для заданного района.
3. Рассчитать по формуле 1.3 критическую скорость ветра по фактору ветроохлаждения и нанести ее на бланк 9.
3. Заполнить бланк 9.
4. Выполнить качественный анализ ветрового режима и благоприятности сторон горизонта по ветровому воздействию в январе.
5. Предложить архитектурно-планировочные и архитектурно-строительные мероприятия по защите от неблагоприятного ветрового воздействия в холодное время года.
6. Заполнить бланк 10.
7. Выполнить качественный анализ ветрового режима и благоприятности сторон горизонта по ветровому воздействию в июле.
8. Предложить архитектурно-планировочные и архитектурно-строительные мероприятия по защите от неблагоприятного ветрового воздействия в теплое время года.

Бланк 8



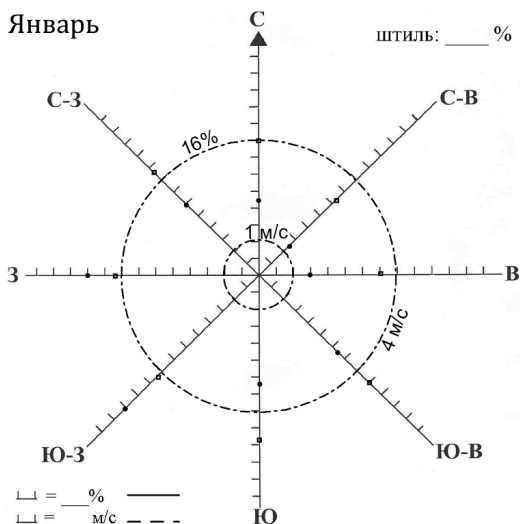
Анализ годового хода скорости ветра показал следующие основные особенности: _____

Расчет критической скорости ветра для ветроохлаждения зданий

$$v_{кр} = \left(\frac{\frac{H}{36.5 - t_{ср. мин.}} - 0.13}{0.47} \right)^2 =$$

$$v_{кр} = \left(\frac{\frac{55}{36.5 - } - 0.13}{0.47} \right)^2 = \text{_____ м/с}$$

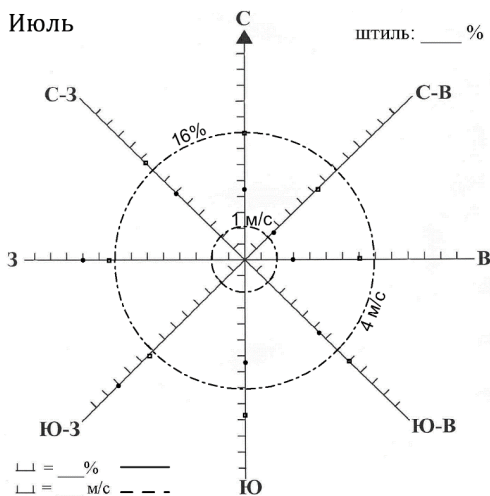
Бланк 9



Анализ благоприятности сторон горизонта по ветровому воздействию в январе для района (города) показал следующие основные особенности: _____

Мероприятия по защите от неблагоприятного ветрового воздействия в январе: _____

Бланк 10



Анализ благоприятности сторон горизонта по ветровому воздействию в июле для района (города) показал следующие основные особенности: _____

Мероприятия по защите от неблагоприятного ветрового воздействия в июле: _____

РАЗДЕЛ 2. Комплексные архитектурно-климатические показатели

Выше был выполнен анализ годового хода температуры воздуха, влажности воздуха и скорости ветра как самостоятельных климатических характеристик. Не менее важное значение с точки зрения биоклиматической комфортности и архитектурного проектирования имеет совместное парное (температура-влажность, температура-ветер) воздействие этих характеристик на человека и архитектурную среду. Это, в частности, подтверждается принципом строительно-климатического районирования, в котором для выделения районов и подрайонов учитываются одновременно значения температуры и влажности воздуха в июле и температуры и скорости ветра в январе.

2.1. Температурно-влажностный режим

При температурах 24-26°C и выше в сухом воздухе влага с тела человека легко испаряется, благодаря этому организм отдаёт излишнее тепло, и это создаёт ощущение комфорта. Если при таких температурах влажность высока, то испарение затрудняется, ощущается духота, наступает дискомфорт (микроклимат оранжереи, бани). В очень теплую и жаркую погоду крайне важно, чтобы слишком высокая влажность не мешала человеку отдавать излишки тепла, накапливаемого в этих условиях организмом, во внешнюю среду через испарение пота с поверхности тела. В противном случае может наступить перегрев организма – тепловой удар. Так, например, для сохранения комфортных или близких к ним условий в летнее время при повышении температуры воздуха от 18 до 28°C надо, чтобы относительная влажность воздуха снижалась от 50-70% до уровня 30-50%.

Определенные закономерности физиологического восприятия температурно-влажностного режима существуют и для других диапазонов значений этих метеозлементов. Известно, например, что «сухой» мороз переносится человеком намного легче, чем влажный и т.д.

Для анализа температурно-влажностного режима территории в теплое время года можно использовать специальный бланк (рис. 2.1), на котором по горизонтальной оси нанесены значения температуры, а по вертикальной – значения относительной влажности воздуха. В поле бланка нанесены две линии, ограничивающие оптимальный диапазон влажности для различных значений температуры воздуха, а также область, отвечающая комфортным, наиболее благоприятным значениям этих показателей.

Этот бланк позволяет простым и наглядным образом дать общую температурно-влажностную характеристику теплого времени года на качественном уровне. Такая характеристика необходима для общего понимания заказчиком, проектировщиком и потребителем того, какому типу климата должна соответствовать проектируемая архитектурная среда.

Для анализа температурно-влажностного режима заданного района на этот бланк наносятся точки с координатами, соответствующими значениям температуры и влажности воздуха за месяцы года, в которых среднемесячная температура превышает 10°C. Эти точки для наглядности последовательно соединяются прямыми линиями: первая точка – самый ранний месяц; последняя точка – самый поздний.

Всего наносятся три серии точек: для средней суточной, средней ночной и средней дневной температуры и влажности воздуха. Если кривые фактических значений температуры и влажности выходят за пределы зоны комфорта, то это означает, что следует принять меры защиты либо от «влажной жары» (аэрация застройки, направление потоков воздуха к человеку, затенение и др.), либо от «сухой жары» (максимальное затенение

пространства, аккумуляция ночной прохлады, использование фонтанов и искусственных водоемов для увлажнения и охлаждения воздуха и др.). При этом есть возможность отдельно оценить температурно-влажностный режим в дневные и ночные часы и тем самым определить режим эксплуатации зданий и открытых пространств в течение суток.

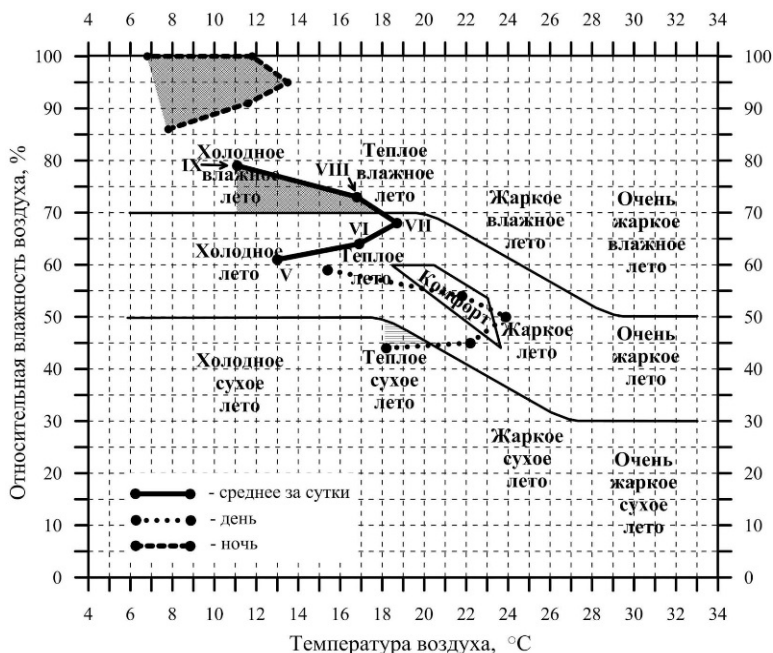


Рисунок 2.1. Пример определения температурно-влажностного режима теплого полугодия для г. Москвы

Пользуясь указанным графиком, грамотный архитектор принимает разные решения для обеспечения комфорта в жилой среде, используя то защиту от солнца или ночную прохладу для снижения температурного фона, то усиленное проветривание помещений и наружных пространств для активизации движения воздуха вблизи

фасадов и тела человека и, тем самым, облегчая отдачу тепла испарением.

На основе анализа этого бланка после его заполнения определяется характер лета: сухое жаркое, холодное влажное и др. и делаются выводы, касающиеся типологии зданий: необходимости естественного проветривания помещений – круглосуточного, дневного или ночного. Этим требованиям должны отвечать планы типовых этажей с показом схемы сквозного или углового проветривания помещений, размеры и места размещения светопроемов (или фонарей) с целью оптимального проветривания. Также обосновывается необходимость искусственного охлаждения помещений и вид оборудования – со снижением влажности или без снижения. Все это учитывается в эскизном проекте планировки квартала, здания, квартиры, указывается целесообразность озеленения, обводнения квартала и т.п.

На рисунке 2.1 приведен пример заполнения такого бланка по климатическим характеристикам теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше +10°C) в Москве. Используемые для заполнения фактические данные приняты по ранее составленной таблице 1.3. Из этого рисунка видно, что летние месяцы в Москве в среднем умеренно-сухие и умеренно-теплые. При этом ночью на открытых пространствах наблюдается дискомфорт – холодно и сыро, зато дневное время (кроме мая) полностью находится в зоне температурно-влажностного комфорта. Отсюда следует, что в жаркую погоду можно использовать «ночную прохладу» для удаления избытков тепла из внутренней среды зданий и наоборот, в холодную погоду внутреннюю среду оставлять закрытой в ночные часы, а днем для проветривания помещений использовать естественную вентиляцию и т.д. Более подробный качественный анализ температурно-влажностного режима теплого полугодия на основании рисунка 2.1 и данных таблицы 1.3 приведен в [2].

2.2. Температурно-ветровой режим

В архитектурно-климатическом анализе важно рассматривать совместное воздействие на человека и архитектурную среду температуры и ветра с точки зрения интенсивности теплообменных процессов «человек–среда–здание». Неблагоприятные сочетания этих климатических параметров необходимо учитывать при формировании структуры города и объемно-планировочном решении зданий.

Так, например, в холодное время года при температуре наружного воздуха от 0°C до -15°C и скорости ветра до 4 м/с защита пешехода от ветра желательна, а при температурах -15°C – -20°C – обязательна. Защита от ветра обязательна при сочетаниях температуры и скорости:

°C	-15...-20	-20...-25	-25...30	-30...-35	ниже -35
м/с	до 3.5	3.0	2.0	1.5	0.0

На рисунке 2.2 приведена номограмма для анализа и характеристики температуры и ветра при их совместном воздействии по климатическим характеристикам трех зимних и трех летних месяцев в Москве. Используемые для этого фактические данные приняты по ранее составленной таблице 1.3. Подробный пример качественного анализа температурно-ветрового режима зимой и летом, а также архитектурно-планировочные рекомендации, сделанные на основании рисунка 2.2 и данных таблицы 1.3, приведены в [2].

Как видно из этой номограммы, ветер дает охлаждающий эффект при температуре до 33°C. При более высокой температуре с ветром начинается обратный процесс – тепло начинает поступать через кожу к внутренним органам тела, вызывая его перегрев. При температуре более 33°C и влажности менее 25%, при температуре 0°C и влажности более 70% ветер любой скорости вреден.

По тому, в какие области номограммы попадают получившиеся треугольные области, выполняется анализ температурно-ветрового режима для зимнего и летнего времени года и делаются выводы о необходимости применения тех или иных климатозащитных мероприятий. Например – сохранении или стимулировании аэрации застройки в летние месяцы; защите от ветра тех или иных участков застройки в зимнее время, снижения тепловой нагрузки на территорию или фасады при заданной скорости ветра летом; усилении теплоизоляции фасадов и обеспечении инсоляцией участков застройки зимой при заданной скорости ветра и т.д.

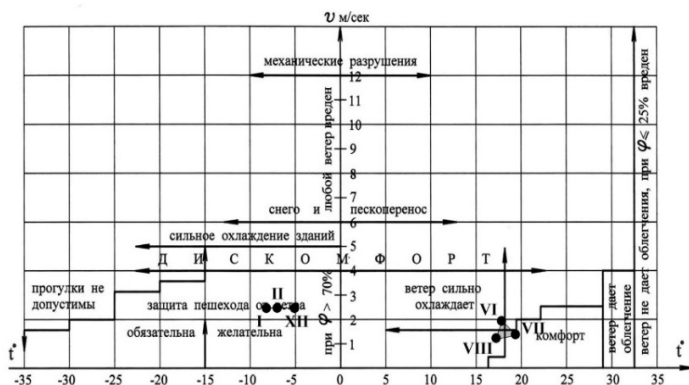


Рисунок 2.2. Пример анализа температурно-ветрового режима для г. Москвы

Из рисунка 2.2, например, следует, что в зимние месяцы при умеренно низких среднемесячных температурах воздуха и дневных скоростях ветра наружная среда характеризуется умеренным дискомфортом со стороны

ветроохлаждения пешеходов. В связи с этим рекомендуется ветрозащита пешеходных дорожек и тротуаров от ветра. Эта ветрозащита может быть обеспечена за счет опорной и проектируемой застройки, а также за счет применения малых архитектурных форм. Ветрозащита за счет озеленения в зимнее время не эффективна.

Особое внимание следует уделять участкам городской застройки, связанным с длительным пребыванием населения, например, остановкам наземного общественного транспорта, детским площадкам и площадкам тихого отдыха. Кроме того, следует учитывать усиление ветра вблизи углов наветренных фасадов зданий. Для этого анализируется преобладающее направление ветра в зимние месяцы, и определяются соответствующие углы зданий. Эти территории необходимо ограничивать в использовании. Тротуары и пешеходные дорожки следует проектировать на максимально возможном удалении от них, а при невозможности выполнения этого требования применять специальные архитектурные ветрозащитные мероприятия – устраивать навесы или козырьки на угловых элементах этих зданий. Наиболее надёжными способами ветрозащиты пешеходов вблизи зданий являются оформление углов зданий пешеходными галереями, или расширение стилобата зданий по этим углам, чтобы дискомфорт от нисходящего ветрового пока приходился на кровлю стилобата, а не на рельеф, по которому передвигаются пешеходы.

Кроме перечисленных выше (для зимы) архитектурных приемов в летние месяцы возможно снижение ветра за счет зеленых насаждений – организации рядовых посадок деревьев и кустарников в виде «живых изгородей» вдоль тротуаров и дорожек, вокруг площадок, или ветрозащитных полос перпендикулярно преобладающим ветрам по наветренной границе защищаемой от ветра территории.

2.3. Определение режима эксплуатации зданий по методу погодных комплексов

Комплексную оценку фоновых климатических условий по показателям благоприятности отдельных климатических элементов необходимо дополнить общими архитектурно-планировочными, типологическими и инженерно-техническими рекомендациями исходя из преобладающих в течение года типов погоды конкретной местности – методом «погодных комплексов». Этот метод позволяет учесть продолжительность тех или иных погодных условий в течение года и, поскольку каждый тип погоды, используемых в этом методе, специально разработан применительно к задачам архитектурной климатологии, этот метод позволяет архитектору выйти на конкретные рекомендации по проектированию зданий различного функционального назначения. Ниже приводится пример анализа погодных комплексов применительно к жилым зданиям.

