



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(бакалаврская работа)

На тему: «Оценка климатического режима метеорологических  
характеристик для строительной области»

Исполнитель Банцов Никита Андреевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Абанников Виктор Николаевич  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
(подпись)

Кандидат физико-математических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна  
(фамилия, имя, отчество)

« 4 » 06 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Физико-географические характеристики и климатические особенности Архангельской области .....	4
1.1 Рельеф местности.....	4
1.2 Особенности режима солнечной радиации.....	8
1.3 Циркуляционные особенности .....	15
2. Роль метео- и климатических характеристик в строительной области .....	24
2.1 Анализ инсоляции .....	24
2.2 Температура воздуха.....	27
2.3 Режим ветра и твердых осадков (снега).....	36
3. Анализ метеоклиматических характеристик для строительной отрасли.....	43
3.1 Расчёт термических характеристик и их анализ .....	43
3.2 Расчет показателей снеговой и ветровой нагрузки на здания .....	47
Заключение .....	56
Список литературы .....	57

## Введение

Климатический режим для строительной области, не являются главными и определяющими факторами в строительной области, но недооценивать их нельзя, поскольку учёт климатических данных помогает более разумно и экономично заниматься строительством. На сегодняшний день данная тема является очень актуальной для рассмотрения, так как климат является предпосылкой для решения рационального использования природных ресурсов, а также приспособленности застройки к климатическим особенностям местности. Строительная отрасль – одна из зависимых отраслей от климатического режима.

Целью работы является оценка климатического режима метеорологических характеристик для строительной отрасли.

Для выполнения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Определить физико-географические характеристики и климатические особенности Архангельской области;
2. Определить роль климато-метеорологических характеристик в строительной области;
3. Провести анализ метеоклиматических характеристик для строительной области.

Объект исследования – Архангельская область.

Предмет исследования – строительная метеорология и климатология.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, основных трех разделов, заключения и списка литературы.

# 1. Физико-географические характеристики и климатические особенности

## Архангельской области

### 1.1 Рельеф местности

В геологическом отношении Архангельская область почти полностью расположена на так называемой Восточно-Европейской платформе, в пределах которой на территории области выделяются следующие крупные геологические структуры: Балтийский щит (его юго-восточная окраина), Русская плита, Печорская плита и разделяющий их Канино-Тиманский щит. Плитами называют участки платформ, состоящие из двух "этажей" (нижний этаж, или фундамент, представлен смятыми в складки твердыми кристаллическими породами, а верхний этаж образован покровом осадочных пород преимущественно горизонтального залегания). Щиты — это те участки платформ, где древние кристаллические породы лишены покрова осадочных пород и выходят практически непосредственно на поверхность [1].

Рельеф материковой части области в пределах Русской и Печорской плит преимущественно равнинный с общим наклоном поверхности с юга на север (равнины занимают около 500 тыс. км<sup>2</sup>, или 87% всей площади области). Этим двум упомянутым геологическим структурам в рельефе соответствуют Онего-Двинско-Мезенская и Печорская равнины. Первая из них занимает центральные районы Архангельской области. В западной части этой равнины и в районе Беломорско-Кулойского плато получили широкое развитие карстовые формы рельефа (карстовые воронки и котловины, пещеры и пр.). Печорская равнина занимает большую часть территории Ненецкого автономного округа. Широкой долиной р. Печоры она разделена на две части — Малоземельскую тундру на западе и Большеземельскую тундру на востоке. Среди тундры местами поднимаются группы холмов и гряд, высота которых достигает 253 м. — гряда Изъямсур в составе гряды Чернышева). Осадочный чехол Печорской плиты

насыщен нефтью и газом. Это одна из крупнейших в России нефтегазоносных провинций, где сосредоточены огромные запасы углеводородного сырья.

Балтийский щит выражен в рельефе кряжем Ветреный Пояс на северо-западе области. Его высшая точка — гора Оловгора, 344 м. над уровнем моря. Канино-Тиманский щит хорошо выражен в рельефе в виде двух кряжей — валообразной возвышенности Канин Камень в северной части полуострова Канин (высшая точка — сопка Моховая, 241 м. над уровнем моря) и Тиманского кряжа. Последний состоит из системы вытянутых с севера на юг параллельных гряд. В пределы Архангельской области попадает северная часть кряжа (хребет Чайцынский Камень; хребет Тиманский Камень с горой Большая Коврига, 301 м.; возвышенность Косминский Камень) и небольшой отрезок его средней части — возвышенность Четласский Камень с самой высокой горой всего Тиманского кряжа и материковой части Архангельской области: 471 м. над уровнем моря [1].

Крайний северо-восток территории области выходит за пределы Восточно-Европейской платформы и относится к структурам Уральского складчатого пояса, включавшего Новую Землю, остров Вайгач и хребет Пай-Хой. На Новой Земле преобладает горный рельеф, нередко альпийского характера. Именно здесь — на Северном острове архипелага — находится самая высокая точка Архангельской области (1547 м. над уровнем моря). Продолжением Новоземельских гор на материке является хребет Пай-Хой на Югорском полуострове, но высота его значительно ниже — до 423 м. (гора Море-Из).

Низкогорья архипелага Земли Франца-Иосифа достигают высоты 620 м. (на острове Винер-Нейштадт). Большая часть гор скрыта здесь под ледниками, которые спускаются к морю и образуют айсберги.

В течение последнего миллиона лет на всей территории Архангельской области имело место неоднократное наступление и отступление ледников. Последнее оледенение, получившее название Валдайское, происходило 70-11 тыс. лет назад. После него во многих местах области остались холмы и гряды:

Коношская, Няндомская возвышенности, Кенозерская гряда и др. В результате таяния ледника в понижениях рельефа образовались многочисленные озера. С ледниковыми отложениями связано большое количество валунов на Соловецких островах, особенно на мелководьях и прибрежных участках.

На территории Ненецкого автономного округа и на островах наблюдается многолетняя мерзлота, ее мощность достигает 200 м., а температура грунтов — до  $-3,6^{\circ}\text{C}$  [1].

В пределах города и его окрестностей выделяется четыре основных морфологических типа рельефа, отличающихся по гипсометрии, генезису и литогенной основе.

1. Скульптурная морская терраса охватывает большую часть северного и центрального районов города. Это низменная равнина расчлененная многочисленными рукавами, протоками и притока оби Северной Двины, с абсолютными отметками от 0,2-0,5 м на севере до 5-6 м на юге.
2. Аккумулятивная аллювиально-морская терраса занимает многочисленные невысокие (1,5-3,0 м) острова (Кего, Хабарка, Краснофлотский, Зеленец и др.) и представляет собой заболоченную низменную равнину с уклоном в сторону реки, осложненную прирусловыми валами и гривами 1,0—1,5 м высотой.
3. Останцевая моренная возвышенность представлена несколькими останцами валдайской морены, из которых наиболее значительным является Архангельское повышение, имеющее два моренных выступа: Кузнечиха (12 м) на севере и Красная горка (15 м) на юго-востоке. В пределах Архангельского повышения на правом берегу Северной Двины расположена центральная, наиболее плотно застроенная часть города.
4. Террасированное водораздельное плато располагается в южной части города, в районе Исакогорки. В целом район представляет пологоволнистую и холмисто-грядовую равнину, слабо наклоненную в сторону долины Северной

Двины, где четко прослеживаются три террасовых уровня с абсолютными отметками более 30, 25—30 и менее 25 м.