Погоду зимой, как это показано выше, определяет температура и ветер. При температуре ниже нуля ветер особенно вреден, т.к. сдувает прилегающий к телу нагретый слой воздуха и усиливает охлаждение организма; так же сильно охлаждаются здания.

Летом, при температуре более 24-26°C и повышенной и высокой (более 60 и 70 % соответственно) влажности затрудняется процесс испарения влаги с кожи человека, ему «жарко»; чем суше воздух, тем испарение сильнее и легче переносится сильная жара. Поэтому *летом погоду* во многом определяет температура и влажность.

С учетом сказанного погодные условия в целях архитектурно-климатического анализа делятся на семь типов: жаркая (с нормальной или повышенной влажностью воздуха), сухая жаркая, теплая, комфортная, прохладная, холодная и суровая. Значения климатических характеристик для определения типов погоды приведены в табл. 2.1.

Для упрощения определения типов погоды по фоновым климатическим характеристикам можно пользоваться номограммой, приведенной на рис. 2.3.

Таблица 2.2. Классификация типов погоды

Тип погоды	Среднемесячная температура воздуха, °С	Среднемесячная относительная влажность воздуха, %	Среднемесячная скорость ветра, м/с
Жаркая (сильный перегрев при нормальной и высокой влажности)	40 и выше 32 -«- 25 -«-	24 и менее 25-49 50 и более	— — —
Сухая жаркая (сильный перегрев при низкой влажности)	32-40	24 и менее	—
Теплая (перегрев)	24-28 20-25 24-32 28-32	50-74 75 и более 24 и менее 25 и 49	— — — —
Комфортная (тепловой комфорт)	12-24 12-24 12-28 12-20	24 и менее 50-74 25-49 75 и более	— — — —
Прохладная	4-12	—	0 и более
Холодная (охлаждение)	-36...+4 -28...+4 -20...+4 -12...+4	— — — —	2 и ниже 2-5 5-10 Более 10
Суровая (сильное охлаждение)	-36 и ниже -28 -«- -20 -«- -12 -«-	— — — —	2 и менее 2-5 5-10 Более 10

Здания эксплуатируются при разных типах погоды в разных режимах изоляции помещений от внешней среды. Выделено четыре режима эксплуатации помещений зданий: изолированный, закрытый, полукрытый и открытый (рис. 2.4). Каждому типу погоды отвечают определенные эксплуатационные режимы зданий с соответствующими типологическими и конструктивными реко-

мендациями, приведенными в табл. 2.3. Пользуясь этой таблицей и рисунком можно записать «формулу погоды» для территории разработки проекта.

температура в градусах цельсия	верхний предел	нижний предел	Относительная влажность воздуха в %			
			0 - 24	25 - 49	50 - 74	75 - 100
	47,9	44,0	1			
	43,9	40,0				
	35,9	36,0	2			
	35,9	32,0				
	31,9	28,0	3			
	27,9	24,0				
	23,9	20,0	4			
	19,9	16,0				
	15,9	12,0	5			
	11,9	8,0				
	7,9	4,0				
	3,9	0,0				
	-0,1	-3,9				
	Скорость ветра в м/с					
			0 - 1,9	2 - 4,9	5 - 9,9	10 и более
	-4,0	-11,9				
	-12,0	-19,9	6			
	-20,0	-27,9				
	-28,0	-35,9				
	-36,0	-47,9				
	-48,0	-59,9	7			
	-60,0	-71,9				

Рисунок 2.3. Классификация типов погоды: 1 – жаркая; 2 – сухая жаркая; 3 – теплая; 4 – комфортная; 5 – прохладная; 6 – холодная; 7 – суровая

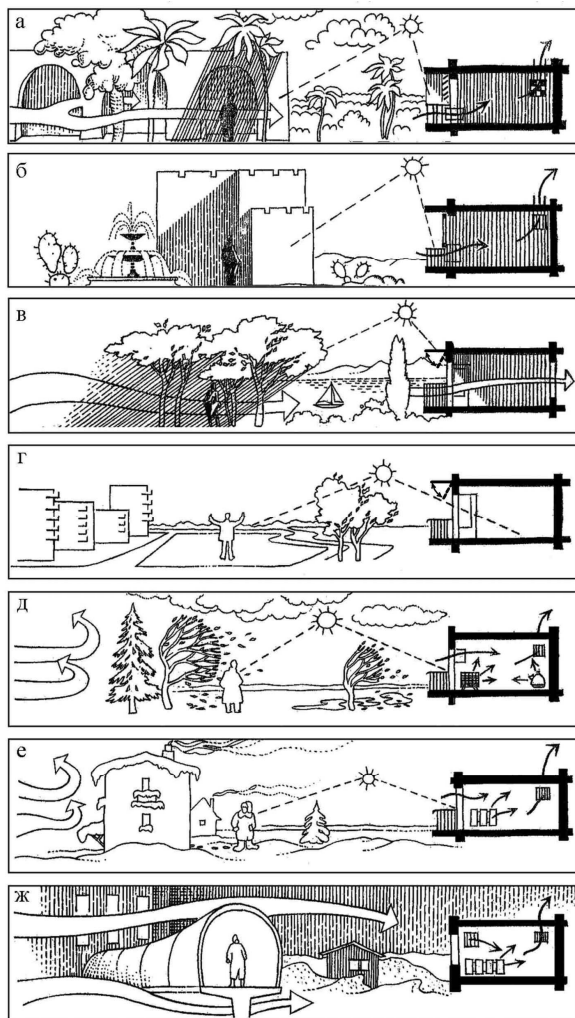


Рисунок 2.4. Режимы эксплуатации жилых зданий при различных типах погоды.

а – жаркой (изолированный режим); б – сухой жаркой или засушливой (закрытый режим); в – теплой (полукрытый режим); г – комфортной (открытый режим); д – прохладной (полукрытый режим); е – холодной (закрытый режим); ж – суровой (изолированный режим)

Таблица 2.3. Типы погоды и эксплуатационные режимы зданий

Режим эксплуатации и тип погоды	Архитектурно-планировочное решение	Конструктивное решение	Инженерно-техническое решение
Изолированный, жаркая с нормальной и повышенной влажностью	Компактные решения, минимальные теплопоступления. Солнцезащита. Затенение пешеходных путей зданиями, максимальная аэрация территории	Высокие воздухо- непроницаемость и теплозащитные качества. Солнцезащита. Остекление двойное или одинарное с противомоскитными сетками	Полное кондиционирование, побудительная вентиляция вытяжная, вентиляторы- фены
Закрытый, жаркая, сухая	Компактные решения, уменьшение теплопоступлений. Солнцезащита. Затенение и обводнение территорий. Защита от пыльных ветров, использование ночных прохладных ветров	Ограждения необходимых теплозащитных качеств и воздухопроницаемости. Солнцезащита стен и окон. Остекление двойное или одинарное	Искусственное охлаждение воздуха без снижения влагосодержания, механические вентиляторы - фены
Полуоткрытый, теплая	Сквозное, угловое проветривание, солнцезащита, открытые помещения, лоджии, веранды. Лестницы полуоткрытые, без тамбуров. Ориентация на юг и север. Затенение и аэрация территорий, использование ночных прохладных ветров	Трансформация ограждений, трансформируемые солнцезащитные устройства	Механические вентиляторы - фены. При инсоляции требуется искусственное охлаждение внутренней среды (кондиционирование)
Открытый, комфортная	Открытые помещения, лоджии, веранды. Бытовые процессы на воздухе	Трансформация ограждений, трансформируемые солнцезащитные устройства	Не используются

Таблица 2.3 (продолжение)

Полуоткрытый, прохладная	Ориентация на солнце. Защита территорий от ветра зелеными посадками, использование интермий	Одинарное остекление, трансформация ограждений	Отопление малой мощности, нерегулярное. Вентиляция естественная, вытяжная с притоком через клапаны, форточки
Закрытый, холодная	Компактные решения, уменьшение теплопотерь, теплые лестницы, тамбуры, шкафы для верхней одежды в квартирах, ориентация на солнечные стороны. Защита территорий от ветра зданиями и посадками хвойных пород	Ограждения необходимых теплозащитных качеств и воздухопроницаемости. Двойное остекление	Центральное отопление средней мощности. Вентиляция естественная вытяжная с притоком через окна, форточки, клапаны
Изолированный, суровая	Максимальная компактность, минимальные теплопотери, теплые лестницы, двойные тамбуры, вентилируемые шкафы для верхней одежды в квартирах, гардеробные комнаты в общественных зданиях. Защита территорий от ветра зданиями. Теплые переходы между зданиями, крытые улицы и центры, утепленные остановки общественного транспорта	Высокие воздухопроницаемость и теплозащитные качества ограждений. Тройное и четверное остекление. Фундаменты с учетом вечной мерзлоты	Центральное отопление большой мощности. Механическая приточно-вытяжная вентиляция с подогревом и увлажнением воздуха

В качестве примера составим «формулу погоды» для Москвы. Характер погоды определяется отдельно для ночных и дневных часов. Для этого, пользуясь таблицей 1.1. «Общие климатические характеристики...» и полученными из нее значениями дневной и ночной температуры и влажности (табл. 1.3) и скорости ветра (табл. 1.5) по рисунку 2.3 необходимо определить типы погоды

для каждого месяца года. Скорость ветра ночью принимается по среднемесячному значению, скорость ветра днем – по среднемесячному значению с повышающим коэффициентом 1.5.

Подсчетом количества типов погоды получается «формула погоды» для выбранного города. Типы погоды в этой формуле располагаются от самой холодной до самой теплой/жаркой.

Для учета радиационно-теплого фактора, влияющего на температуру стен зданий и, соответственно, температуру их внутренней среды, составляется дополнительная формула погоды для инсолируемых фасадов (имеются в виду все фасады, обращенные в южную четверть горизонта). Для этого к дневной температуре воздуха добавляется температурная поправка, зависящая от количества солнечной радиации, поглощаемой стенами. Размер этой поправки определяется по специальным номограммам (см. [2], п. 1.4.1). Значение температурной поправки для Москвы на вертикальные поверхности средне-светлой окраски в секторе ЮВ-Ю-ЮЗ составляет +3°C.

Полученные результаты заносятся в таблицу-бланк (табл. 2.4) и записываются в виде формул (см. ниже).

Таблица 2.4. Годовая продолжительность типов погоды

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
День	X*	X	X	П	К	К	К	К	К	П	X	X
Ночь	X	X	X	X	П	П	К	П	П	X	X	X
Инсолируемые фасады												
День	X	X	П	К	К	Т	Т	К	К	П	П	X

* Типы погод обозначаются по первой букве их названия по табл.2.2. Например: X – холодная.

Формула погоды:
$$\frac{12X+6П+6К}{(фасад\ неинсолируемый)}$$
$$\frac{3X+3П+4К+2Т}{(фасад\ инсолируемый)}$$

Пользуясь полученными результатами, табл. 2.3 и рис. 2.4. можно определить режим эксплуатации жилых зданий, их типологию и архитектурно-планировочные и инженерно-технические средства регулирования микроклимата в зданиях. Для этого рассматриваются крайние – самые холодные и самые теплые – типы погод, причем учету подлежат типы погод, имеющие в формуле погоды множитель не менее 2. Если какой-либо из крайних типов погод имеет множитель 1, то этот тип, как правило, не учитывается, или учитывается при архитектурном проектировании жилых зданий повышенной категории комфортности.

Для наглядности выполняется рисунок полученного режима эксплуатации как результирующая сумма рисунков, отражающих эти режимы при самых теплых и холодных из полученных типов погоды (по рис. 2.4). Ниже приведен такой рисунок, полученный для крайних в годовом ходе Московских типов погоды: холодной и теплой (рис. 2.5).

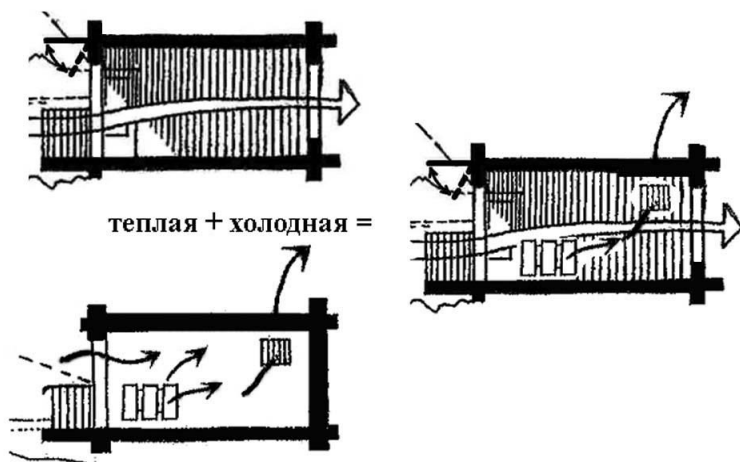


Рисунок 2.5. Пример определения режима эксплуатации здания для г. Москвы

На основе оценки погоды составляются архитектурно-планировочные и инженерно-технические требования к проектам благоустройства территории жилой застройки, даются рекомендации по его конструктивным и инженерным решениям зданий.

Придомовая территория также будет нуждаться в климатозащите. Зимой это, в первую очередь – защита от ветра, летом – от избыточной инсоляции и перегрева. При выборе мест размещения объектов благоустройства рекомендуется самостоятельно заполнить таблицу, где для зимы и лета определяются микроклиматические требования к различным площадкам и участкам территории жилой застройки (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Пример определения микроклиматических требований к элементам благоустройства территории в Москве

Элемент благоустройства	Зима			Лето		
	Инсоляция	Ветрозащита	Аэрация	Солнцезащита	Ветрозащита	Аэрация
Площадки:						
Спорт	+	0	–	+	0	+
детская	+	+	–	+	+	–
хозяйственная	–	–	+	+	0	+
Пешеходные дорожки	0	+	+	+	0	0
Автостоянки и проезды	–	0	+	+	0	+

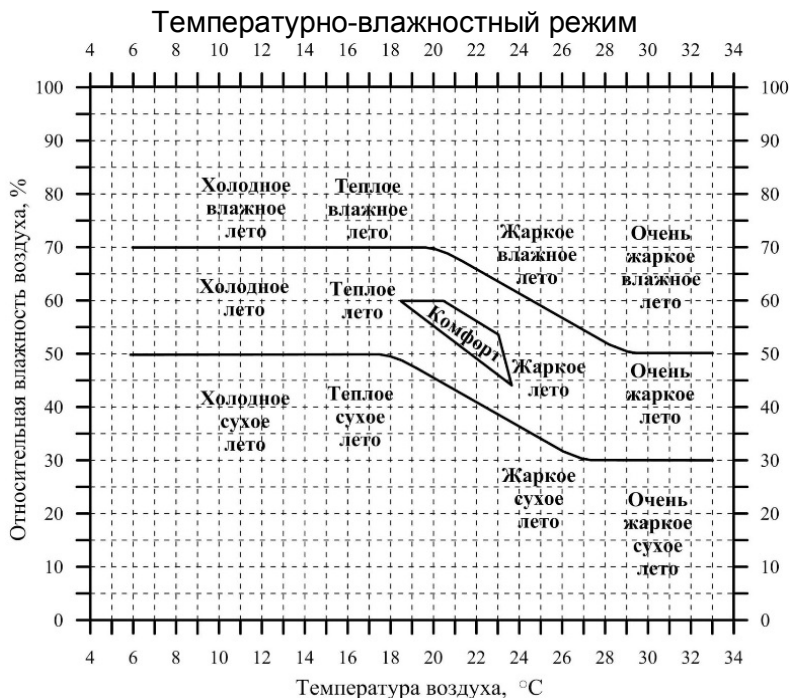
«+» – требуется; «0» – безразлично; «–» – не рекомендуется

Конкретные мероприятия разрабатываются исходя из функций отдельных элементов благоустройства. Например, для размещения площадок отдыха и детских площадок отводятся участки на придомовой террито-

рии, защищенные от ветра и освещенные солнцем зимой. Летом необходимо обеспечить достаточные условия аэрации и их притенение. Для этого используются малые архитектурные формы и, в первую очередь, соответствующие приемы озеленения. Более подробно способы регулирования микроклимата территории жилой застройки и требования к микроклимату отдельных элементов благоустройства приведены в [2].