Около 75% всех первичных форм рельефа на территории Архангельска занимают болотные равнины. Они сформировались при зарастании больших озерных водоёмов, разделяющих моренные холмы.

Литогенная основа таких болот характеризуется наличием мощной толщины (1-8 м) торфяных отложений с высоким уровнем грунтовых вод.

На территории города имеются эрозионные уступы, прирусловые валы, старицы, гривы и овраги.

Рельеф города усложняется техногенными формами: карьерами, отвалами, береговыми укреплениями (свайные ряды, стенки), участками насыщенного и намывного грунта, особенно интенсивно формирующими в последние годы в районах с повышенной мощностью торфяных грунтов (Привокзальный, Варавино, Фактория).

Геологическое строение территории Архангельска не отличается большой сложностью. Коренные породы представлены раннекембрийскими аргеллитами, перемежающимися с алевролитами и песчаниками, красноцветными песчаниками раннего карбона с прослойками аргеллитоподобных глин. Коренные породы перекрыты четвертичными отложениями, представляющими комплекс различных генетических типов.

Размещение Архангельска в приустьевой и дельтовой частях Северной Двины, геоморфологическое строение и орография, развитие его ведущих транспортно-производственных функций оказали огромное влияние на архитектурно-планировочную организацию территории города.

На первых этапах экономического развития из-за неудобства транспортных связей при каждом промышленном предприятии строился поселок, состоящий в основном из одно- и двухэтажных домов. В результате город сформировался как сложный комплекс промышленно-селитебных районов и отдельных поселков.

Самыми крупными селитебными районами являются Октябрьский и Ломоносовский. В компактный промышленно-селитебный район сформировалась Соломбала, наиболее крупный островной район, который имеет удобную транспортную связь с центром города благодаря автодорожному и железнодорожному мостам через протоку Кузнечиха.

## 1.2 Особенности режима солнечной радиации

Приход радиации к горизонтальной поверхности состоит из прямой и рассеянной  $D$  солнечной радиации, а также из излучения атмосферы. Расход складывается из отраженной радиации  $R$  и излучения деятельной поверхности. Разность между приходящей и всей уходящей радиацией называется радиационным балансом земной поверхности в (или остаточной радиацией). В зависимости от соотношения прихода-расходных составляющих радиационный баланс бывает положительным и отрицательным [1].

В Архангельске годовой приход суммарной радиации ( $Q$ ) при ясном состоянии неба, т. е. возможный приход, составляет 4781 МДж/м, при этом на долю рассеянной радиации приходится 1094 МДж/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Облачность, пыль, дым уменьшают поступление прямой солнечной радиации на 34 %, но в то же время увеличивают поступление рассеянной радиации более чем в 1,4 раза (табл. 2). В результате годовой приход суммарной радиации в Архангельске составляет в среднем 2044 МДж/м<sup>2</sup>.

Таблица 1 – Средние месячные и годовые суммы радиации (МДж/м<sup>2</sup>) при ясном состоянии неба

Ошибка!	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI I	Год
S	29 7	43 2	73 3	99 7	Ошибка!	Ошибка!	122 8	Ошибка!	66 6	53 2	35 0	14 7	Ошибка!
S`	17	71	21 8	43 2	654	729	675	499	23 9	11 7	34	4	368 9



D	17	50	10 1	13 8	168	176	151	134	75	50	25	8	Ошибк
Q	34	12 1	31 9	57 0	822	905	826	633	31 4	16 7	59	12	Ошибк

Таблица 2 – Средние месячные и годовые суммы солнечной радиации (МДж/м<sup>2</sup>) в средние значения альбедо (%)

Месяц	S	S`	D	Q	R	B <sub>к</sub>	B	A
I	17	0	13	13	8	4	-34	75
II	67	13	50	63	46	17	-29	76
III	277	88	138	226	159	67	-8	70
IV	369	159	201	360	147	214	126	41
V	448	235	235	470	80	390	277	17
VI	528	302	264	566	113	453	323	20
VII	557	306	251	557	113	444	314	20
VIII	432	205	201	406	84	323	222	21
IX	163	59	126	185	38	147	80	21
X	113	25	50	75	21	54	-8	30
XI	29	4	17	21	13	8	-38	53
XII	8	0	4	4	4	0	-38	75
Год	3008	1396	1550	2946	826	2120	1187	28

Годовой ход суммарной радиации в основном аналогичен годовому ходу высоты солнца и продолжительности дня. Максимум наблюдается в июне 566 МДж/м<sup>2</sup>, минимум — в декабре 4 МДж/м<sup>2</sup>. С мая по август поступает 68 % годовой суммарной радиации, а с октября по февраль только 6 %.

В отдельные годы в зависимости от облачности общий приход суммарной радиации может существенно отличаться от средних значений.

Максимальное значение суммарной радиации отмечено в июне 1953 г. и составило 804 МДж/м<sup>2</sup>. Оно превысило среднюю месячную сумму на 42 % и только на 13 оказалось меньше возможного прихода [5].

Состав суммарной радиации, т.е. соотношение между прямой и рассеянной радиации, может меняться в широких пределах в зависимости от высоты солнца, прозрачности атмосферы, широты места. Вклад прямой и рассеянной радиации в суммарную показан в табл. 3.

Таблица 3 – Вклад (%) прямой и рассеянной радиации в суммарную

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
S/Q	0	21	39	44	50	53	55	50	32	33	19	0
D/Q	100	79	61	56	50	47	45	50	68	67	81	100

Рассеянная радиация преобладает почти в течении всего года, кроме мая-августа. В декабре и январе к земной поверхности приходит только рассеянная радиация.

Часть солнечной радиации отражается поверхностью земли, растительностью, зданиями, остальная часть поглощается, превращается в тепло.

Летом отражается около 20-31% приходящей радиации, зимой – 61-100%, а в сумме за год деятельной поверхностью отражается около 26%. Количество отраженной радиации зависит от свойств отражающей поверхности (цвета, увлажнения, структуры и т.д.). Отражательная способность поверхности характеризуется альбедо  $A=R/Q$  – отношением отраженной радиации к суммарной. Альбедо естественных поверхностей весьма разнообразно( табл. 4), а его годовой ход противоположен годовому ходу суммарной радиации [5].

Таблица 4 – Средние значения альбедо различных участков подстилающей поверхности

Характеристика поверхности	A %
Песок, ровная сухая поверхность коричневого цвета	19
Суглинистая почва светло-серого цвета	25
Подзолистая сухая комковатая почва серого цвета с желтизной	18
Подзолистая комковатая влажная почва серого цвета с желтизной	12
Пойменный луг. Сочная густая зеленая трава	21-25
Высохшая трава	16-19
Снег, сухой свежевыпавший	85-90
Снег, пропитанный водой, серого цвета	30

Речной лед голубовато-зеленого цвета	35-40
Бетон светлый	30-35
Кирпич красный обыкновенный	30
Кирпич силикатный	48-50
Асфальт	10-30

Количество поглощенной земной поверхностью радиации определяется как разность между суммарной и отраженной. Годовая сумма поглощенной радиации составляет в среднем 2120 МДж/м<sup>2</sup>.

Средняя годовая сумма радиационного баланса равна 1187 МДж/м<sup>2</sup>, что составляет 40 % годового количества суммарной радиации. Радиационный баланс бывает положительным с апреля по сентябрь и достигает максимального значения в июне (323 МДж/м<sup>2</sup>). В летние месяцы радиационный баланс составляет 55-59 % месячных значений суммарной радиации. Осенью он уменьшается и составляет всего 4—5 %. В первой декаде октября он становится отрицательным, переход радиационного баланса от отрицательных значений к положительным весной происходит во 2-й и 3-й декадах марта. Сумма радиационного баланса за весь период, когда он положителен, составляет 1341 МДж/м<sup>2</sup>, а за период, когда он отрицателен, — 156 МДж/м<sup>2</sup>. В отдельные годы и месяцы могут наблюдаться значительные отклонения от средних значений (см. табл. 3).

Для процесса фотосинтеза наиболее существенное значение имеет фотосинтетически активная радиация (ФАР), солнечная радиация с длинами волн в пределах 0,38-0,71 мкм. Она составляет 0,5 интегрального потока суммарной радиации. Дневные и месячные суммы ФАР определяются по формуле  $Q - 0,43s + 0,57p$ . Месячные и годовая суммы ФАР приведены в табл. 5. Сумма ФАР за вегетационный период (средние границы - 15 мая и 27 сентября) равна 854 МДж/м<sup>2</sup>.

Таблица 5 – Суммы фотосинтетически активной радиации

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----	-----

ФАР Мдж/м <sup>2</sup>	8	34	117	180	235	281	272	201	96	42	8	4	1478
---------------------------	---	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	---	---	------

Закономерности поступления солнечной радиации на стены зданий в различных районах СССР исследованы З.И. Пивоваровой. Возможную продолжительность облучения стен каждой основной ориентации (С, Ю, В и З) можно определить из таблицы 6, в которой для широты Архангельска приведено время начала и конца облучения прямой солнечной радиации стен южной и северной ориентации для открытого горизонта в случае безоблачного неба [1].

Таблица 6 – Время начала и конца облучения прямой солнечной радиацией (ч мин) южных (северных) стен и время захода солнца на 15-е число каждого месяца

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Восход				4 28	2 46	1 19	1 56	3 41	5 26			
Начало	9 27	7 46	6 12							7 04	8 46	10 04
Конец				6 18	6 37	6 51	6 43	6 28	6 06			
Заход				17 42	17 23	17 09	17 17	17 32	17 54			
	14 33	16 14	17 48							16 54	15 14	13 56
				19 32	21 14	22 42	22 06	20 19	18 34			

Наибольшую продолжительность облучения прямой солнечной радиации в течении года имеют южные стены, а наименьшую – северные. Возможная продолжительность облучения стен западной и восточной ориентации одинакова .

Одной из основных характеристик радиационного режима стен зданий является приход солнечной радиации. Данные о количестве прямой и солнечной радиации, поступающей на стены основных ориентаций представлены в табл. 7.

Из таблицы следует, что количество солнечной радиации, приходящей на северо-западные, западные и юго-западные стены, близко к количеству радиации, поступающей соответственно на северо-восточные, восточные и юго-

восточные стены. Южные стены получают в целом за год наибольшее количество солнечной радиации по сравнению со стенами других ориентаций, причем максимальное количество приходится на апрель ( $Q_{\text{пр}} = 398 \text{ МДж/м}^2$ ), когда очень высокая прозрачность атмосферы в сочетании большой ясностью неба, значительной продолжительностью дня и высотой солнца обеспечивают наибольшие суммы радиации. В мае и июне количество радиации несколько уменьшается, а в июле наблюдается второй максимум ( $Q_{\text{пр}} = 393 \text{ МДж/м}^2$ ,  $Q_{\text{ср}} = 215 \text{ МДж/м}^2$ ).

В целом за период с сентября по апрель южные стены получают в 3-6 раз больше прямой радиации, чем горизонтальные поверхности. Летом доля рассеянной и отраженной радиации в суммарной, поступающей на южные стены, соизмерима с прямой, а в остальное время - меньше прямой. Большую часть года приход радиации на юго-восточные и юго-западные стены меньше чем на южные, но даже при самых неблагоприятных условиях он не бывает менее 60% радиации, поступающей на южные стены [4].

На восточные и западные стены за год в целом поступает меньше солнечной радиации чем на южные, юго-восточные и юго-западные. Только в мае восточные стены получают наибольшую сумму радиации ( $Q_{\text{пр}} = 371 \text{ МДж/м}^2$ ,  $Q_{\text{ср}} = 5200 \text{ МДж/м}^2$ ) по сравнению со стенами всех других ориентаций. Западные стены имеют лучшие условия облучения, чем восточные, в течение всего года, кроме мая и октября. Прямая радиация на северные стены поступает с апреля по сентябрь, поэтому стены северной ориентации получают 20% того количества прямой радиации, которое приходит на южные. Зимой приход прямой радиации на северные стены отсутствует. Основную долю радиационного баланса северных стен в это время составляет поступающая из них рассеянная и отраженная радиация. С мая по август она превышает прямую солнечную радиацию в 3-7 раз, максимум приходится на июнь ( $Q_{\text{в}} = 244 \text{ МДж/м}^2$ ).

В суммарном потоке радиации, поступающей из стены северо-восточной и северо-западной ориентации, доля рассеянной и отраженной радиации преобладает в течении всего года. В летние месяцы она превышает прямую в 2-3 раза, в остальные достигает 90-100%. Максимум суммарного прихода радиации на эти стены ( $Q_{\text{в}} = 289 \dots 290 \text{ МДж/м}^2$ ) отмечается в июне-июле.

Таблица 7 – месячные суммы прямой и суммарной солнечной радиации ( $\text{МДж/м}^2$ ) на вертикальную поверхность

Ориентация поверхности	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Прямая радиация												
С	0	0	0	6	34	58	60	19	0	0	0	0
СВ	0	0	10	54	94	106	112	60	9	3	0	0
В	0	8	60	139	209	169	193	131	33	25	3	0
ЮВ	0	42	150	226	193	181	225	187	63	65	21	0
Ю	0	65	215	256	196	172	215	199	78	91	30	0
Суммарная радиация												
С	10	42	118	151	199	244	234	156	76	34	9	3
СВ	10	42	125	196	256	289	290	196	84	37	9	3
В	10	50	175	281	371	353	368	268	109	60	12	3
ЮВ	10	85	268	358	359	365	403	327	139	100	30	3
Ю	10	104	333	398	352	356	393	337	151	125	42	3

Солнце для земли является главным источником не только тепла (энергии), но и света [1].

Естественная суммарная освещенность  $E_{\text{г}}$  при безоблачном небе или частичной облачности складывается из прямой освещенности  $E_{\text{с}}$  создаваемой непосредственно лучами солнца, и рассеянной от земной поверхности  $E_{\text{р}}$ , поступающей от небесного свода и отраженной от земной поверхности. При пасмурном состоянии неба суммарная освещенность равна рассеянной. Максимум  $E_{\text{г}}$  и  $E_{\text{р}}$  при любых условиях облачности приходится на околополуденные часы, минимум наблюдается при переходе от ночного к дневному времени (таблица 8). Годовой минимум освещенности приходится на декабрь, когда Архангельск освещается только рассеянным светом.

С 13 мая по 20 июля солнце в Архангельске не опускается ниже  $7^\circ$  за горизонт, т.е. всю ночь продолжаются сумерки; устанавливается период белых ночей.

Небольшая интенсивность света приходится на июнь. В ясный июньский день полдень значение  $E_q$  равно 79 клк, при реальных условиях облачности 48 клк, в пасмурный день 25 клк [5].