ЗАДАНИЕ 4: анализ температурно-влажностного и температурно-ветрового режима. Выбор режима эксплуатации здания

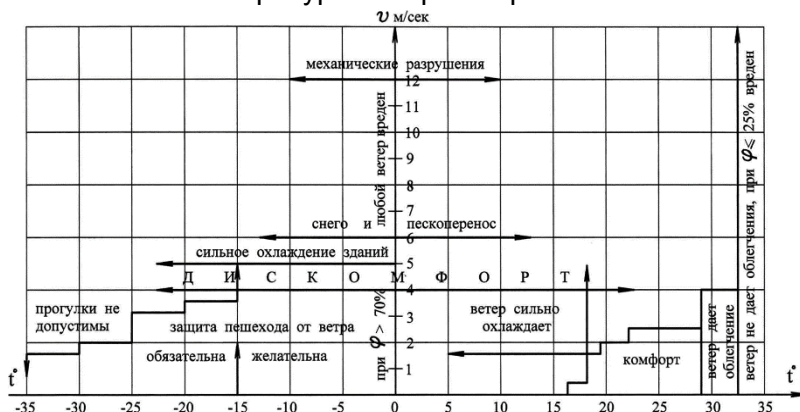
1. Заполнить бланк 11.
2. Выполнить качественный анализ температурно-влажностного режима теплого полугодия для заданного района.
3. Предложить архитектурно-планировочные мероприятия по защите от неблагоприятного температурно-влажностного воздействия.
4. Заполнить бланк 12.
5. Выполнить качественный анализ температурно-ветрового режима для заданного района.
6. Предложить архитектурно-планировочные мероприятия по защите от неблагоприятного температурно-ветрового воздействия.
7. Заполнить бланк 13.
8. На основе бланка 13 записать «формулу погоды» для неинсолируемого и инсолируемого фасадов.
9. По «формулам погоды» определить режим эксплуатации здания, изобразить его схематически и предложить соответствующие архитектурно-планировочные, конструктивные и инженерно-технические решения.



Анализ температурно-влажностного режима теплого полугодия района (города) показал следующие основные особенности: _____

Мероприятия по защите от неблагоприятного воздействия: _____

Температурно-ветровой режим



Анализ температурно-ветрового режима района (города) показал следующие основные особенности: _____

Мероприятия по защите от неблагоприятного воздействия: _____

Бланк 13

Годовая продолжительность типов погоды

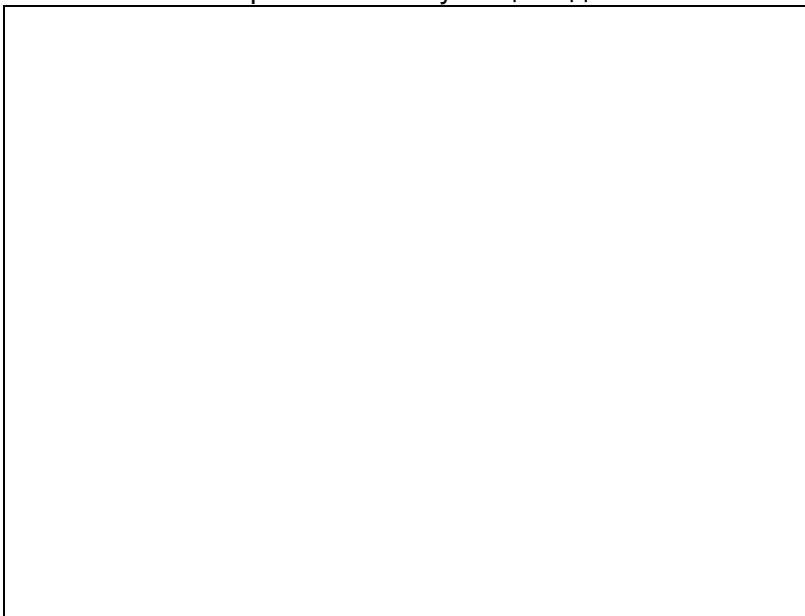
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
День												
Ночь												
Инсолируемые фасады												
День												

* Типы погод обозначаются по первой букве. Например: X – холодная

Формула погоды: _____
(фасад неинсолируемый)

(фасад инсолируемый)

Эскиз режима эксплуатации здания



Архитектурно-планировочные, конструктивные и инженерно-технические решения по защите от неблагоприятного воздействия погодных условий: _____



РАЗДЕЛ 3: Солнечная радиация

3.1. Радиационно-тепловой режим горизонтальной поверхности

Анализ радиационно-теплого режима в архитектурных целях предполагает главным образом оценку влияния солнечной радиации на тепловой фон внутренней и внешней среды зданий. Если тепловой фон пониженный – прохладно, холодно и т.п., то нагрев зданий за счет солнечной радиации благоприятен, если фон повышенный – тепло или жарко, то дополнительное солнечное тепло вредно. Для жилых и ряда общественных зданий (школы, больницы, детские сады и т.д.), помимо теплового влияния солнечной радиации, играет роль и ультрафиолетовая составляющая солнечных лучей, отсутствие которой при обращении комнат окнами на север (в Северном полушарии) неблагоприятно для человека.

В конструктивном отношении нагрев стен и покрытий солнцем при пониженных температурах окружающей среды может вызывать разрушение их структуры и поверхности за счет температурной деформации, что также требует учёта солнечного облучения.

Месячные суммы солнечной радиации при безоблачном небе на горизонтальную поверхность и вертикальные поверхности различной ориентации по сторонам горизонта приведены в СП «Строительная климатология». Месячные суммы прямой солнечной радиации при реальных условиях облачности для выполнения архитектурно-климатического анализа можно принять по Пособию к СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» (табл. 2.27).

Годовой ход солнечной радиации

На рис. 3.1 представлен график годового хода солнечной радиации для условий Москвы. На график нанесены месячные суммы суммарной (прямой и рассеянной)

солнечной радиации при безоблачном небе, т.е. максимально возможное количество солнечной радиации на горизонтальную поверхность, и месячные суммы той же радиации при реальных условиях облачности, принятые по табл. 1.1. Кроме того, приведен график со значениями доли второго показателя от первого (в %) – сколько процентов теоретически возможного количества суммарной солнечной радиации достигает поверхности земли при реальных условиях облачности.



Рисунок 3.1. Пример графика годового хода солнечной радиации для г. Москвы (S – суммарная радиация при безоблачном небе; S' – то же, при реальных условиях облачности)

В л В качестве «опорных значений» для солнечной радиации при безоблачном небе выделено значение 200 кВт.ч/м^2 , а для радиации при реальных условиях облачности – 50 кВт.ч/м^2 . Первое значение означает избыток солнечной радиации, при нем высока вероятность перегрева зданий и территории застройки. В этих условиях требуется солнцезащита инсолируемых фасадов зданий и расположенных на них светопроемов, а также участков застройки, связанных с длительным (более 20 минут) пребыванием людей и открытых для инсоляции. Второе значение соответствует незначительному уровню радиационно-теплового воздействия: количество

суммарной солнечной радиации, приходящей к зданиям и территории застройки, мало и не обеспечивает положительных значений ее теплового баланса в суточном ходе. В этих условиях наблюдается постепенное остывание зданий и поверхности рельефа, приводящее к снижению их температуры до 0°C и ниже. Для поддержания нормативных значений температуры внутренней среды зданий требуется работа систем отопления. Анализ полученных графиков годового хода солнечной радиации в Москве показывает, что ее максимальная интенсивность наблюдается в июне-июле. В эти месяцы солнечная радиация при безоблачном небе избыточна и может приводить к перегреву зданий и всей городской территории.

При реальных условиях облачности летом наблюдается высокий уровень солнечной радиации (100-200 кВт.ч/м²). В среднем за эти месяцы он создает комфортный среднесуточный тепловой режим внутренней среды зданий и территории города в целом. При этом в дневные часы возможен перегрев зданий и застройки, в ночные – небольшое переохлаждение, что подтверждается суточной амплитудой температуры воздуха.

Общее снижение солнечной радиации за счет облачности за год составляет в среднем 40%, достигая максимума в начале зимы (более 50%) и минимума в начале лета (около 30%). Таким образом, и без того скудные естественные тепловые ресурсы зимой, когда они более всего необходимы для поддержания теплового фона внутри зданий и на территории городской застройки, ещё и в максимальной степени ослабляются за счет высокого балла облачности.

етние месяцы, наоборот, суммарная солнечная радиация днем при безоблачной погоде избыточна, при этом она в наименьшей степени ослабляется облачностью. Это говорит о том, что в архитектурно-строительном и объемно-планировочном решении зданий и в проекте благоустройства территории жилой застройки необходимо использовать солнцезащитные приемы, а приме-

нение фотоэлектрических панелей в условиях Москвы целесообразно, разве что, для выработки электроэнергии для питания кондиционеров днем в период с конца мая и до начала августа. Более подробный качественный анализ годового хода солнечной радиации на основании рисунка 3.1 и данных таблицы 1.1 приведен в [2].

3.2. Оценка сторон горизонта по солнечной радиации

Для анализа сторон горизонта по радиационно-тепловому режиму строится диаграмма типа «розы ветров». На этой диаграмме в виде окружностей соответствующего радиуса откладываются значения солнечной радиации, приходящие на горизонтальную поверхность при безоблачном небе и при реальных условиях облачности в июне и январе, а также значения прямой солнечной радиации, приходящие на различно ориентированные вертикальные поверхности при безоблачном небе за те же месяцы.

Значения солнечной радиации, приходящей на вертикальные поверхности различной ориентации при реальных условиях облачности в нормативных документах и справочной литературе отсутствуют. Однако в первом приближении можно считать, что они имеют то же соотношение с суммарной радиацией при безоблачном небе, что и значения для горизонтальной поверхности, т.е., например, для Москвы в среднем за год они меньше на 40% при максимальном ослаблении зимой и минимальном – летом.

Далее выполняется сопоставление значений солнечной радиации, приходящей на поверхности различной ориентации (в т.ч. горизонтальную) в январе и июле.

На рис. 3.2 приведен пример графического анализа радиационного режима различно ориентированных вертикальных поверхностей. Анализ этой диаграммы позволяет сделать несколько очень важных выводов.

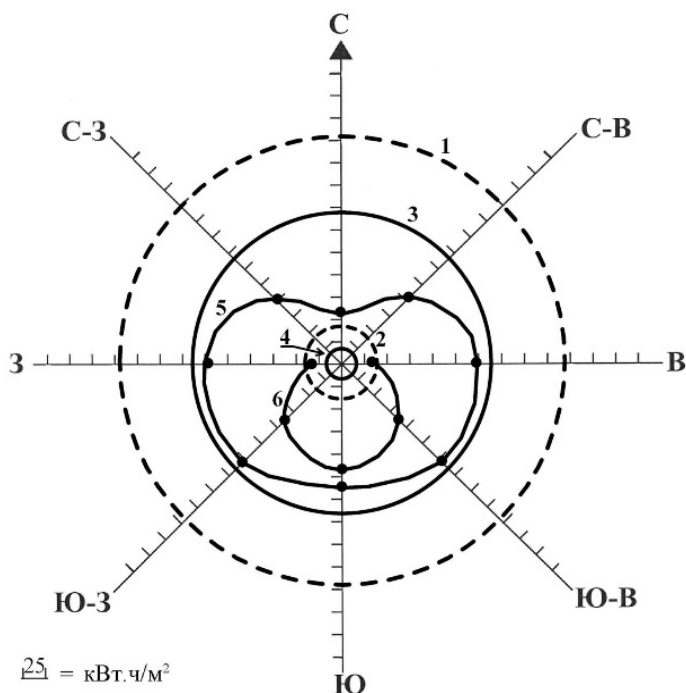


Рисунок 3.2. Пример оценки сторон горизонта по солнечной радиации для г. Москвы

- 1 – солнечная радиация на горизонтальную поверхность при безоблачном небе в июне;
- 2 – солнечная радиация на горизонтальную поверхность при безоблачном небе в январе;
- 3 – солнечная радиация на горизонтальную поверхность при реальных условиях облачности в июне;
- 4 – солнечная радиация на горизонтальную поверхность при реальных условиях облачности в январе;
- 5 – солнечная радиация на вертикальные поверхности при безоблачном небе в июне;
- 6 – солнечная радиация на вертикальные поверхности при безоблачном небе в январе

Во-первых, в летние месяцы горизонтальные поверхности (в т.ч. кровли зданий), получают солнечной радиации в несколько раз больше, чем любой из фасадов.

Наблюдается перегрев кровель зданий, требуется защита от перегрева верхних этажей. Наиболее эффективный приём для этого – устройство вентилируемых технических этажей или козырьков-навесов над кровлями.

Во-вторых, из всех фасадов максимальное количество солнечной радиации получают юго-восточные и юго-западные фасады, немного меньше – фасады восточной и западной ориентации. Южный фасад получает заметно (примерно на 10%) меньше солнечной радиации, чем фасады, перечисленные выше. Северо-восточный и северо-западный фасады получают в 1.5 раза меньше солнечной радиации, чем юго-восточный и юго-западный, а северный – в 3 раза меньше.

Эти различия объясняются высотой стояния солнца при инсоляции фасадов различной ориентации и непосредственно связаны с разработкой архитектурных способов защиты зданий от избыточной инсоляции и перегрева внутренней среды в летние месяцы.

Летом в околополуденные часы, когда максимальное количество солнечной радиации приходит к южному фасаду, солнце стоит высоко. За счет этого для солнцезащиты фасадов и светопроемов достаточно применение простых в исполнении и использовании горизонтальных солнцезащитных устройств с небольшим выносом за плоскость фасада.

Утром и вечером солнце стоит низко над горизонтом, и его солнечные лучи падают на фасады почти перпендикулярно. Поэтому от избыточной инсоляции горизонтальные солнцезащитные устройства не защищают. Для этого требуются вертикально ориентированные архитектурные элементы – выступы, лопатки, поребрики, детали пластического оформления фасадов (пилястры, колонны и т.д.), вертикальные, раскрывающиеся наружу ставни на окнах, которые в отечественной архитектурной практике применяются сравнительно редко. Тем не менее, солнцезащита фасадов восточной западной ориентации не менее актуальна, чем южных. Особенно

она нужна юго-западным и западным фасадам, которые получают максимальное количество солнечной радиации во второй половине дня, когда достигает максимальных значений температура воздуха в ее суточном ходе. Практика строительства в умеренных широтах, в том числе в Москве, показывает, что больше всего от перегрева летом страдают квартиры односторонней ориентации, обращенные на юго-запад и запад.

В-третьих, при анализе номограммы обращает на себя внимание то, что зимой, в отличие от лета, вертикальные поверхности южной четверти горизонта при безоблачном небе получают больше солнечной радиации, чем горизонтальные поверхности (кровли). Наибольшее количество радиации получает южный фасад. И хотя за счет облачности зимой суммарная солнечная радиация снижается больше, чем в другие сезоны, и даже ее максимально возможное значение – при безоблачном небе – всё равно недостаточно для поддержания положительного теплового баланса зданий, указанные выше особенности распределения радиации по фасадам крайне важны для архитекторов при проектировании жилых и общественных зданий.

Правильно выбранные типологическое и объемно-планировочное решения, пластика и колористика фасадов позволяют в максимальной степени использовать солнечную радиацию для повышения комфортности внутренней среды. При ориентации жилых помещений на южную четверть горизонта за счет соответствующей ориентации продольной оси здания и его внутренней планировки, обеспечивающей размещение большей части жилых помещений вдоль фасада, получающего наибольшее количество солнечной радиации, возможно улучшить тепловой фон этих помещений и условия их освещенности. Это особенно важно, учитывая преобладание зимой, с ее короткими хмурыми днями, облачной погоды и низкой температуры наружного воздуха. В таких помещениях, куда хотя бы иногда заглядывает солнце, зимой человек чувствует не только физиологи-

ческий, но и психологический комфорт, помогающий ему перенести сезонную физиологическую дезадаптацию и связанные с ненастной погодой депрессивные состояния. На южных фасадах, которые, как сказано выше, легко защитить от избыточной инсоляции летом, целесообразно предусматривать балконы или лоджии с трансформируемым остеклением, которые зимой служат «буферной зоной» между внутренней и наружной средой. При хорошей солнечной погоде, особенно в конце зимы и начале весны, лоджии могут служить местом отдыха жителей, компенсирующим отсутствие возможности проводить достаточное количество времени на открытом воздухе из-за низких температур и снежного покрова, мешающего нормальной рекреационной активности на территории города.

ЗАДАНИЕ 5: Оценка радиационно-теплового режима

1. Заполнить бланк 14.
2. Выполнить качественный анализ годового хода радиационно-теплового режима горизонтальной поверхности для заданного района.
3. Предложить архитектурно-планировочные мероприятия по защите от неблагоприятного радиационно-теплового воздействия на кровли зданий и территорию застройки.
4. Заполнить бланк 15.
5. Выполнить качественный анализ радиационно-теплового режима фасадов зданий различной ориентации для заданного района.
6. Предложить архитектурно-планировочные мероприятия по защите фасадов зданий от неблагоприятного радиационно-теплового воздействия.

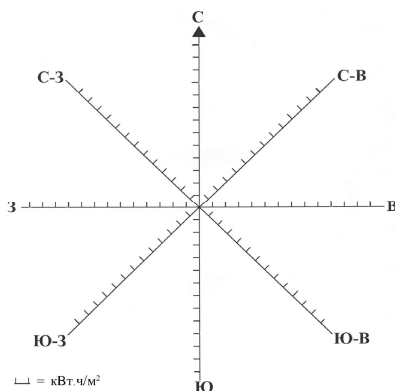
Бланк 14



Анализ годового хода радиационно-теплового режима горизонтальной поверхности для заданного района: _____

Мероприятия по защите по защите от неблагоприятного радиационно-теплового воздействия на кровли зданий и территорию застройки: _____

Бланк 15



Анализ годового хода радиационно-теплового режима фасадов зданий различной ориентации: _____

Мероприятия по защите от неблагоприятного радиационно-теплового воздействия на фасады зданий: _____

РАЗДЕЛ 4. Комплексная оценка сторон горизонта

4.1. Оценка сторон горизонта по ветровому режиму

Ветер и солнечная радиация, в отличие от других параметров, определяющих архитектурно-планировочные и типологические решения зданий, оказывают на них различное воздействие в зависимости от направления по сторонам горизонта. Поэтому после пофакторного анализа климатических условий территории при разработке проекта необходимо выполнить анализ сторон горизонта по степени их благоприятности с точки зрения ветрового и радиационно-теплового воздействия.

Комплексная оценка сторон горизонта по этим факторам представляет собой заключительный этап архитектурно-климатического анализа климата местности. Цель этого анализа – наглядно показать степень благоприятности и неблагоприятности отдельных сторон горизонта для учёта этих данных при архитектурном проектировании. Результаты могут быть использованы при разметке уличной сети города, ориентации зданий и отдельных помещений, при расположении окон, лоджий, а также при разработке проекта благоустройства придомовой территории.

Оценка проводится по следующему комплексу климатических факторов: скорости и повторяемости ветра зимой и летом (в т.ч. в его связи с температурой воздуха), а также по интенсивности суммарной солнечной радиации, приходящей к фасадам различной ориентации, которая, как показано выше, может играть и положительную и отрицательную роль, в зависимости от географической широты места, сезона, годового хода температуры, влажности и скорости ветра. Для выполнения комплексного анализа сторон горизонта используются результаты ранее выполненного анализа ветрового и радиационно-теплового режимов по румбам.

Для оценки благоприятности сторон горизонта по ветровому воздействию используется метод экспертной

оценки, заключающийся в присвоении ого или иного количества баллов благоприятности для каждого румба. При этом производится две серии оценок ветрового режима – для января и для июля, или других месяцев, в которые наблюдаются минимальные и максимальные среднемесячные температуры в годовом ходе. При этой оценке исходят из максимального количества баллов благоприятности ветра, равного трем. Это позволяет «уравновесить» и сделать сопоставимыми по важности оценки ветрового и радиационного режимов. Далее из максимальной оценки следует вычитать баллы, если ветровой режим имеет какие-либо неблагоприятные особенности.

Для ветра в январе наиболее неблагоприятным фактором является слишком интенсивное ветроохлаждение. В этом случае из первоначальной максимальной оценки вычитаются два балла. В случаях, когда повторяемость ветра превышает 16%, или скорость ветра превышает 4 м/с, вычитается по одному баллу за каждый неблагоприятный фактор. Если скорость ветра, соответствующая интенсивному ветроохлаждению, превышает 4 м/с (как, например, в Москве), то один балл за превышение этой скоростью значения 4 м/с не вычитается.

Если одновременно наблюдаются несколько неблагоприятных факторов, то оценка румба понижается на соответствующую им сумму баллов. Таким образом, максимальная оценка ветра в январе может составлять три балла, минимальная – ноль баллов. Так, например, если для какого-либо румба наблюдается превышение 16% повторяемости и превышение критической скорости ветра, вызывающей интенсивное ветроохлаждение (4.8 м/с), его оценка составляет: $3 - 1 - 2 = 0$ баллов.

Ветер в июле оценивается аналогично. За превышение скорости 4 м/с или повторяемости более 16 % вычитается по одному баллу. Неблагоприятной скоростью ветра в июле также считается скорость 1 м/с. Эта скорость измеряется на метеоплощадках, которые, в соответствии с наставлениями по производству метеорологиче-

ских наблюдений, располагаются на открытых местах, не затененных от солнца и не защищаемых от ветра. Так, например, в Москве опорной метеостанцией является метеостанция «ВДНХ».

За счет влияния застройки на территории города скорость ветра снижается в среднем на 50% (см. п. 1.4.4). К тому же высота флюгера на метеостанциях составляет 10-12 м, а скорость ветра на высоте дыхания человека (в среднем 1.5-1.75 м), естественно, ниже. Таким образом, скорости ветра 1 м/с, измеренной на метеостанции, соответствует средняя скорость в застройке 0.5 м/с. Такое значение скорости летом в условиях перегрева является резко дискомфортным, поскольку не снижает ощущения жары на территории застройки и не обеспечивает достаточного проветривания внутренней среды зданий. Кроме того, как указывалось выше, при низкой скорости ветра практически не происходит рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, поэтому основная масса загрязняющих веществ, большая доля которой в городах принадлежит низким источникам – автотранспорту – остается в приземном слое, резко ухудшая экологическую ситуацию. Поэтому, если по какому-либо румбу летом наблюдается скорость ветра 1 м/с и менее, его оценка понижается на два балла. Например, если для какого-либо румба наблюдается превышение 16% повторяемости и среднемесячная скорость 0.8 м/с, его оценка составляет: $3 - 1 - 2 = 0$ баллов.

4.2. Оценка сторон горизонта по условиям инсоляции

Результатом анализа характеристик солнечной радиации является оценка сторон горизонта по условиям теплового облучения, проведенная с учётом нормируемого ограничения ориентации жилых помещений на северную часть горизонта. Это касается, в первую очередь, жилых домов с односторонней ориентацией квар-

тир – т.н. домов «меридиональной» планировки, а также однокомнатных квартир во всех типах жилых домов.

Очевидно, что для разных природно-климатических условий и типов климата оценка солнечной радиации должна различаться. Для северных районов, где наблюдается дефицит тепла в течение всего года, солнечная радиация является во всех случаях фактором благоприятным.

В средних широтах инсоляция благоприятна в холодное время года. Летом при высоких температурах возможен перегрев зданий. Поэтому оценка степени благоприятности сторон горизонта по этому фактору должна учитывать температурно-влажностный режим и лета и зимы. Для этого нужно определить – что важнее для фасадов различной ориентации: получать солнечную радиацию зимой и при этом испытывать некоторый перегрев летом, или наоборот, быть защищенными от избытка солнечной радиации летом и при этом испытывать дефицит инсоляции в холодное (или влажное) время года.

В южных широтах в течение года, за исключением нескольких зимних месяцев, солнечная радиация высока или избыточна. Особенно сильно это ощущается летом на фоне высоких температур воздуха. Поэтому оценка сторон горизонта по солнечной радиации будет отличаться от оценки для умеренных и высоких широт.

Для анализа сторон горизонта можно использовать метод экспертной оценки, учитывающий все перечисленные обстоятельства и практику строительства и эксплуатации жилых зданий, разработанный в ЦНИЭП Жилища под руководством В.К.Лицкевича. Эта экспертная оценка выполнена по 4-балльной шкале для различных природно-климатических районов России (табл. 4.1). Чем выше балл имеет какое-либо направление, тем оно благоприятнее с архитектурно-климатической точки зрения.

Как видно из этой таблицы, в холодных районах высший балл получают стороны, получающие летом мак-

симум солнца – юго-восток и юг. В Средней Азии южная ориентация остаётся благоприятной из-за высокого стояния солнца, позволяющего применить достаточно простые архитектурные решения для предотвращения попадания лучей в глубину комнат, тогда как при ориентации на юго-восток и юго-запад нагрев комнат гораздо сильнее, а их солнцезащита сложнее. Исходя из этого, южное направление можно считать благоприятным для всех зон, а, например, юго-восточное и юго-западное только для высоких и средних широт.

Таблица 4.1. Оценка сторон горизонта по радиационно-тепловому режиму

Территория	Оценка, баллы			
	1	2	3	4
От побережья Северного Ледовитого океана до 62-63° с.ш., включая север Дальнего востока	СЗ-С-СВ – недопустимый сектор для квартир односторонней ориентации во всех зонах	В	3	ЮВ, Ю, ЮЗ
От 63-65 до 52° с.ш.		3	В, ЮЗ	ЮВ, Ю
К югу от 52° с.ш.		3, ЮЗ	ЮВ	Ю, В
Юг Средней Азии		3, В	ЮЗ, ЮВ	Ю
Юг Дальнего Востока		В	3, ЮВ	ЮЗ, Ю

Свою особенность имеет оценка сторон горизонта на Дальнем Востоке в связи с муссонным характером местного климата. Летом там преобладает достаточно теплая и очень влажная, дождливая погода, вызываемая юго-восточными морскими муссонами. Поэтому для зданий этого района возможность получения максимального количества солнечной радиации, позволяющего повысить температуру фасадов и за счет этого снизить влажность строительных конструкций и внутренней среды зданий намного важнее опасности перегрева зданий летом. Поэтому здесь, например, юго-

западная ориентация получает максимальные четыре балла, которые она получила ещё только в районах Крайнего Севера. Можно заметить и другие отличия оценки сторон горизонта в этом районе от оценок в умеренном континентальном типе климата.

Пользуясь таблицей 4.1, для конкретной территории можно оценить благоприятность сторон горизонта по балльной системе, определить лучшие и худшие стороны по тепловому облучению, установить требования к солнцезащите окон, лоджий и т.п.

4.3. Суммарная оценка благоприятности сторон горизонта

Для суммарной оценки сторон горизонта по радиационно-тепловому и ветровому режимам результаты описанных выше балльных оценок необходимо свести в единую таблицу, в которую заносятся набранное по каждому фактору количество баллов и примечания, отражающие причины снижения баллов для того или иного румба. Ниже в таблице 4.2 в качестве примера приведена суммарная оценка сторон горизонта по комплексу климатических факторов для Москвы, выполненная на основе описанных выше в настоящем учебно-методическом пособии примеров анализа благоприятности сторон горизонта по «розе ветров» (п. 1.5).

Максимальный, наиболее высокий рейтинг получают румбы, набравшие наибольшее количество баллов. Теоретически максимальная сумма баллов может составлять 10, минимальная – 1.

После определения благоприятности сторон горизонта по комплексу факторов строится круговая диаграмма, на которой в виде секторов выявляется ориентация, суммирующая проанализированные факторы. Построение круговой диаграммы возможно только для конкретных условий, например, для Москвы и ближайших к ней районов. Для Мурманска, Сочи, Элисты, Владивостока и т.п. оценка сторон горизонта будет различаться. На

рис. 4.1 приведена диаграмма для Москвы. В центре этой диаграммы показывается выбранная ориентация здания. Главный фасад должен ориентироваться на сторону горизонта, занимающую самое высокое место в рейтинге. При этом необходимо учитывать, что ориентация односторонних квартир в северную четверть горизонта недопустима по условиям инсоляции.

Таблица 4.2. Комплексная оценка сторон горизонта на примере Москвы

Румб	Ветер, зима	Ветер, лето	Солнечная радиация	Сумма баллов	Рейтинг	Примечания
С	2	2	1	5	6	Зимой $P \geq 16\%$, Летом $P \geq 16\%$
СВ	3	3	1	7	4	
В	3	3	4	10	1	
ЮВ	2	3	3	8	3	Зимой $v \geq 4$ м/с
Ю	2	3	4	9	2	Зимой $v \geq 4$ м/с
ЮЗ	1	3	2	6	5	Зимой $v \geq 4$ м/с, $P \geq 16\%$
З	1	3	2	6	5	Зимой $v \geq 4$ м/с, $P \geq 16\%$
СЗ	2	2	1	5	6	Зимой $v \geq 4$ м/с, Летом $P \geq 16\%$

Из таблицы 4.2 следует, что наиболее благоприятной в Москве является восточная ориентация фасадов жилых домов. На восточный фасад рекомендуется выводить большинство жилых помещений. Противоположный ему западный фасад можно выводить нежилые помещения (кухни, лестнично-лифтовые узлы, подсобные помещения) и не более одной комнаты многоквартирных квартир при их двусторонней ориентации. Планировка квартир односторонней ориентации с окнами на запад не рекомендуется.

Южная сторона, вторая по рейтингу, также может считаться благоприятной для жилища. Однако южные фасады требуют летом солнцезащиты, а зимой – защиты от ветра. Что касается защиты от ветра, то этот вопрос может решаться за счет опорной застройки. Если к югу от здания расположено существующее здание (или проектом планировки территории предусмотрено размещение здания) на расстоянии, не превышающем двойную высоту этого здания, то оно будет служить для проектируемого здания ветрозащитным экраном, и этот вопрос в проекте строительства может считаться решенным. Для солнцезащиты южного фасада достаточно применения на нем балконов и лоджий с трансформируемым остеклением, которые в любом случае необходимо предусмотреть проектом. Таким образом решаются вопросы климатозащиты южного фасада.

Также хорошо ориентировать жилые помещения на юго-восток, если дом защищён от зимних ветров этого направления соседними зданиями или зеленым массивом; запад и юго-запад – стороны неблагоприятные, особенно для квартир без сквозного или углового проветривания.

Бывают случаи, когда по каким-то причинам, к которым могут относиться ориентация улично-дорожной сети, конфигурация участка застройки, ориентация и ритм существующей застройки и т.д. конкретная градостроительная ситуация не позволяет выбрать наилучшую ориентацию. В этих случаях ориентация выбирается наиболее близкой к оптимальной. Оптимальная ориентация на рис. 4.1 нанесена пунктиром, принятая в проекте – сплошной линией. Такая наноска необходима для того, чтобы можно было сравнить, насколько отличается принятая в проекте ориентация от оптимальной и какие дополнительные климатозащитные архитектурные средства требуется предусмотреть, чтобы обеспечить комфортность внутренней среды и придомовой территории.