Существенный интерес для практики представляет доля рассеянной освещенности  $E_p$  в суммарной  $E_q$ . Максимальный вклад  $E_p$  и  $E_q$  при любых погодных условиях отмечается в утренние и вечерние часы при малых высотах солнца, а в момент восхода и захода равен 100%. При реальных условиях облачности максимальный вклад  $E_p$  и  $E_q$  наблюдается с ноября по январь (100%), в феврале-марте и сентябре-октябре он колеблется от 60 до 80%, а с апреля по август составляет 50%, т.е. значительную часть времени года преобладает рассеянная освещенность.

В ясные дни летом вклад рассеянной радиационной освещенности в суммарную не превышает 20%, весной и осенью 30%, с ноября по февраль составляет 50-60%. В апреле-августе Архангельск получает 80% годовой суммы солнечного света и только 20% - в сентябре-марте.

### 1.3 Циркуляционные особенности

Характерной чертой климата Архангельска является частая смена воздушных масс, связанная с прохождением барических образований (циклонов и антициклонов), в любые сезоны года( табл. 8) [5].

Таблица 8 – Повторяемость (%) различных барических образований

Вид Образования	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Слабоградиентное барическое поле	8	14	13	8	10
Циклоны					
Северо-западные и западные	35	26	33	36	32

Южные	12	13	7	11	11
Возникающие над севером России	5	4	2	5	4
Аномально перемещающиеся	1	1	1	1	1
Стационарные	1	1	2	1	2
Итого	54	45	45	54	60
Антициклоны					
Сибирские	11	5	2	3	5
Карские	5	10	3	5	6
Стационарные	12	9	15	8	11
Скандинавские	8	13	12	18	13
Азорские	2	4	10	4	5
Итого	38	41	42	38	40

Север Европейской части СССР одинаково доступен теплым воздушным массам, поступающим с Атлантического океана, и холодным, вторгающимся с Арктического бассейна. Тропические воздушные массы со Средиземного моря очень редко проникают в этот район.

Анализ атмосферных процессов за период с 1951 по 1960 г. позволил установить, что в среднем за год в 50% случаев погода определяется влиянием циклонов и в 40% случаев – влиянием антициклонов. Атмосферная циркуляция над севером Европейской части СССР имеет ярко выраженный сезонный характер.

Зимой преобладает область низкого давления (62%), которая обусловлена в основном циклонами, перемещающимися с запада и северо-запада (35%) из районов Атлантического океана. Эти циклоны имеют большие скорости и, перемещаясь вдоль побережья Баренцева моря, за сутки могут достигнуть района Архангельска. При прохождении таких циклонов наблюдается вынос теплого и влажного воздуха, что вызывает снегопады, метели, сильные ветры, а иногда даже в самом холодном месяце года – январе – оттепели, морось и гололёд (рисунок 4). Так, 16 января 1975 года выход западного циклона (давление в центре 975 гПа) с Атлантики на южные районы Баренцева моря обусловил



повышение температуры воздуха в районе Архангельска до 4°C, дождь и усиление юго-западного ветра до 15-22 м/с [1].

Резкое повышение температуры воздуха, сильные снегопады могут быть вызваны также и выходом южных циклонов, приносящих наиболее теплые воздушные массы со Средиземного и Черного морей.

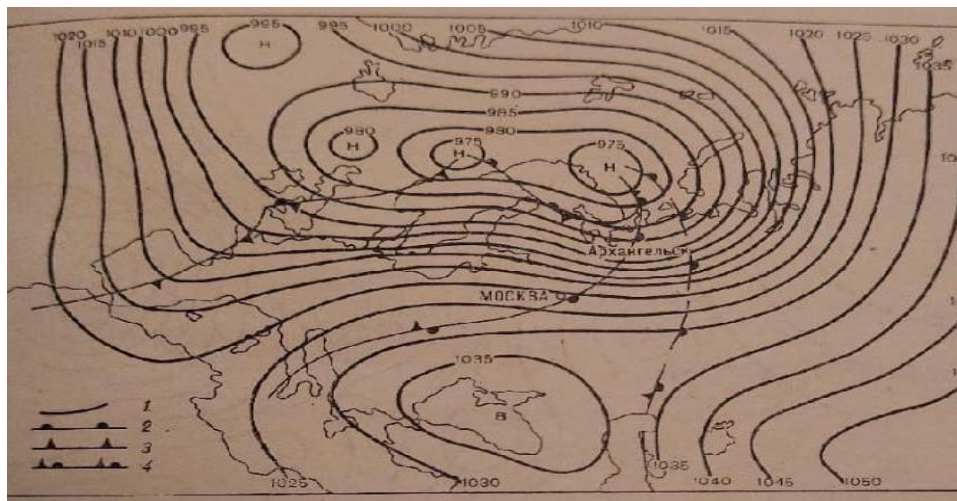


Рисунок 1 – Карта погоды

Зимой район Архангельска реже находится в области повышенного давления (38%), которую создают антициклоны, зарождающиеся над Сибирью (11%), севером Европейской части СССР и т.д [1].

Вторжение холодных антициклонов возможно во все зимние месяцы. С вхождением их со стороны Архангельского бассейна и Сибири поступает очень холодная сухая воздушная масса, которая вызывает резкое понижение температуры воздуха (рис. 2).

Понижение температуры воздуха в Архангельске ночью 21 января 1979 г. до -41°C было вызвано затоком арктического воздуха с Карского моря на север Европейской части СССР. Над снежным покровом при безоблачном небе и слабом ветре происходило дополнительное радиационное выхолаживание. Повышенная повторяемость вторжений воздушных масс со стороны Арктического бассейна в отдельные годы может обусловить устойчивую морозную погоду в течении всей зимы, как это было зимой 1978-79 г.

Весной, как и зимой, над севером Европейской части СССР преобладает область низкого давления (59%). Но уже происходит небольшое увеличение повторяемости области высокого давления (41%). При этом начинает увеличиваться влияние карских (10%), скандинавских (13%) и азорских (4%) антициклонов, а влияние сибирского антициклона значительно уменьшается, что связано с интенсивным разрушением его западной части.

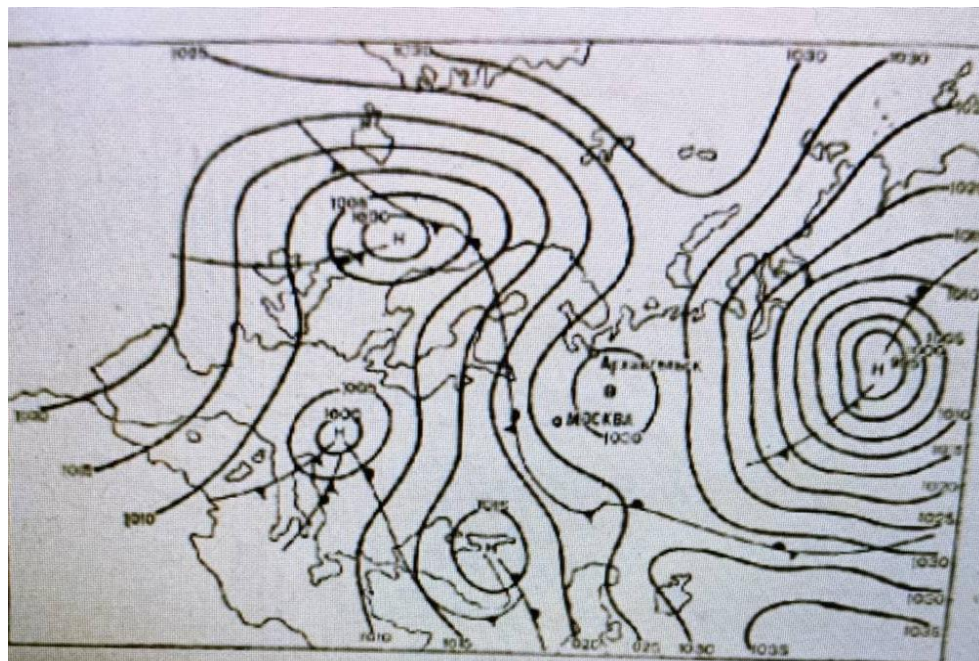


Рисунок 2 – Карта погоды (заток арктического воздуха)

В весенний период происходит перестройка структуры барического поля, которая к концу мая приобретает летний характер. Весной наблюдается большая неустойчивость погоды и быстрая смена синоптических процессов.

Чаще всего на погоду оказывают влияние западные циклоны (26%), смещающиеся с Атлантического океана и обуславливающие в Архангельске умеренно теплую погоду с осадками. В отдельные весны возможно резкое повышение температуры воздуха до 15-20 °С. Оно отмечается при поступлении очень теплой воздушной массы, связанной с перемещением циклонов с юга Западной Европы и Черного моря [1].

Частые выходы южных и юго-западных циклонов в апреле приводят к ранней весне, для которой характерны в мае «возвраты холодов». Такие

похолодания обычно бывают при вторжении антициклонов, сформированных в холодной воздушной массе Арктического бассейна. Минимальная температура воздуха при таких вторжениях в начале мая может понижаться до  $-8 \dots -10^{\circ}\text{C}$ , а в отдельные годы до  $-12 \dots -15^{\circ}\text{C}$ .

Летом, как и в другие сезоны года, преобладает область низкого давления (58%). В это время происходит ослабление интенсивности общей циркуляции атмосферы. По северной периферии отрога азорского антициклона осуществляется перемещение на север Европейской части СССР западных циклонов (33%) с Атлантики. Они смещаются не вдоль побережья Баренцева моря, а южнее – через Скандинавию и Балтийское море на север Европейской части СССР. Скорости перемещения таких циклонов значительно меньше, чем зимой. Они выносят в район Архангельска прохладный и влажный воздух. На фоне размытого барического поля летом усиливается прогрев воздушной массы, что приводит к развитию гроз и ливней, а иногда и шквалов [1].

Для прохладного лета характерны длительные периоды (10-14 дней) холодной и ненастной погоды, вызванные малоподвижной части СССР (рисунок 3). С 6 по 13 июля 1968 года холодная ненастная погода в районе Архангельска была обусловлена влиянием арктического воздуха, поступавшего с Баренцева моря по периферии малоподвижного циклона над Коми АССР. Температура воздуха в эти дни не поднималась выше  $12-15^{\circ}\text{C}$ .

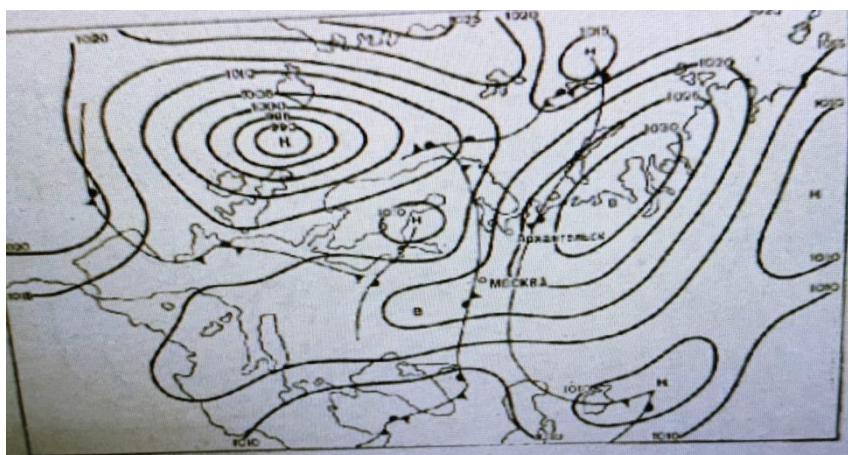


Рисунок 3 – Карта погоды (вынос теплого воздуха со Средиземного моря)

При выходе южных циклонов (7%) в отдельные годы поступает очень теплый тропический воздух со Средиземного моря, что приводит к повышению температуры воздуха до 25-30 °С (рис. 4).

Такая же теплая, но сухая погода может быть обусловлена влиянием азорских (10%), скандинавских (12 %) и стационарных (15 %) антициклонов.

Вынос теплого воздуха со Средиземного моря через западную Европу на север Европейской части СССР наблюдался 30 июля 1960 г. При этом в районе Архангельска наблюдалась малооблачная сухая погода. Температура воздуха днём повышалась до 30°С, ночью до 22°С.

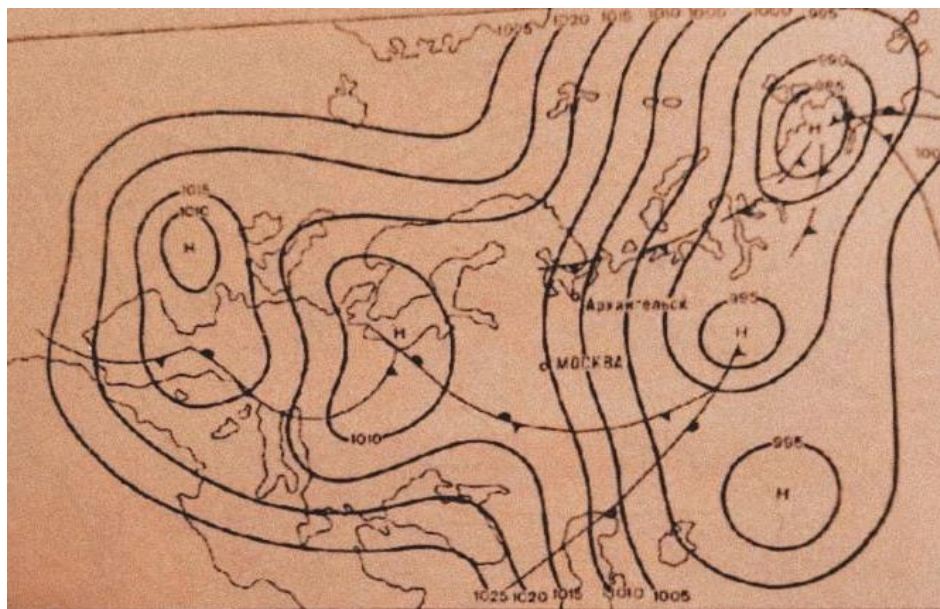


Рисунок 4 – Карта погоды (заток арктического воздуха с Баренцева моря)

При вторжении холодных карских (3%) антициклонов в июне и августе может наблюдаться резкое понижение температуры воздуха, приводящее иногда к заморозкам. В начале лета эти волны холода по времени совпадают с цветением черемухи, и поэтому их называют «черемуховыми холодами».

Начало осени обычно характеризуется активизацией атмосферной циркуляции. Осенью, как и зимой, область низкого давления (62%) создают в большинстве случаев западные и северо-западные циклоны (36%). Скорость

перемещения их значительно увеличивается по сравнению с летним сезоном. Перестройка барического поля от летнего к зимнему происходит в октябре [5].