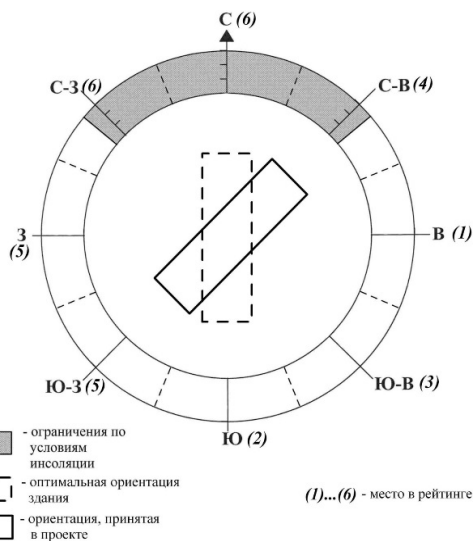


Рисунок 4.1. Пример комплексной оценки сторон горизонта и выбора ориентации здания для г. Москвы

В приведенном примере при оптимальной восточной ориентации в проекте с учетом градостроительной ситуации принята ориентация главного фасада на юго-восток. Из табл. 4.2 видно, что для этой ориентации неблагоприятным фактором является скорость ветра более 4 м/с зимой и повышенное количество солнечной радиации, приходящей к этому фасаду летом. Для защиты от этих неблагоприятных факторов проектом можно предусмотреть следующие архитектурно-планировочные приемы: посадку здания в ветровой тени от существующей застройки; посадку здания в солнечной тени от существующей застройки; светлую окраску юго-восточного фасада; устройство по всему юго-восточному фасаду остекленных балконов и лоджий, консоли и стенки которых будут выполнять роль солнцезащитных устройств для светопроемов на этом фасаде летом и роль буферной зоны, защищающей от пе-

реохлаждения жилые помещения зимой. Максимально возможное количество квартир, имеющих светопроемы на юго-восточном фасаде, рекомендуется обеспечить сквозным или угловым проветриванием за счет их двусторонней планировки или устройства светопроемов по торцам здания. Сам фасад рекомендуется сделать расчлененным – с углублениями, выступами, эркерами и т.д., обеспечивающими его самозатенение при положении солнца на других румбах.

Примеры эскизов плана типового этажа с указанием линий тока воздуха для сквозного проветривания и фасада здания с солнцезащитным пластическим архитектурным решением приведены на рис. 4.2, 4.3.

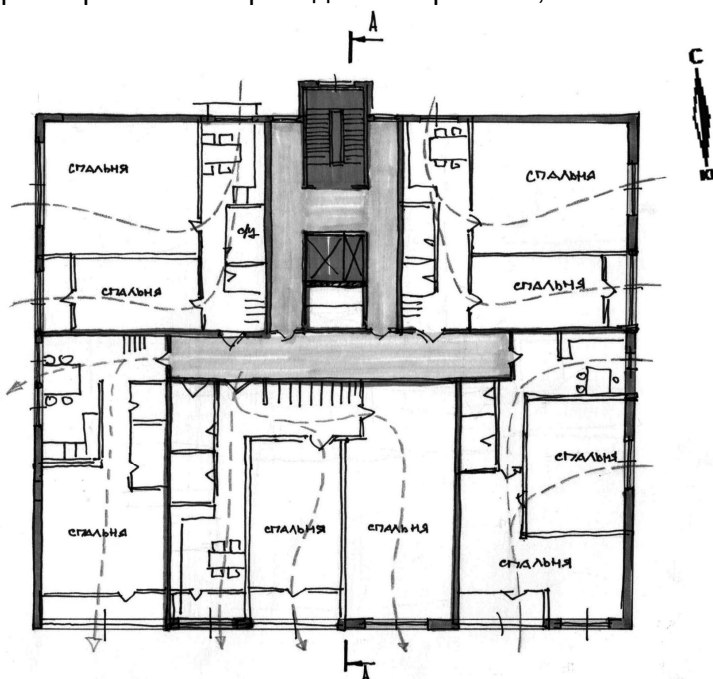


Рисунок 4.2. Эскиз плана типового этажа (рис. ст. Г.Фролова)



Рисунок 4.3. Эскиз фасада здания с солнцезащитными архитектурными элементами (рис. ст. Г.Фролова)

ЗАДАНИЕ 6. Выбор оптимальной ориентации здания, его объемно-планировочного решения и эскиз фасада

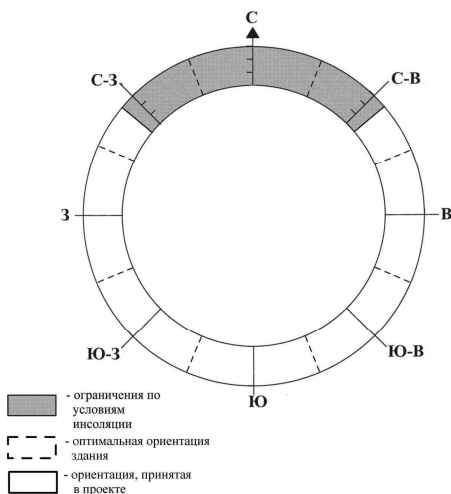
1. Заполнить бланк 16.
2. Выполнить комплексный анализ сторон горизонта по степени благоприятности ориентации фасадов с использованием балльно-рейтинговой системы оценки.
3. Выбрать оптимальную ориентацию здания и нанести ее на бланк 17.
4. Показать на бланке 17 ориентацию здания, принятую по проекту и определить неблагоприятные факторы для его фасадов.
5. Предложить объемно-планировочное решение здания с учетом неблагоприятных факторов климатического воздействия, выполнить эскиз планировочного решения типового этажа.
6. Выполнить эскиз главного фасада здания с учетом выбранных архитектурных способов защиты от неблагоприятных климатических воздействий.

Бланк 16

Румб	Ветер, зима	Ветер, лето	Солнечная радиация	Сумма баллов	Рейтинг	Примечания
С						
СВ						
В						
ЮВ						
Ю						
ЮЗ						
З						
СЗ						

Комплексный анализ сторон горизонта по степени благоприятности ориентации фасадов позволяет сделать следующие выводы: _____

Бланк 17



Принятая в проекте ориентация здания требует учета следующих неблагоприятных факторов: _____

План типового этажа



Эскиз фасада здания

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При подготовке раздела «Архитектурно-климатический анализ» в виде отдельной работы, или в качестве подраздела дипломного проекта в пояснительной записке в табличном и графическом виде приводятся использованные исходные климатические данные с указанием их источников. За этим следует графоаналитический анализ этих данных, сопровождающийся поясняющим текстом по оценке температурного, температурно-влажностного и температурно-ветрового режима местности, а также все другие климатические показатели, исследованные в ходе выполнения архитектурно-климатического анализа.

В заключение даются архитектурно-строительные рекомендации. Приводятся схематические чертежи жилого микрорайона и участка размещения проектируемого здания (масштаб 1:2000), на котором показываются ближайшие элементы улично-дорожной сети и существующая («опорная») застройка и элементы системы благоустройства микрорайона. После этого разрабатывается план участка строительства (масштаб 1:500), на котором показывается проектируемое здание с учетом предпочтительной ориентации квартир по условиям радиационно-теплого и ветрового режимов, дается схема планировки придомовой территории с размещением объектов благоустройства.

Отдельно рекомендуется разработать планировку помещений типового этажа с учётом требований инсоляции, естественной освещенности, сквозного, углового или одностороннего проветривания. Указываются лучшие и худшие стороны для обращения жилых комнат, а также лоджий и балконов.

Также отдельно выполняется эскиз фасада здания, на который выходит большая часть жилых помещений. На этом чертеже показывают виды и места установки солнцезащитных устройств, кондиционеров (при необходимости), размер и конструкция светопроемов, остек-

ление и солнцезащита балконов и лоджий, входные группы разной степени защищённости, теплые или затенённые переходы между домами разного назначения и т.п. Может также указываться спецификация колористического решения фасада.

Таким образом, суммируя все выводы, которые позволяет сделать архитектурно-климатический анализ, архитектор формирует в своем сознании некий «собирательный образ» здания, отвечающего природно-климатическим условиям территории строительства. Выявленные виды отрицательного воздействия суммируются им в комплекс климатозащитных архитектурных решений, благоприятные факторы – в архитектурные, конструктивные, объемно-планировочные решения, позволяющие наиболее эффективно использовать естественные климатические ресурсы для повышения комфорта внутренней и наружной среды проектируемого здания. Спроектированное таким образом здание будет органически вписываться в окружающую среду, в максимальной степени удовлетворять требованиям жителей к микроклимату внутренней среды, требовать минимальных затрат на нужды эксплуатации и в целом отвечать концепции устойчивой архитектуры.

Рекомендуемая литература:

1. Архитектурная физика: Учеб. для вузов, спец. А-87 «Архитектура» / Под ред. Н.В.Оболенского. – М.: «Архитектура-С», 2005. – 448 с.
2. Мягков М.С., Алексеева Л.И. Архитектурная климатология. – М.: «Инфра-М», 2016. – 356 с.
3. Мягков М.С. Климатический анализ в архитектурном проектировании/ учебно-методич. пособие. – М.: МАРХИ, 2016. - 131 с.
4. Город, архитектура, человек и климат / Под ред. М.С.Мягкова – М.: «Архитектура-С», 2007. – 344 с.
5. Мягков М.С. Архитектурная климатология. / учебное пособие. - М.:МАРХИ, 2016. - 240 с.
6. Лицкевич В.К. Жилище и климат. – М.: Стройиздат, 1984. – 288 с.
7. Учебные материалы кафедры «Архитектурная физика» МАРХИ. Сетевой ресурс:
<http://marhi.ru/kafedra/detail.php?ID=1115>

ПРИЛОЖЕНИЕ: Климатические характеристики городов

Архангельск (64.5° с.ш., 40.5° в.д.)

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-13.6	-12.1	-5.7	0.1	6.6	12.7	16.0	13.2	8.0	1.8	-4.8	-9.9	1.0
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	<u>6.9</u> 22.4	<u>6.7</u> 21.6	<u>8.7</u> 23.1	<u>8.4</u> 21.1	<u>8.6</u> 20.1	<u>9.6</u> 19.1	<u>9.8</u> 19.5	<u>8.8</u> 18.7	<u>6.2</u> 14.7	<u>4.3</u> 16.3	<u>4.4</u> 16.0	<u>5.8</u> 22.0	
Влажность воздуха, гПа	2.3	2.4	3.1	4.5	6.4	10.0	12.9	12.4	9.2	6.1	4.3	3.1	6.4
Скорость ветра, м/с	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.6	2.4	2.3	2.5	2.9	2.7	2.8	2.7
Осадки, мм	34	28	27	31	41	54	62	64	61	59	54	43	558
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	7.8 3.7	35.5 17.5	121.8 62.5	161.2 100.8	228.5 130.9	240 157.7	240.2 154.8	178 112.3	108 51.1	44.5 20.8	14.2 5.8	– 0.7	

Ветер* и солнечная радиация понаправлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)** и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	<u>7</u> 3.6	<u>6</u> 3.2	<u>13</u> 4.2	<u>19</u> 4.9	<u>15</u> 5.1	<u>20</u> 5.9	<u>12</u> 6.6	<u>8</u> 6.2	2%
июль	<u>19</u> 4.6	<u>16</u> 4.0	<u>15</u> 4.0	<u>11</u> 3.8	<u>8</u> 3.5	<u>9</u> 4.3	<u>7</u> 4.7	<u>15</u> 4.8	4%
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	10	51	64	51	10	–	
июль	67	108.0	162.4	176.8	165.9	176.8	162.4	108.0	

* принимается по СНиП 2.01.01-82 «строительная климатология и геофизика»

** Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Астрахань 46.3° с.ш., 48.0 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-4.8	-4.3	2.0	11..3	18.0	22.9	25.4	23.8	17.6	10.0	3.4	-2.0	10.3
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.8 —	7.5 —	9.1 —	11.3 —	11.2 —	10.1 —	10.7 —	11.7 —	11.3 —	10.0 —	4.8 —	5.8 —	
Влажность воздуха, гПа	3.6	3.7	5.0	7.5	11.3	15.0	17.1	16.2	12.3	8.6	6.3	4.6	9.3
Скорость ветра, м/с	2.9	3.1	3.2	3.2	2.8	2.6	2.3	2.3	2.5	2.6	2.8	2.8	2.8
Осадки, мм	15	10	16	25	22	21	15	18	24	17	17	15	215
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	64.4 30.5	94.7 48.4	163.4 101.2	197.6 137.5	240.3 189.7	245.8 196.5	244.8 196.4	207.8 171.1	167.4 119.5	119.8 70.7	77.4 36.7	58.7 20.1	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	9 4.1	15 4.3	22 4.8	14 4.6	5 3.2	10 4.4	15 4.7	10 4.7	2
июль	15 3.6	10 3.7	11 4.0	12 4.2	10 4.0	14 3.7	14 3.7	14 3.9	4
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	51.0	123.1	164.9	123.1	51.0	—	
июль	53.7	92.6	135.3	126.3	104.2	126.3	135.3	92.6	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Барнаул 53.4° с.ш., 83.7° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-16.3	-14.4	-7.1	3.6	12..3	17.8	19.8	17.0	10.9	3.3	-6.5	-13.5	2.2
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	10.3 26.9	11.4 23.5	11.3 27.3	10.9 27.0	13.2 26.7	12.8 23.0	11.8 22.1	12.1 22.9	12.3 24.8	9.3 23.1	8.3 25.0	9.1 26.7	
Влажность воздуха, гПа	1.6	1.7	2.8	5.2	7.5	12.4	15.5	13.4	9.1	5.6	3.2	2.0	6.7
Скорость ветра, м/с	2.3	2.4	2.5	3.0	2.7	2.0	1.6	1.7	2.2	2.7	2.8	2.8	2.4
Осадки, мм	24	19	19	25	40	45	60	50	29	51	35	26	423
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	40.8 31.2	70.1 59.1	144.0 110.8	189.2 143.3	235.0 187.5	243.6 196.6	244.3 198.6	197.6 151.8	144.8 103.7	88.3 54.3	47.4 31.7	30.8 22.3	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	4 2.6	14 2.6	3 2.0	8 2.1	17 3.2	37 5.9	14 3.6	3 3.0	25
июль	10 3.1	17 3.2	8 2.7	12 3.1	13 3.8	16 3.8	14 3.1	10 3.5	17
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	36.2	97.4	131.0	97.4	36.2	–	
июль	59.4	95.0	146.1	145.2	130.6	145.2	146.1	95.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Белгород 50.6° с.ш., 36.6 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-8.5	-6.4	-2.5	7.5	14.6	17.9	19.9	18.7	12.9	6.4	0.3	-4.5	6.4
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	5.8 21.6	6.0 18.3	6.3 18.6	8.5 17.2	10.6 19.0	10.9 18.6	10.4 18.2	10.4 17.6	9.6 19.0	7.1 18.0	5.0 15.8	4.7 19.3	
Влажность воздуха, гПа	3.2	3.6	4.5	7.2	9.9	12.8	14.9	13.7	10.2	7.7	5.7	4.4	8.2
Скорость ветра, м/с	3.3	3.3	3.2	2.9	2.6	2.4	2.3	2.3	2.5	3.0	3.1	3.2	2.8
Осадки, мм	49	38	35	39	49	60	77	88	50	42	46	55	628
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	50.2 26.0	80.2 43.0	151.6 81.1	190.4 100.8	237.0 152.5	244.4 169.9	244.6 165.9	201.4 130.9	154.9 87.1	102.0 43.9	60.0 20.2	40.6 16.4	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	8 5.8	14 5.2	9 4.3	14 5.3	11 5.1	17 5.9	18 5.7	9 5.7	2
июль	13 4.4	18 4.1	10 4.0	8 3.5	6 3.3	10 4.2	16 4.1	19 4.9	4.1
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	42.8	108.2	144.3	108.2	42.8	—	
июль	57.6	93.6	141.6	138.2	120.8	138.2	141.6	93.6	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Благовещенск 50.3° с.ш., 127.5 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-22.3	-17.2	-7.2	4.2	12.5	19.1	21.7	19.4	12.4	2.9	-10.4	-20.4	1.2
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	10.3 20.3	11.6 25.4	12.2 24.6	11.3 23.6	12.7 28.6	11.4 21.2	10.1 19.8	10.4 22.2	11.5 21.4	11.0 23.7	9.4 20.1	9.7 19.9	
Влажность воздуха, гПа	0.7	1.0	2.2	4.2	7.3	14.1	19.2	16.8	10.2	4.7	1.9	0.9	6.0
Скорость ветра, м/с	1.7	1.9	2.2	2.5	2.4	2.4	1.7	1.7	1.8	2.2	2.0	1.6	2.0
Осадки, мм	5	5	12	32	47	90	134	131	70	21	14	10	571
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	51.1 49.8	81.4 77.9	152.5 131.7	191.0 154.8	237.3 171.2	244.4 174.2	244.6 174.8	201.7 146.6	156.0 108.7	103.2 80.4	61.2 51.8	41.8 37.9	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	21 3.4	5 1.9	1 1.7	1 1.8	6 1.8	6 1.5	11 1.9	49 3.3	34
июль	13 3.0	13 3.1	10 2.3	15 3.1	21 2.6	9 2.5	6 2.4	13 2.7	17
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	43.4	109.4	145.6	109.4	43.4	–	
июль	57.3	93.6	141.0	137.3	119.6	137.3	141.0	93.6	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Брянск 53.2° с.ш., 34.4 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-7.4	-6.6	-1.2	7.0	13.6	16.9	18.4	17.2	11.7	5.6	-0.4	-5.0	5.8
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.6 —	8.0 —	8.0 —	9.7 —	13.0 —	12.7 —	12.6 —	12.4 —	11.0 —	7.8 —	5.1 —	5.7 —	
Влажность воздуха, гПа	3.1	3.2	4.1	6.8	9.6	12.9	15.0	14.3	10.7	7.5	5.4	4.0	8.1
Скорость ветра, м/с	2.7	2.6	2.6	2.5	2.3	2.1	2.0	2.0	2.0	2.3	2.4	2.6	2.3
Осадки, мм	34	29	34	46	51	77	74	65	54	41	46	47	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	41.5 23.6	70.8 34.0	141.9 80.4	185.9 107.3	235.1 157.7	243.7 172.8	244.4 159.1	197.9 131.7	145.5 90.7	91.4 48.4	48.3 21.6	31.4 14.1	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	6 4.6	10 4.6	13 4.9	16 5.3	11 5.6	18 6.3	15 5.2	11 4.8	9
июль	10 4.0	12 3.8	11 3.5	6 3.4	7 3.7	10 4.4	21 4.4	23 4.5	16
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	36.7	98.2	132.0	98.2	36.7	—	
июль	59.3	94.9	145.8	144.7	129.9	144.7	145.8	94.9	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Верхоянск 67.5° с.ш., 133.4 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °C	-46.0	-42.2	-29.9	-12.5	3.5	13.3	16.0	11.3	2.5	-14.6	-35.7	-43.4	-14.8
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °C	6.7 32.6	9.3 35.9	18.1 32.6	19.8 33.4	13.0 25.6	13.2 25.7	13.5 27.1	14.5 27.5	11.7 25.9	10.1 26.9	7.6 28.4	6.5 25.8	
Влажность воздуха, гПа	0.1	0.2	0.5	1.7	4.3	8.2	10.5	9.0	5.4	2.0	0.3	0.1	3.5
Скорость ветра, м/с	0.6	0.5	0.7	1.5	2.4	2.6	2.2	1.7	1.6	1.1	0.7	0.7	1.4
Осадки, мм	7	7	5	7	12	26	36	19	15	14	10	10	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	2.1 2.0	31.8 17.5	82.4 69.9	158.6 134.6	224.8 174.8	240.0 182.9	245.9 165.2	178.0 121.3	100.5 62.6	35.8 28.3	9.9 5.0	0.0 0.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	2 2.9	6 2.4	1 2.0	1 2.5	4 2.1	74 2.1	11 2.0	1 3.0	70
июль	29 3.7	33 2.9	3 2.1	1 2.4	6 2.8	19 3.2	4 3.0	5 2.8	37
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	4.0	39.0	60.2	39.0	4.0	–	
июль	76.2	120.0	176.6	190.8	177.1	190.8	176.6	120.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Вилуйск 63.8° с.ш., 121.6° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-36.7	-31.7	-19.2	-6.0	5.6	15.1	18.5	14.3	5.4	-7.7	-26.5	-34.6	-8.6
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	7.3 23.3	9.5 23.2	14.6 28.5	13.4 28.8	11.4 24.6	12.4 23.6	12.1 21.4	12.3 24.1	10.0 22.2	7.6 23.0	7.9 24.8	7.4 31.2	
Влажность воздуха, гПа	0.3	0.4	1.1	2.4	4.8	9.2	12.3	10.7	6.5	3.0	0.8	0.4	4.3
Скорость ветра, м/с	1.5	1.5	1.7	2.1	2.4	2.3	2.0	2.0	2.0	2.1	1.7	1.6	1.9
Осадки, мм	10	8	8	11	20	33	47	38	27	24	19	15	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	10.4 8.9	37.5 32.9	113.0 94.5	163.4 159.1	230.0 183.8	240.2 181.4	238.0 169.6	178.2 146.6	111.8 80.6	48.5 43.9	16.4 15.1	3.5 3.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	2 1.1	19 2.3	16 2.5	4 2.0	8 2.3	36 3.0	12 3.0	3 3.0	26
июль	19 3.6	14 3.1	14 3.2	6 2.7	6 3.0	13 3.5	14 3.4	14 4.2	14
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	11.4	53.8	68.4	53.8	11.4	—	
июль	65.8	105.7	159.7	174.2	163.4	174.2	159.7	105.7	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Владивосток 43.1 ° с.ш., 131.9 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-12.6	-9.1	-2.1	4.8	9.7	13.2	17.5	19.6	15.7	8.7	-1.0	-9.3	4.6
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	8.2 17.2	8.5 15.0	7.6 15.4	7.7 19.5	8.0 19.9	6.9 17.2	5.5 16.7	5.6 13.3	6.8 14.0	7.4 17.8	7.1 17.9	7.3 20.0	
Влажность воздуха, гПа	1.6	2.0	3.5	5.9	9.2	13.8	19.0	21.0	14.8	8.7	4.2	2.2	8.8
Скорость ветра, м/с	6.5	6.1	6.0	6.3	6.0	5.8	5.6	5.6	5.4	6.3	6.5	6.3	6.0
Осадки, мм	15	18	24	52	61	99	119	149	124	68	38	19	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	76.6 73.6	104.4 94.1	170.2 131.7	201.4 135.4	243.4 144.3	247.4 128.9	246.4 124.2	215.2 125.7	174.2 120.2	132.0 95.2	89.0 65.5	69.0 58.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	74 9.0	3 4.5	1 2.0	9 4.1	1 1.9	2 3.0	2 2.6	8 6.1	7
июль	8 4.6	1 3.0	3 4.1	63 5.9	15 4.7	5 2.9	2 2.2	3 3.0	4
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	57.2	132.7	180.2	132.7	57.2	–	
июль	54.0	96.0	130.3	119.0	82.1	119.0	130.3	96.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Ереван 40.2° с.ш., 44.5° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-3.4	-0.9	5.3	12.4	17.4	21.6	25.5	25.2	20.5	13.5	6.5	-0.2	12.0
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	8.3 18.4	9.1 20.0	10.9 21.3	13.0 21.0	13.6 21.6	15.0 21.7	15.1 21.6	15.6 21.9	15.6 23.2	14.0 24.0	10.6 19.7	8.1 20.3	
Влажность воздуха, гПа	4.1	4.5	5.4	7.6	10.6	12.2	14.2	13.5	11.0	8.7	7.0	4.9	8.6
Скорость ветра, м/с	0.8	1.3	2.1	2.4	2.4	2.8	3.3	3.0	2.2	1.6	1.2	0.9	2.0
Осадки, мм	20	21	29	51	42	22	16	9	8	32	26	20	296
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	88.2 51.2	115.2 73.4	177.5 114.0	202.9 149.0	247.7 199.0	248.9 225.2	247.9 228.0	222.5 207.4	181.5 162.4	141.4 116.5	98.4 65.6	82.1 41.7	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	4 1.3	11 1.9	18 1.8	14 2.3	16 2.5	26 2.3	8 2.5	3 1.9	66
июль	12 5.4	30 5.8	5 2.1	12 2.3	16 2.1	14 2.6	7 2.6	4 4.8	28
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	64.5	141.4	190.3	141.4	64.5	–	
июль	54.0	96.0	128.2	112.4	72.6	112.4	128.2	96.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Иркутск 52.3 ° с.ш., 104.3 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-18.5	-15.5	-7.0	2.1	9.8	15.5	18.1	15.5	9.0	1.5	-7.9	-15.9	0.5
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	9.8 21.7	12.6 25.1	13.7 25.6	12.9 25.4	15.3 28.3	15.1 26.2	13.4 25.2	12.6 24.7	12.8 22.9	11.4 25.0	10.1 22.1	9.1 23.7	
Влажность воздуха, гПа	1.2	1.3	2.3	4.0	6.1	11.1	14.9	13.4	8.5	4.9	2.6	1.6	6.0
Скорость ветра, м/с	1.8	1.9	2.2	2.6	2.5	2.1	1.7	1.8	2.0	2.1	1.9	1.6	2.0
Осадки, мм	12	8	13	19	33	62	120	83	50	30	18	19	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	44.9 27.5	74.0 53.1	145.7 107.9	187.5 137.5	235.8 165.2	243.9 169.2	244.8 165.2	199.5 138.4	148.9 101.5	94.4 67.0	52.6 32.4	34.1 20.1	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	6 1.3	9 1.0	14 1.6	34 2.9	3 2.1	1 0.7	7 2.0	26 2.8	20
июль	4 2.0	2 1.3	5 1.8	32 2.2	9 1.7	6 1.4	18 2.3	24 3.0	11
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	39.2	101.8	136.6	101.8	39.2	–	
июль	59.1	94.2	144.4	142.7	127.0	142.7	144.4	94.2	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Кисловодск 43.9 ° с.ш., 42.7 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-3.3	-2.4	1.5	8.0	13.0	16.2	18.6	18.2	13.9	8.3	3.2	-1.1	7.7
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	9.1 21.1	9.3 20.7	9.8 22.7	10.6 22.4	9.8 20.1	10.2 18.7	10.6 19.7	10.8 19.9	10.6 23.0	10.3 21.4	9.3 21.4	9.2 20.3	
Влажность воздуха, гПа	3.6	3.9	4.6	6.8	10.3	12.9	14.8	14.1	11.2	7.8	5.6	4.1	8.3
Скорость ветра, м/с	3.4	3.8	3.8	3.8	3.4	3.1	2.8	3.0	2.9	3.2	3.2	3.3	3.3
Осадки, мм	18	18	34	60	95	122	99	78	60	37	29	22	672
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	69.2 37.3	98.2 57.0	166.0 75.6	199.5 112.9	241.2 145.4	246.5 153.7	245.5 159.6	210.8 135.1	170.0 101.2	125.0 67.6	82.2 36.1	61.5 29.2	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	2 1.0	3 2.8	48 3.9	19 3.1	0 —	1 1.8	1 4.6	14 6.3	12
июль	5 1.9	6 3.3	21 4.1	19 3.7	2 1.1	2 2.0	22 4.1	23 4.4	13
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	—	—	55.2	130.3	177.4	130.3	55.2	—	
июль	52.2	92.0	132.8	119.8	94.6	119.8	132.8	92.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Красноярск 56.0 ° с.ш., 92.9 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-16.0	-14.0	-6.3	1.9	9.7	16.0	18.7	15.4	8.9	1.5	-7.5	-13.7	1.2
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	7.9 25.7	8.9 27.8	9.4 25.4	9.5 22.5	11.4 24.3	11.6 23.4	10.9 19.8	10.2 20.5	9.3 21.9	7.6 21.9	7.1 24.4	7.6 25.5	
Влажность воздуха, гПа	1.4	1.5	2.6	4.5	6.5	11.4	14.7	12.9	8.7	4.9	2.7	1.6	5.1
Скорость ветра, м/с	2.3	2.2	2.5	2.7	2.5	2.0	1.6	1.7	2.0	2.6	2.6	2.6	2.3
Осадки, мм	15	13	15	26	47	58	80	68	41	41	37	26	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	31 12.8	61 40.9	130 90.9	181 123.4	233 135.1	243 172.4	243 160.7	193 104.8	135 66.6	74 42.5	35 18.6	23 9.5	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	1 0.6	1 0.4	2 0.8	1 0.5	15 6.2	64 5.3	15 3.6	1 0.9	35
июль	4 2.0	9 2.2	10 2.2	3 1.4	11 2.8	41 3.0	16 2.4	6 2.3	24
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	29	87	118	87	29	–	
июль	60	97	150	151	139	151	150	97	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Кызыл 51.7° с.ш., 94.4 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-29.3	-24.3	-11.0	4.4	12.3	18.2	20.2	17.3	10.1	0.7	-13.6	-26.0	-1.8
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	9.8 18.8	12.4 21.9	14.7 25.4	13.1 23.1	15.5 27.4	14.9 25.5	13.7 24.0	13.5 22.9	14.1 24.2	13.5 23.8	10.2 23.2	9.5 22.3	
Влажность воздуха, гПа	0.4	0.6	1.6	3.8	5.6	9.7	12.6	11.4	7.3	3.9	1.7	0.6	4.9
Скорость ветра, м/с	0.9	1.1	1.6	2.5	2.6	2.3	1.9	1.8	1.7	1.4	1.1	0.8	1.6
Осадки, мм	9	4	2	5	20	34	50	38	20	7	11	12	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	46.9 39.4	76.1 67.2	148.0 129.5	188.5 154.8	236.2 183.8	244.1 187.9	244.9 189.7	200.3 161.4	151.0 119.5	97.3 77.4	55.3 42.5	36.2 28.3	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	5 1.1	13 1.5	44 1.7	15 1.3	6 1.2	10 1.3	3 1.1	4 1.0	60
июль	22 3.3	17 2.2	23 2.6	4 2.3	2 2.4	6 2.8	8 2.6	18 3.6	22
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	40.6	104.1	139.4	104.1	40.6	–	
июль	58.7	93.9	143.5	141.2	124.9	141.2	143.5	93.9	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Магадан 59.6° с.ш., 150.8 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °C	-16.7	-15.6	-11.5	-4.9	1.5	7.4	11.5	11.9	7.3	-1.3	-10.5	-15.0	-3.0
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °C	8.9 —	9.6 —	12.4 —	10.4 —	10.6 —	11.4 —	10.7 —	10.9 —	10.4 —	10.6 —	9.5 —	8.6 —	
Влажность воздуха, гПа	1.2	1.3	1.6	3.0	5.2	8.2	11.1	11.3	8.0	3.7	1.9	1.4	4.8
Скорость ветра, м/с	4.2	3.9	3.7	3.6	3.2	3.2	3.0	2.9	3.1	3.8	4.2	4.2	3.6
Осадки, мм	14	14	11	28	46	53	68	72	81	74	45	27	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	20.2 8.1	48.4 30.3	114.7 99.0	171.1 150.1	229.4 173.2	243.9 160.7	238.5 138.4	184.0 105.9	126.9 63.9	59.6 42.0	24.2 13.9	14.0 4.7	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	1 5.9	63 6.2	32 7.3	1 6.3	0 —	1 4.4	2 3.0	0 —	3
июль	2 3.2	16 4.3	22 4.5	2 4.0	0 —	13 4.6	41 4.4	4 3.2	7
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	—	—	20.0	70.8	96.4	70.8	20.0	—	
июль	60.9	99.7	153.6	158.2	150.7	158.2	153.6	99.7	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Махачкала 43.0 ° с.ш., 47.5 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	0.6	0.8	4.4	10.3	16.2	21.6	24.6	24.3	19.9	13.7	7.8	2.9	12.3
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	5.1 15.5	5.3 17.6	6.0 17.3	7.4 18.9	8.0 21.5	7.9 15.5	7.6 17.9	7.2 13.4	6.7 15.3	6.0 17.8	5.1 17.8	5.2 18.9	
Влажность воздуха, гПа	5.3	5.5	6.6	9.2	13.2	16.6	19.8	20.0	16.3	11.9	8.8	6.5	11.6
Скорость ветра, м/с	3.4	3.7	3.7	3.5	3.3	3.0	2.7	2.8	3.3	3.5	3.5	3.5	3.3
Осадки, мм	23	30	23	19	25	25	26	24	39	44	29	29	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	77.0 37.2	104.8 48.4	170.5 90.8	201.5 144.0	243.5 190.5	247.5 202.3	246.5 196.4	215.5 171.9	174.5 122.4	132.2 80.4	89.2 41.8	69.5 26.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	2 1.9	1 1.3	2 2.9	31 8.5	3 6.0	0 —	17 5.2	44 7.0	11
июль	3 2.9	6 4.4	14 5.2	34 6.4	5 4.2	1 1.4	14 4.9	23 6.2	11
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	57.5	133.0	180.5	133.0	57.5	—	
июль	53.8	91.5	131.2	117.5	91.5	117.5	131.2	91.5	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Мурманск 69.0 ° с.ш., 33.01 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-10.5	-10.4	-5.8	-1.3	3.7	9.2	12.8	11.1	6.8	0.9	-4.9	-8.2	0.3
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.4 20.2	6.2 16.0	7.0 17.2	6.4 17.9	6.8 19.7	8.2 20.0	8.9 21.2	7.6 18.5	5.2 14.8	4.2 13.0	4.9 17.1	6.0 20.3	
Влажность воздуха, гПа	3.6	2.5	3.1	3.9	5.4	7.9	10.1	10.2	7.8	5.4	4.0	3.1	5.6
Скорость ветра, м/с	5.4	5.4	4.9	4.5	4.3	4.4	4.0	3.7	4.1	4.8	4.8	5.2	4.6
Осадки, мм	30	22	19	20	30	54	61	79	53	43	41	37	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	0.0 0.0	29.5 10.0	69.2 48.9	156.8 93.1	222.5 135.1	240.0 143.7	256.0 135.7	178.0 80.3	96.0 41.7	30.5 15.0	7.2 2.2	0.0 0.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	3 8.5	3 4.7	1 2.8	4 4.7	58 6.6	21 7.5	5 9.4	5 8.5	8
июль	36 4.9	18 3.8	4 3.6	3 4.0	20 4.1	9 4.3	3 4.8	7 5.4	8
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	—	—	—	0	0	0	0	—	
июль	79.8	126.0	183.8	197.5	182.8	197.5	183.8	126.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Нижний Новгород 56.3 ° с.ш., 44.0 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-11.8	-11.1	-5.0	4.2	12.0	16.4	18.4	16.9	11.0	3.6	-2.8	-8.9	3.6
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.0 24.9	6.8 19.7	7.0 17.2	7.7 16.2	9.6 19.9	10.0 17.3	9.5 17.5	9.4 19.0	7.9 19.3	5.4 15.9	4.8 16.2	5.3 26.3	
Влажность воздуха, гПа	2.5	2.5	3.6	6.0	8.7	12.0	14.8	13.7	10.1	6.6	4.5	3.2	7.3
Скорость ветра, м/с	2.6	2.7	2.5	2.6	2.3	2.1	1.9	1.9	2.1	2.4	2.6	2.6	2.4
Осадки, мм	40	33	27	36	52	64	76	67	57	59	56	50	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	30.1 13.	60.0 33.6	128.7 74.4	180.2 111.6	232.7 164.4	243.1 175.7	242.6 171.9	192.2 129.5	134.3 77.0	72.8 35.0	34.1 15.1	22.2 7.4	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	6 4.0	6 3.4	8 4.0	12 3.9	18 4.2	27 5.1	14 4.0	9 3.9	11
июль	13 4.1	10 3.3	16 3.5	8 2.6	8 2.5	14 3.3	17 3.1	14 4.0	17
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	28.2	85.6	116.2	85.6	28.2	–	
июль	60.1	97.2	150.3	151.6	140.0	151.6	150.3	97.2	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Новороссийск 44.7 ° с.ш., 37.8 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	2	2	5	10	15	20	23	23	19	14	8	4	12
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.7 19.2	6.7 21.4	7.1 18.6	7.4 17.1	7.8 17.0	8.1 17.5	8.6 16.4	8.8 16.3	9.0 16.4	8.3 16.9	7.6 16.6	6.9 19.2	
Влажность воздуха, гПа	6.3	6.1	6.7	9.2	13.3	17.3	19.2	18.3	14.4	11.1	9.1	7.4	11.0
Скорость ветра, м/с	6.9	6.9	6.1	3.3	2.5	2.2	3.3	5.6	4.4	6.9	5.3	5.6	4.7
Осадки, мм	86	65	55	49	48	69	52	42	60	53	78	131	799
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	70.4 36.5	99.1 54.4	166.6 101.2	200.0 128.2	241.5 178.5	246.6 187.9	245.6 191.2	211.4 171.8	170.6 126.7	126.2 78.1	83.4 39.6	62.6 26.8	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	16 6.7	11 10.1	1 2.5	11 6.1	16 5.5	6 5.3	4 2.7	35 4.0	5
июль	13 4.4	17 6.5	4 2.4	17 3.2	8 3.4	7 3.5	5 2.9	28 2.9	14
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	53.8	127.9	173.3	127.9	53.8	–	
июль	52.5	92.2	133.7	122.0	97.8	122.0	133.7	92.2	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Пермь 58.0 ° с.ш., 56.2 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-13.9	-12.3	-4.5	3.5	10.6	15.8	18.2	15.1	9.5	2.3	-5.6	-11.3	2.3
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.7 25.6	7.9 22.0	8.8 24.4	8.9 20.0	11.0 25.3	11.6 21.3	11.1 19.2	10.6 20.6	8.3 19.9	5.2 20.5	5.3 22.2	6.5 32.1	
Влажность воздуха, гПа	1.9	2.0	3.1	5.2	7.6	11.3	14.0	12.7	9.3	5.8	3.7	2.4	6.6
Скорость ветра, м/с	2.6	2.5	2.5	2.5	2.4	2.1	1.7	1.8	2.2	2.6	2.5	2.6	2.3
Осадки, мм	44	30	28	36	59	81	70	76	72	61	55	45	657
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	25.0 12.8	54.0 32.5	121.5 79.2	175.5 119.8	231.0 153.7	243.5 166.5	240.5 159.6	188.0 119.8	130.5 66.4	66.0 29.6	29.0 12.8	18.0 7.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	6 3.2	6 3.1	10 4.0	18 4.6	21 5.2	22 4.8	11 3.8	6 3.0	15
июль	18 3.6	10 3.4	10 3.5	12 3.4	10 3.8	12 3.8	14 3.6	14 3.2	13
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	24.0	78.0	106.0	78.0	24.0	—	
июль	60.5	98.5	152.0	155.0	145.5	155.0	152.0	98.5	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Петропавловск-Камчатский 53.0° с.ш., 158.6° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-7.0	-6.6	-4.0	0.1	4.4	9.2	12.5	13.2	10.3	5.2	-1.1	-5.2	2.6
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	5.7 18.0	5.6 19.4	5.5 15.9	4.6 11.2	4.9 17.6	5.4 19.0	5.8 17.0	5.8 15.4	6.0 16.5	5.5 12.0	4.8 15.7	5.1 15.5	
Влажность воздуха, гПа	2.6	2.5	3.0	4.2	6.0	8.7	11.8	12.5	9.7	6.1	3.8	2.9	6.2
Скорость ветра, м/с	4.9	5.1	4.9	4.2	3.5	3.1	2.8	3.0	3.6	4.7	5.5	5.0	4.2
Осадки, мм	81	70	62	51	67	65	81	97	101	139	95	86	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	42.2 30.5	71.5 49.7	142.8 95.2	186.2 128.2	235.2 152.5	243.8 154.8	244.5 143.6	198.2 131.7	146.2 92.2	90.5 64.7	49.2 33.8	32.0 23.1	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	29 7.2	6 1.3	9 15.3	4 15.6	1 9.3	0 —	7 10.2	44 9.0	8
июль	14 3.1	1 3.8	5 4.1	44 3.4	10 2.9	2 1.6	5 6.8	19 6.4	17
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	—	—	37.2	99.0	133.0	99.0	37.2	—	
июль	59.2	94.8	145.5	144.2	129.2	144.2	145.5	94.8	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Ростов-на-Дону 47.2 ° с.ш., 39.7 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-3.8	-2.9	2.2	10.8	16.8	20.8	23.2	22.3	16.6	9.6	3.3	-1.5	9.8
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	14.0 24.6	14.8 26.7	17.7 30.2	12.7 28.1	13.6 29.2	13.6 25.1	12.3 26.6	11.4 24.7	13.3 25.2	12.0 24.1	12.4 27.4	12.0 27.4	
Влажность воздуха, гПа	4.0	4.3	5.4	8.1	11.1	14.5	16.0	14.9	11.6	8.7	6.9	5.2	9.2
Скорость ветра, м/с	3.6	3.7	3.9	3.4	2.9	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	3.2
Осадки, мм	57	51	52	44	52	65	50	44	43	39	50	67	614
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	61.0 26.0	92.2 47.0	161.6 96.7	196.2 132.5	239.6 186.0	245.4 197.3	244.4 187.5	205.8 171.9	165.6 117.4	116.2 69.9	74.0 36.0	53.8 20.8	