В годы с сильно развитой циклонической деятельностью западные и северо-западные циклоны приносят с Атлантики влажную прохладную воздушную массу. В такие годы осень бывает ненастная, с частыми дождями и штормовыми ветрами. В октябре дожди часто сменяются мокрым снегом.

Осенью поле высокого давления обуславливается влиянием скандинавских (18%), стационарных (8%) и других антициклонов. С азорскими (4%) и сибирскими (3%) антициклонами связаны возвраты теплой солнечной погоды в первой половине осени. Обычно в это время устанавливаются теплые солнечные дни в сочетании с прохладными ночами, с заморозками и туманом, так называемое бабье лето [5].

Вторжение холодных карских (5%) антициклонов приводят к резкому похолоданию, температура воздуха становится отрицательной, образуется снежный покров. Частые вторжения карских антициклонов называют раннее установление снежного покрова, замерзание рек и переход к зимнему режиму погоды.

Атмосферное давление. Направление переноса воздушных потоков зависит от распределения атмосферного давления на земной поверхности.

В каждом пункте происходят периодические (суточные, годовых) и непериодические изменения давления, которые связаны с условиями общей циркуляции, преобладающей в данном районе [5].

В Архангельске среднее годовое давление на уровне станции равно 1011,2 гПа. Средние годовые значения давления довольно устойчивы и изменяются в основном от года к году на 1-3 гПа и только в отдельных случаях эти изменения увеличиваются до 5-7 гПа. Разность же между наибольшим (1016,4 гПа, 1937 г.) и наименьшим (1008,1 гПа, 1961 г.) средним годовым давлением составляет 8,3 гПа (табл. 10).

Зимой и весной отмечаются несколько повышенные значения давления, а летом и осенью пониженные. Оно имеет четко выраженный годовой ход и характеризуется максимумом мае 1014,1 гПа и двумя минимумами в июле и сентябре 1010,0 гПа. Годовая амплитуда давления довольно мала 4,1 гПа.

Среднее месячное давление незначительно изменяется от месяца к месяцу, в основном на 0,3-1,5 гПа, и только от мая к июню оно изменяется на 3.5 га. Максимальное среднее месячное давление отмечалось в декабре 1938 г. (1032,7 гПа) и в феврале 1886 г. (1031,4 гПа). Наименьшее среднее месячное давление (989,4 гПа) зарегистрировано в феврале 1903 г., несмотря на то что по средним значениям минимум выражен в июле и ноябре [1].

Смена синоптических процессов вносят большие непериодические изменения в ход давления. Наиболее высокое давление воз духа отмечается в стационарных антициклонах, наиболее низкое в циклонических образованиях. Самое высокое давление 1063,4 га (абсолютный максимум) отмечено 17 февраля 1956 г. В это время Европейская часть СССР и Западная Сибирь были заняты обширным малоподвижным антициклоном. Его центральная часть размещалась над северо-восточной частью Архангельской области. Самое низкое давление весь период наблюдений 947 гПа (абсолютный минимум) зарегистрировано 19 марта 1881 г. Самое высокое давление за летний период 1037,1 гПа – в августе 1959 г.

Колебания давления в течении одних суток в среднем невелики. Средняя суточная амплитуда изменяется от 0,2 (март и октябрь) до 0,6 гПа (июль). Зимой наиболее низкое давление приходится на утренние часы, а наиболее высокие – на ночные часы, а летом наоборот, - наиболее высокое – на дневные часы, наиболее низкое – на вечерние. Более значительные изменения суточных значений давления связаны с прохождением глубоких циклонов, когда давление в течении суток может изменяться на +- (30 ... 35 гПа), а в исключительно редких случаях на +-45 гПа [1].

Таблица 9 – Атмосферное давление на уровне станции и на уровне моря

Месяц	p	V	p <sub>макс</sub>	p <sub>мин</sub>	p <sub>макс</sub>	Год	p <sub>мин</sub>	Год	p*	p* <sub>макс</sub>	p* <sub>мин</sub>
I	1010,8	8,1	1029,0	997,4	1067,8	1907	955,9	1898	1011,7	1029,9	938,3
II	1012,0	8,0	1031,4	989,4	1063,4	1956	955,7	1903	1012,9	1032,3	990,3
III	1011,2	6,7	1028,4	993,3	1054,7	1904	947,7	1881	1012,1	1029,3	994,1
IV	1012,7	5,1	1026,3	997,4	1045,1	1894	969,8	1938	1013,5	1027,1	998,2
V	1014,1	3,2	1023,1	1006,4	1049,1	1919	983,6	1942	1014,9	1023,9	1007,2
VI	1010,6	2,9	1017,5	1003,7	1037,1	1956	979,3	1935	1011,4	1018,3	1004,5
VII	1010,0	4,6	1017,0	1002,2	1034,3	1963	977,9	1892	1010,8	1017,8	1003,0
VIII	1010,5	3,9	1020,2	1000,2	1035,4	1951	977,3	1959	1011,3	1021,0	1001,0
IX	1010,0	4,9	1019,9	1001,7	1039,7	1903	972,4	1956	1010,8	1020,7	1002,5
X	1010,8	5,9	1023,4	999,0	1045,9	1953	964,5	1948	1011,6	1024,2	999,8
XI	1011,1	6,6	1028,2	993,7	1054,0	1921	966,9	1902	1012,0	1029,1	994,5
XII	1011,7	6,9	1032,7	995,3	1056,7	1946	960,1	1938	1012,6	1033,6	996,1
Год	1011,2	1,4	1016,4	1008,1	1063,4	1956	947,7	1881	1012,0	1017,2	1008,9

## 2. Роль метео- и климатических характеристик в строительной области

### 2.1 Анализ инсоляции

Одной из основных характеристик радиационного режима является продолжительность солнечного сияния [1].

Зависит она от облачности, степени закрытости горизонта и длительности дня, которая в свою очередь зависит от широты места и времени года.

При 142 днях в году без солнца средняя годовая фактическая продолжительность солнечного сияния в Архангельске составляет 1576 ч. (табл. 10). Но в отдельные годы она может увеличиваться до 2032 ч. (1960 г.) или уменьшаться до 1515 ч. (1956 г.).

Максимум числа дней без солнца (105 дней) наблюдается зимой. Так, в декабре в течении 30 дней, а в январе в течении 27 дней солнца вообще не бывает. Из-за короткого светового дня продолжительность солнечного сияния в зимний период минимальна и составляет всего 189 ч. В декабре в среднем она равна 2 ч, а в декабре 1958 и 1962 гг. солнечное сияние совсем не было зафиксировано.

Начиная с марта число дней без солнца уменьшается, и продолжительность солнечного сияния заметно увеличивается. Весной она составляет 190-220 ч в месяц, число дней без солнца равно 3-4 ч. В это же время года в Москве, например, продолжительность солнечного сияния составляет 140-250 ч, т.е. Архангельск весной по продолжительности солнечного сияния близок к городам средней полосы.