Ветер и солнечная радиация понаправлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	4 3.9	14 5.9	33 6.5	10 4.8	4 3.3	12 4.0	17 4.1	6 3.1	7
июль	13 3.4	13 4.0	20 4.4	5 3.2	5 3.2	12 3.5	23 3.6	11 3.3	9
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	49.4	120.4	160.2	120.4	49.4	–	
июль	54.4	92.8	136.2	128.8	107.8	128.8	136.2	92.8	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Салехард 66.5° с.ш., 66.6 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-24.2	-23.5	-15.4	-9.2	-1.1	8.6	14.1	11.1	5.3	-4.1	-15.2	-20.6	-6.2
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	8.4 26.8	8.4 27.3	9.7 24.7	9.6 26.7	7.5 18.4	8.4 20.7	9.0 19.2	7.8 16.2	5.9 14.5	5.2 19.0	7.7 25.0	8.5 29.1	
Влажность воздуха, гПа	1.0	1.0	1.6	3.0	4.6	8.0	11.6	10.7	7.7	4.2	2.1	1.3	4.7
Скорость ветра, м/с	2.5	2.5	2.9	3.3	3.4	3.5	3.2	2.8	2.7	3.0	2.4	2.5	2.9
Осадки, мм	21	18	19	24	32	51	69	62	50	39	27	24	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	3.8 2.2	33.2 17.5	91.1 64.7	159.9 122.4	226.2 155.5	240.0 169.2	243.6 168.9	178.0 109.4	103.5 51.1	39.2 23.1	11.6 5.8	0.0 0.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	3 4.1	19 4.5	3 3.4	14 3.1	23 3.3	23 4.6	6 6.7	9 5.4	13
июль	13 5.1	33 5.3	9 3.9	6 3.2	7 3.4	8 4.1	9 6.0	15 6.5	7
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	8.0	47.0	56.9	47.0	8.0	–	
июль	72.9	112.0	167.1	181.8	169.6	181.8	167.1	112.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Санкт Петербург 59.9 ° с.ш., 30.3 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-6.6	-6.3	-1.5	4.5	10.9	15.7	18.3	16.7	11.4	5.7	0.2	-3.9	5.4
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	5.4 20.4	6.4 22.4	7.3 18.7	7.8 20.1	9.3 19.4	8.9 19.2	8.7 16.5	8.1 16.6	6.9 15.0	4.9 21.0	3.8 16.0	4.4 19.6	
Влажность воздуха, гПа	3.3	3.2	4.4	7.0	9.6	12.8	15.0	14.0	10.5	7.4	5.5	4.0	8.1
Скорость ветра, м/с	2.6	2.4	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.8	1.9	2.4	2.6	2.6	2.2
Осадки, мм	38	30	35	33	37	58	78	81	70	67	56	50	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	19.3 5.2	47.4 18.8	113.4 60.3	170.3 94.3	229.1 151.8	244.0 158.4	238.1 155.5	183.2 115.3	126.2 65.5	58.4 20.8	23.3 6.5	3.2 2.2	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	5 2.6	10 3.1	9 2.4	13 3.5	19 4.0	18 4.2	15 3.7	11 2.7	9
июль	9 2.4	19 2.7	9 2.2	8 2.6	8 2.9	15 3.2	22 3.5	10 2.6	15
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	19.2	69.4	94.6	69.4	19.2	–	
июль	61.0	99.9	153.9	158.8	151.7	158.8	153.9	99.9	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Саратов 51.5 ° с.ш., 46.0 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-8.7	-8.4	-2.5	8.4	15.9	20.2	22.3	20.6	14.3	6.7	-0.6	-6.4	6.8
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.8 18.9	6.8 21.6	7.2 19.7	9.9 21.5	11.6 19.7	12.0 21.3	11.9 20.4	11.9 21.2	11.0 20.8	8.1 19.1	6.1 17.4	6.1 22.0	
Влажность воздуха, гПа	2.6	2.7	4.0	6.6	9.1	12.2	13.9	13.2	9.7	6.7	4.7	3.6	7.4
Скорость ветра, м/с	4.1	4.1	4.0	3.9	3.7	3.5	3.4	3.3	3.5	3.8	4.1	4.0	3.8
Осадки, мм	41	34	31	31	35	50	49	31	49	37	46	42	476
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	47.5 27.5	76.9 52.4	148.6 104.2	188.9 130.3	236.4 181.5	244.1 191.5	244.9 185.3	200.5 155.5	151.8 108.0	98.1 58.0	56.1 31.7	37.0 17.1	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	6 3.9	2 3.0	10 3.2	17 4.6	21 5.6	7 4.8	15 6.0	21 5.2	11 11
июль	12 3.7	11 3.3	9 3.0	8 3.4	8 3.8	6 4.2	18 4.3	28 4.5	
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	—	—	41.0	104.9	140.2	104.9	41.0	—	
июль	58.5	93.9	143.1	140.6	124.1	140.6	143.1	93.9	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Севастополь 44.6 ° с.ш., 33.5 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	2.7	2.6	5.3	9.5	14.9	19.4	22.4	22.1	18.0	13.6	8.6	5.0	12.0
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.4 20.2	6.2 17.0	6.9 17.5	8.0 18.8	8.4 18.1	8.5 16.5	8.5 15.5	8.7 17.6	8.7 15.7	7.8 16.7	6.7 16.3	6.0 16.7	
Влажность воздуха, гПа	6.3	6.3	6.5	8.9	12.6	16.6	19.1	18.4	14.6	11.4	9.4	7.4	10.7
Скорость ветра, м/с	5.4	5.4	5.4	4.4	3.8	3.8	3.9	3.8	4.2	4.8	5.3	5.4	4.6
Осадки, мм	26	25	24	27	18	26	32	33	42	32	42	52	379
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	70.8 27.2	99.4 54.8	166.8 103.7	200.1 143.2	241.6 193.2	246.7 212.4	245.7 216.8	211.6 185.1	170.8 152.1	126.6 100.4	83.8 48.9	62.9 30.9	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	13 5.7	30 6.1	10 2.3	8 4.6	22 6.4	7 6.3	5 6.9	5 8.5	8
июль	6 6.1	16 4.8	22 2.3	2 2.0	9 5.7	7 5.3	20 4.4	18 6.1	10
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	54.0	128.2	173.8	128.2	54.0	–	
июль	52.4	92.2	133.6	121.6	97.4	121.6	133.6	92.2	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Сочи 43.6 ° с.ш., 39.7 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	6.0	6.2	8.3	12.2	16.1	20.2	23.0	23.3	19.8	15.6	11.3	7.9	14.1
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.3 16.9	6.7 20.6	7.1 18.6	7.6 19.7	7.6 16.7	7.7 15.3	7.7 14.6	7.9 13.2	8.2 13.6	8.3 16.3	7.4 17.9	6.8 14.4	
Влажность воздуха, гПа	6.8	6.9	7.6	10.2	14.3	18.3	21.8	21.4	17.2	12.8	9.9	7.7	12.9
Скорость ветра, м/с	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.7
Осадки, мм	184	135	121	120	110	104	128	121	127	167	201	185	1703
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	74.6 37.2	102.5 55.8	169.0 84.8	201.2 117.4	242.6 121.3	247.2 199.4	246.2 206.8	214.0 186.0	173.0 131.8	130.3 96.7	87.3 54.7	66.8 35.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	12 2.2	29 2.3	21 3.7	21 6.5	4 4.0	2 3.5	4 3.3	7 3.7	5
июль	11 1.9	29 2.3	9 2.3	11 3.9	5 2.9	6 2.6	11 3.2	18 3.1	12
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	56.0	131.2	178.4	131.2	56.0	–	
июль	52.7	91.8	132.3	119.0	93.6	119.0	132.3	91.8	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Сургут 61.2° с.ш., 73.4 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-22.0	-19.6	-13.3	-3.5	4.1	13.0	16.9	14.0	7.8	-1.4	-13.2	-20.3	-3.4
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	9.7 35.3	10.5 28.5	12.9 34.7	10.6 31.1	10.0 24.4	10.1 22.7	9.7 21.8	9.2 21.9	7.9 23.2	5.8 20.4	8.4 30.5	9.5 30.2	
Влажность воздуха, гПа	1.2	1.3	1.9	3.9	6.0	10.5	13.6	12.7	8.9	5.0	2.4	1.4	5.7
Скорость ветра, м/с	4.0	3.9	4.2	4.6	4.5	4.5	3.8	3.6	4.0	4.4	4.2	4.0	4.1
Осадки, мм	25	22	28	34	58	57	76	69	85	55	39	32	580
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	16.3 9.7	44.0 30.2	113.0 81.1	167.9 128.2	229.2 145.1	242.8 167.8	238.0 162.9	181.5 116.1	121.5 65.5	55.0 33.5	20.9 11.5	9.1 5.9	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	3 2.5	7 2.7	13 4.6	10 4.7	13 4.9	26 5.3	22 4.5	6 4.1	12
июль	22 4.5	13 3.5	15 4.2	8 3.5	7 3.6	10 3.8	13 4.2	12 4.5	10
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	16.6	64.2	85.9	64.2	16.6	—	
июль	62.5	101.8	155.8	163.8	155.6	163.8	155.8	101.8	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Ташкент 41.3 ° с.ш., 69.3 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-0.4	2.0	7.9	14.7	20.2	24.9	27.1	25.1	19.6	12.8	6.7	2.0	13.6
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	8.9 19.9	9.7 25.1	10.4 20.8	12.2 20.5	14.0 21.5	15.8 22.1	16.9 23.7	17.4 23.7	17.2 24.3	14.8 24.1	11.6 23.2	9.0 22.0	
Влажность воздуха, гПа	4.8	5.2	6.7	9.5	12.2	12.9	13.7	13.0	9.7	7.9	6.0	5.0	8.9
Скорость ветра, м/с	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4
Осадки, мм	55	48	71	64	32	7	3	2	5	35	45	53	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	83.8 53.1	111.1 68.7	174.8 106.5	202.4 146.2	246.0 198.5	248.4 223.0	247.4 232.4	219.8 209.1	178.8 159.0	137.8 103.7	94.8 61.7	77.2 42.5	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	12 1.7	30 2.1	20 1.7	9 1.4	7 1.5	4 1.4	6 1.6	12 1.8	9
июль	20 2.1	20 1.4	14 1.2	6 1.5	6 1.6	6 1.5	9 1.7	19 1.9	10
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	—	—	61.8	138.1	186.4	138.1	61.8	—	
июль	56.7	90.6	128.3	113.2	85.6	113.2	128.3	90.6	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Тура 64.3° с.ш., 100.2° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-35.7	-31.8	-18.3	-6.8	3.3	12.8	16.9	12.7	4.8	-7.0	-24.3	-32.4	-8.8
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	9.9 27.6	11.6 26.0	17.1 32.4	15.7 31.9	11.8 26.2	13.7 27.3	13.4 24.5	12.3 24.7	10.3 24.7	7.6 22.7	9.1 24.0	9.5 30.2	
Влажность воздуха, гПа	0.3	0.5	1.2	2.6	4.6	8.7	12.3	10.7	6.8	3.3	0.9	0.5	4.4
Скорость ветра, м/с	0.9	1.0	1.5	2.2	2.3	2.1	1.7	1.6	1.7	1.8	1.3	1.0	1.6
Осадки, мм	17	13	12	17	30	53	62	54	43	31	26	21	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	9.3 4.5	36.6 22.2	110.4 77.4	162.6 128.2	229.6 162.9	240.0 162.7	238.7 157.0	178.0 111.6	110.1 63.4	47.0 28.3	15.5 9.4	0.0 0.0	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	7 1.8	9 1.9	31 2.7	9 2.4	1 1.2	7 3.1	11 3.2	25 4.2	44
июль	16 2.5	12 2.4	15 2.5	7 2.8	3 3.3	10 3.3	17 3.0	20 2.7	26
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	10.4	51.8	62.0	51.8	10.4	–	
июль	66.8	107.2	161.4	176.4	165.1	176.4	161.4	107.2	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Улан-Удэ 51.8 ° с.ш., 107.6 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-23.8	-19.0	-8.0	2.0	10.2	16.9	19.6	16.8	9.4	0.4	-10.5	-19.7	-0.5
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	9.7 20.3	12.7 23.0	13.8 25.2	12.9 24.7	15.2 27.2	14.9 26.3	12.9 25.2	12.3 24.2	12.4 23.6	11.3 22.6	9.7 18.4	9.0 19.7	
Влажность воздуха, гПа	0.8	0.9	2.1	3.5	5.5	10.1	14.0	12.7	7.8	4.1	2.0	1.1	5.4
Скорость ветра, м/с	1.3	1.4	1.9	2.8	2.7	2.5	2.3	1.9	2.0	1.9	1.8	1.5	2.0
Осадки, мм	5	3	2	7	12	39	72	59	27	8	9	12	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	46.6 35.0	75.8 59.1	147.6 107.9	188.4 131.8	236.2 169.6	244.0 173.5	245.0 168.1	200.2 148.1	150.7 105.8	96.8 70.7	54.8 38.2	43.6 27.5	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	1 4.7	1 2.8	20 2.8	1 2.0	5 2.0	30 2.5	31 2.5	11 3.5	19
июль	10 4.2	9 4.6	14 4.4	1 2.4	3 1.9	13 2.4	17 2.5	33 3.9	16
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	40.4	103.8	138.9	103.8	40.4	–	
июль	58.8	94.0	143.6	141.4	125.2	141.4	143.6	94.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Уфа 54.7 ° с.ш., 56.0 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-13.8	-12.7	-5.4	5.2	13.2	17.6	19.4	17.0	11.2	3.8	-4.0	-11.0	3.4
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.8 25.5	8.0 23.9	8.4 23.2	9.1 22.9	11.3 22.4	11.8 19.0	10.8 19.0	11.4 22.9	10.1 23.5	6.7 19.5	6.0 20.5	6.7 25.2	
Влажность воздуха, гПа	2.0	2.0	3.2	6.0	8.8	12.7	15.4	13.6	9.7	6.1	3.9	2.6	7.2
Скорость ветра, м/с	3.0	2.8	2.7	2.8	2.8	2.3	2.0	2.0	2.2	2.8	2.8	2.8	2.6
Осадки, мм	42	32	28	37	38	65	64	58	54	61	55	47	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	35.9 22.3	65.6 47.0	135.5 97.5	183.3 133.9	234.0 169.6	243.3 187.9	243.6 181.5	195.3 139.1	139.9 82.8	81.2 41.7	41.2 20.2	26.9 12.6	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	9 3.1	4 3.3	2 3.4	8 4.3	42 5.5	20 4.5	6 4.0	9 4.4	22
июль	19 3.6	9 3.5	5 2.8	6 3.1	13 3.4	14 3.8	14 3.4	20 3.6	16
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	32.6	92.2	124.5	92.2	32.6	—	
июль	59.7	96.0	148.0	148.1	134.8	148.1	148.0	96.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Бишкек (Фрунзе) 42.9° с.ш., 74.6° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °C	-3.5	-3.2	3.8	11.4	16.9	21.3	24.1	22.6	17.3	10.1	2.2	-2.9	9.8
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °C	10.0 26.3	10.7 25.1	10.4 22.8	11.8 23.9	12.4 22.8	13.2 23.4	14.2 23.3	14.3 24.1	14.5 22.2	13.3 26.5	10.9 28.0	11.1 27.9	
Влажность воздуха, гПа	3.5	4.0	5.9	8.5	11.0	12.7	13.2	11.9	8.8	6.6	4.9	3.7	7.9
Скорость ветра, м/с	1.3	1.4	1.6	1.9	1.8	1.8	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.6
Осадки, мм	26	32	50	77	63	35	17	12	17	44	44	29	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	77.4 58.7	105.1 75.1	170.8 89.5	201.6 139.6	243.6 182.9	247.6 204.3	246.6 209.1	215.8 187.9	174.8 142.3	132.6 93.1	89.6 56.7	70.0 43.6	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	3 0.9	3 1.2	10 2.0	30 1.9	23 1.7	12 1.5	14 2.4	5 1.6	25
июль	5 1.8	6 1.7	9 1.8	16 1.8	21 1.9	13 2.0	19 2.7	11 2.4	21
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	–	–	57.8	133.3	180.8	133.3	57.8	–	
июль	53.9	91.4	131.1	117.2	91.2	117.2	131.1	91.4	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Хабаровск 48.5 ° с.ш., 135.1 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-20.2	-16.1	-6.8	4.5	12.3	18.0	21.3	19.6	13.5	4.9	-7.3	-17.7	2.2
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	7.5 18.2	9.0 18.9	9.5 17.5	9.4 19.8	10.3 20.9	9.6 18.3	8.5 17.0	7.9 17.0	8.1 21.2	8.6 18.6	7.5 22.5	7.1 19.5	
Влажность воздуха, гПа	0.9	1.2	2.4	4.7	8.1	14.4	19.6	18.6	11.9	5.7	2.5	1.2	7.6
Скорость ветра, м/с	3.0	3.2	3.6	3.6	3.5	2.9	2.5	2.8	3.0	3.7	4.2	3.7	3.3
Осадки, мм	15	11	17	43	59	82	145	154	90	51	23	19	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	56.5 52.1	88.1 78.0	158.4 130.9	194.1 144.0	238.6 175.6	244.9 183.6	244.1 171.1	203.5 142.1	162.2 111.6	110.9 84.1	68.9 56.2	49.0 41.7	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	2 3.3	7 5.7	6 4.2	2 2.7	2 3.7	74 5.9	6 4.1	1 2.2	18
июль	3 3.4	25 6.0	17 4.6	5 3.3	4 3.6	35 4.5	7 3.6	4 2.9	9
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	—	—	47.0	116.1	153.8	116.1	47.0	—	
июль	55.5	93.1	137.9	132.4	112.9	132.4	137.9	93.1	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Якутск 62.0 ° с.ш., 129.7 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °C	-39.6	-35.0	-20.8	-5.2	7.3	16.1	19.1	15.1	5.9	-8.0	-28.2	-38.1	-9.3
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °C	8.0 21.1	12.0 27.3	16.5 29.5	14.3 30.1	12.6 24.7	14.3 25.5	14.1 26.4	13.8 26.5	11.8 25.4	9.3 24.0	9.9 27.5	8.3 26.4	
Влажность воздуха, гПа	0.1	0.3	0.9	2.5	9.4	12.6	11.3	6.6	2.9	0.6	0.2	4.4	
Скорость ветра, м/с	0.8	0.9	1.5	2.1	2.6	2.5	2.2	2.1	2.1	1.8	1.3	0.9	1.7
Осадки, мм	9	7	6	10	18	37	39	36	29	20	16	12	
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	14.5 10.4	42.0 32.9	113.0 90.0	166.5 138.2	229.5 157.0	242.0 175.7	238.0 168.1	180.5 122.8	118.5 77.0	53.0 37.9	19.5 15.1	8.0 5.2	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	33 2.5	27 2.6	1 2.0	2 1.3	8 1.6	10 2.2	10 2.8	9 2.7	49
июль	11 2.9	17 3.3	11 3.0	13 3.1	10 3.2	6 3.8	14 4.1	18 3.6	16
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м ²									
январь	—	—	15.0	61.0	80.5	61.0	15.0	—	
июль	63.5	103.0	157.0	167.0	158.0	167.0	157.0	103.0	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей

Ярославль 57.6 ° с.ш., 39.9 ° в.д.

Общие климатические характеристики

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Температура воздуха, °С	-11.9	-10.7	-5.1	3.7	10.9	15.7	17.6	16.0	10.0	3.4	-2.7	-8.1	3.2
Амплитуда температуры воздуха (средняя/максимальная), °С	6.2 19.2	7.4 22.6	8.3 22.5	8.5 22.5	9.9 20.3	10.3 18.7	9.8 18.4	9.6 20.4	8.1 18.7	5.4 17.1	4.6 18.6	5.4 22.3	
Влажность воздуха, гПа	2.5	2.6	3.6	5.9	8.8	12.3	14.8	14.0	10.1	6.8	4.6	3.3	7.4
Скорость ветра, м/с	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.1	1.8	1.8	1.9	2.3	2.7	2.6	2.3
Осадки, мм	48.3	31.4	27.0	36.2	50.3	78.7	83.0	65.1	53.8	50.6	53.1	40.8	618.3
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт.ч/м ² (при безоблачном небе/при реальных условиях облачности)	26.2 12.6	55.4 33.6	123.2 77.4	176.6 114.5	231.4 149.5	243.4 164.2	241.0 164.4	189.0 128.0	131.4 66.2	67.6 30.5	30.2 12.2	19.0 7.4	

Ветер и солнечная радиация по направлениям

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Повторяемость% (числитель)* и скорость ветра м/с (знаменатель)									
январь	7 3.8	6 3.0	8 3.1	12 4.4	20 6.0	21 5.5	14 4.8	12 4.1	4
июль	14 4.2	15 3.7	9 3.2	7 3.3	8 3.5	11 3.7	16 3.9	20 4.2	8
Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, кВт.ч/м2									
январь	–	–	25.0	79.8	108.4	79.8	25.0	–	
июль	60.4	98.2	150.6	154.2	144.2	154.2	150.6	98.2	

* Повторяемость направлений ветра рассчитана в процентах общего числа случаев наблюдений без учета штилей