Таблица 10 – Продолжительность солнечного сияния  $t$  (ч), отношение действительной продолжительности к возможной  $t/t$  (%) и число дней без солнца  $n$ . (Архангельск, Соломбала)

Ошибк	T	Tма кс	Год	Tми н	Год	t/t	n	n макс	Год	nми н	Год
I	7	25	1960	0	1957 1958	6	27	31	1957	21	1964
II	40	63	1960	7	1957	20	18	25	1957 1958	10	1960



III	121	198	1963	90	1961	35	7	8	1956	2	1962
IV	187	255	1960	146	1962	44	4	5	1962	1	1961
V	224	355	1966	119	1958	41	3	11	1961	0	1963
VI	283	362	1959	235	1955	46	2	5	1955	0	1962
VII	302	431	1960	220	1962	51	2	3	1956	0	1963
VIII	230	258	1955	135	1956	48	3	6	1961	1	1959 1962
IX	102	136	1963	65	1957	28	7	12	1958 1960	3	1961 1963
X	59	96	1960	34	1957	22	16	20	1957	8	1959
XI	19	33	1960	7	1956	12	23	26	1962	14	1961
XII	2	11	1960	0	1958	2	30	31	1958	25	1962
Год	1576	2032	1960	1515	1956	37	142	150	1957	113	1960

Летом продолжительность солнечного сияния максимальная и изменяется в пределах от 230-300 ч в месяц. Число дней без солнца в это время наименьшее и составляет всего 2-3 дня за месяц [6].

С наступлением осени число дней без солнца увеличивается и, если в сентябре оно относительно мало – всего 7 дней, то в октябре уже равно 16. Продолжительность солнечного сияния уменьшается соответственно от 100 до 60 ч в месяц.

Показательной характеристикой является отношение наблюдавшейся продолжительности солнечного сияния к возможной, т.е. к числу часов солнечного сияния к возможной, т.е. к числу часов солнечного сияния в данном пункте при условии безоблачного неба и открытости горизонта. В целом за год относительная продолжительность солнечного сияния составляет 37%. Летом она увеличивается в среднем до 48%, а зимой уменьшается до 15%.

В суточном ходе максимальные значения продолжительности солнечного сияния приходятся на период от 12 до 14 ч, хотя бывают случаи смещения максимума на 10-12 ч (июль 1938 г. и май 1960 г.) или 14-16 ч (сентябрь 1953 г.)

Для решения некоторых практических задач необходимы сведения о продолжительности облучения солнечными лучами стен различной ориентации отдельно стоящих домов( таблица 11) [1].

Таблица 11 – Возможная и действительная суточная продолжительность солнечного сияния для стен разной ориентации.

Архангельск, Соломбала

Ориентация стены	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Возможная продолжительность, ч												
Ю	4,9	8,4	11,6	11,4	10,8	10,3	10,6	11,1	11,8	9,8	6,3	3,6
С	-	-	-	3,7	7,8	13,7	13,4	5,6	1,4	-	-	-
В,З	2,5	4,2	5,8	7,6	9,3	12,0	12,0	8,4	6,6	4,9	3,2	1,8
Действительная продолжительность, ч												
С	0	0	0	0,8	2,1	3,7	3,4	1,5	0,1	0	0	0
В	0,1	0,6	1,8	2,9	3,4	4,4	4,6	3,4	1,5	1,0	0,3	0,03
Ю	0,2	1,4	3,8	5,3	5,3	5,7	6,4	5,8	3,2	1,9	0,6	0,1
З	0,1	0,8	2,0	3,2	3,9	5,0	5,2	3,9	1,8	0,9	0,3	0,1
Отношение действительной продолжительности к возможной, %												
С	0	0	0	22	27	27	25	27	7	0	0	0
В	4	14	31	38	37	37	38	40	23	20	9	2
Ю	4	17	33	46	49	55	60	52	27	19	10	3
З	4	19	35	42	42	42	43	46	27	18	9	4

Анализ данных таблицы № 11 показывает, что стены южной, восточной и западной ориентации освещаются прямыми солнечными лучами в течении всего года, стены северной ориентации – только в течении шести месяцев – с апреля по сентябрь.

Фактическая дневная продолжительность освещения солнечными лучами южных, восточных и западных стен максимальна летом и составляет 3,4-6,4 ч, в то же время как возможна дневная продолжительность облучения для этих же стен в июне и июле (13,4 – 13,7 ч), превышает число часов солнечного сияния для стен других ориентаций, тем не менее фактическая продолжительность меньше и не превышает 3,6 ч. Минимальная продолжительность освещения восточных,

западных и южных стен отмечается зимой (ноябрь – февраль) и составляет 0,05 – 1,9 ч.

Годовой ход месячной фактической продолжительности освещения стен разной ориентации аналогичен годовому ходу дневной, т.е. максимальная продолжительность солнечного сияния для всех стен, кроме северных, приходится на июль (140 – 200 ч), а для стен северной ориентации – на июнь (110 ч).

Возможная месячная продолжительность солнечного сияния достигает максимальных значений и июле для северных, восточных и западных стен составляет 370 – 415 ч, а для стен южной ориентации – в марте (354 ч) и в сентябре (360 ч).

Зимой доля действительного солнечного сияния от возможного для всех стен, кроме северных, одинакова. Летом наибольшая относительная продолжительность солнечного сияния отмечается для южных стен (52-60%), для западных и восточных она составляет 37-47%. На стены северной ориентации с апреля по август приходится лишь 25% возможного солнечного сияния [1].

## 2.2 Температура воздуха

Средняя годовая температура воздуха в районе Архангельска положительная и составляет 0,4-0,8° С (табл. 13). Изменчивость её велика и колеблется от года к году в пределах 1,2-1,4°С. Наибольших своих значений (3,1° С) средняя годовая температура достигла в 1943 г., а наименьших (-2,4) – в 1920, 1941 гг.

Таблица 12 – Средняя месячная и годовая температура воздуха (°С)

Архангельск, Соломбала

Температура	I	II	III	IV	V	VI
Наиболее высокая	-3,9	-4,0	-2,2	5,2	14,0	17,8
Год	1930	1910	1920	1921	1897	1936

Средняя	-12,5	-12,0	-8,0	-0,6	5,6	12,3
t	3,7	3,9	2,9	2,4	2,4	2,2
Наиболее низкая	-21,9	-22,1	-15,2	-7,8	0,0	8,4
Год	1907	1893	1899	1929	1918	1900

#### Архангельск

Температура	I	II	III	IV	V	VI
Наиболее высокая	-8,2	-7,5	-0,5	3,4	9,0	15,3
Год	1971	1974	1967	1967	1975	1974
Средняя	-12,8	-12,3	-8,0	-0,5	5,7	12,2
t	4,3	4,3	3,1	1,9	2,2	1,9
Наиболее низкая	-24,0	-24,0	-12,2	-3,4	1,9	8,1
Год	1968	1966	1966	1978	1969	1969

#### Архангельск, Соломбала

Температура	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Наиболее высокая	21,3	17,8	11,6	5,0	0,2	-2,0	3,1
Год	1938	1930	1920,1938	1944	1936	1936	1943
Средняя	15,6	13,7	8,1	1,4	-4,5	-9,8	0,8
t	2,2	2,0	1,5	2,0	2,8	4,3	1,2
Наиболее низкая	11,4	8,9	5,2	-5,0	-13,0	-21,3	-2,4
Год	1926	1918	1894	1902	1882	1955	1902

#### Архангельск

Температура	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Наиболее высокая	20,0	17,4	11,2	4,6	0,1	-2,4	2,7
Год	1974	1967	1974	1976	1967	1972	1974
Средняя	15,3	13,2	7,6	1,2	-4,8	-10,3	0,5
t	2,3	1,8	1,9	2,0	2,8	4,8	1,4
Наиболее низкая	11,4	11,2	4,3	-1,6	-8,6	-21,4	-1,8
Год	1968	1978	1973	1976	1965	1978	1966

В годовом ходе средняя месячная температура воздуха изменяется от -12,8 ... 12,5°C в январе до 15,2 ... 15,6°C в июле [5].

Средняя годовая амплитуда температуры воздуха составляет 28,1°C. Средние месячные отрицательные температуры воздуха сохраняются с ноября по апрель. Несмотря на то, что январь является самым холодным месяцем (около 40% лет), в отдельные годы температуры декабря (около 25% лет), февраля (около 35% лет) и даже марта (около 5% лет) оказывается ниже январской [5].

В январе преобладают температуры от -5 до -15°C (15 дней). Очень низкие температуры (-30 ... -45°C) наблюдаются не ежегодно (0,94 дня). Повышение средней месячной температуры начинается с февраля. Вначале температура растет очень медленно и февраль в среднем теплее января на 0,3-0,5°C. От февраля к марту температура повышается в среднем на 4°C. В первой декаде марта происходит устойчивый период средней суточной температуры воздуха через -10°C в сторону повышения (таблица 13), а в третьей декаде прекращаются устойчивые морозы (таблица 14). Средняя продолжительность периода с устойчивыми морозами составляет 138 дней, а с температурой ниже -10° С – 81-86 дней.

Таблица 13 – Даты наступления средних суточных температур воздуха выше и ниже определенных значений и число дней с температурой, превышающей эти значения

Температура, °С					
-10	-5	0	5	10	15
Архангельск, Соломбала					
6 III	26 III	18 IV	13 V	4 VI	2 VII
16 XII	18 XI	22 X	28 IX	6 IX	6 VIII
284	236	186	137	93	34
Архангельск					
5 III	28 III	18 IV	12 V	3 VI	8 VII
13 XII	16 XI	21 X	28 IX	3 IX	4 VIII
282	232	185	138	91	26

Таблица 14 – Средние даты наступления, прекращения и средняя продолжительность устойчивых морозов t.

Архангельск, Соломбала		
Дата		t дни
Наступления	Прекращения	
11 XI	28 III	138

От марта к апрелю наблюдается резкое повышение температуры воздуха в среднем на 8°C. В апреле преобладают средние суточные температуры от -5 до 5°C (21 день). Во второй декаде апреля отмечается устойчивый переход средней суточной температуры через 0°C в сторону положительных температур. В отдельные годы, в зависимости от интенсивности развития процессов в атмосфере, такой переход осуществляется и в другое время. В 5% лет он бывает в начале первой декады апреля, в 95% лет – в начале первой декады мая. Самая ранняя дата была отмечена 27 марта 1921 г., а самая поздняя – 15 мая 1918 г. Период со средней суточной температурой воздуха ниже 0°C в среднем составляет около 180 дней. В мае происходит интенсивный рост температуры, вызванный значительным увеличением прихода солнечной радиации [1].

Средняя месячная температура воздуха в мае выше, чем в апреле, в среднем на 5°C. Во второй декаде мая происходит устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 5°C. В июне и июле продолжается дальнейший подъем средней месячной температуры воздуха на 6 и 3°C соответственно. В начале первой декады июня наблюдается устойчивый переход температуры через 10°C в сторону повышения. В 5% лет он возможен во второй декаде мая, в 95% лет – в конце третьей декады июня, самая ранняя дата перехода через 10°C была 3 мая 1897 г., а самая поздняя дата – 24 июня 1900 г. В июле средняя месячная температура воздуха достигает своего наибольшего значения. Однако в зависимости от атмосферной циркуляции наиболее высокие средние месячные

температуры наблюдаются и в июне, и в августе. Самым теплым месяцем в году бывает июль (около 70% лет), а июнь и август – 12-14% всех лет.

В июле преобладают средние суточные температуры от 10 до 20°C (около 22 дней). Температуры ниже 5°C наблюдаются не ежегодно (0,01 дня).

Период с температурами выше 15° С длится всего около 30 дней (первая декада июля – первая декада августа). В августе начинается медленное понижение температуры. Средняя температура августа примерно на 2°C ниже июльской. От августа к сентябрю температура понижается на 5,5-5,6°C, от сентября к октябрю на 6,5-6,7°C. В сентябре происходит устойчивый переход средней суточной температуры через 10°C (первая декада) и через 5°C (третья декада) в сторону понижения. Продолжительность периода с такими температурами длится в среднем 90-93 и 135-138 дней соответственно. В отдельные годы продолжительность периода может отличаться от средней на 40-50 и 25-30 дней соответственно в ту и другую сторону. В октябре очень редко суточная температура превышает 10° С (0,3 дня) и в среднем отмечается около 10 дней с отрицательной температурой. Переход температуры воздуха через 0°C происходит в третьей декаде октября. От октября к ноябрю температура понижается на 5,8-6,0°C. Средняя температура ноября равна -4,5 ... -4,9°C. В течении месяца преобладают температуры от 0 до -5°C (11 дней). В начале второй декады ноября наступают устойчивые морозы.

В декабре средняя месячная температура изменяется от -9,8 до -10,3°C. Во второй декаде декабря наблюдается переход температуры воздуха через -10°C в сторону понижения. Несмотря на то что в этом месяце преобладает средняя суточная температура от 0 до -15°C, возможны дни, когда она понижалась до -30°C и ниже (0,5 дня). В отдельные годы значения средней месячной температуры воздуха больше (2,4-5,0° С), а в теплый период – меньше (1,4-2,7°C).

Суточный ход температуры воздуха наиболее выражен в теплое время года . В это время максимум температуры воздуха приходится на дневные (14-15ч.), а

минимум – на утренние часы (3-4ч.), средняя суточная амплитуда составляет 6-7°C. Зимой, когда преобладают пасмурные дни, суточный ход температуры воздуха сглажен. Минимум приходится на ночные и утренние часы, а максимум – на дневные (13-14 ч.). Наименьшая суточная амплитуда отмечается в ноябре – январе(0,3-0,8° С) [1].

На рисунке 5 представлен суточный ход температуры воздуха для четырех месяцев. Зависимость суточной амплитуды – разности между суточным максимумом и минимумом температуры – от различного состояния неба приведена в таблице 15. При ясной погоде суточная амплитуда почти в 2 раза больше, чем при пасмурной.

Таблица 15 – Суточная амплитуда температуры воздуха (°С) независимо от состояния неба и при его различном состоянии по нижней облачности.

Архангельск, Соломбала

Состояние	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ясно	7,6	8,2	11,7	11,2	11,7	11,8	11,9	11,4	9,1	7,0	6,1	7,0
Полуясно	7,9	7,2	8,5	8,1	8,3	9,2	9,2	8,2	6,5	4,7	5,5	7,2
Пасмурно	5,4	4,9	5,3	4,7	5,8	6,8	6,6	5,5	4,3	3,4	3,4	4,4
Вне зависимости от состояния неба	6,9	6,7	8,7	8,4	8,6	9,6	9,8	8,8	6,2	4,3	4,4	5,8

Междусуточная изменчивость температуры воздуха – разность средних суточных температур двух соседних суток – отражает только колебания, вызванные адвекцией тепла или холода. Наибольшая изменчивость температуры от суток к суткам отмечается зимой, наименьшая – осенью. В отдельных случаях междусуточная изменчивость температуры в зимний период достигает +- (18-20°C) и более, а в теплый период +- (10-12°C). Повторяемость таких крайних значений составляет всего лишь 0,1-0,5%. Наибольшая повторяемость приходится на междусуточную изменчивость в пределах +- 2°C [6].



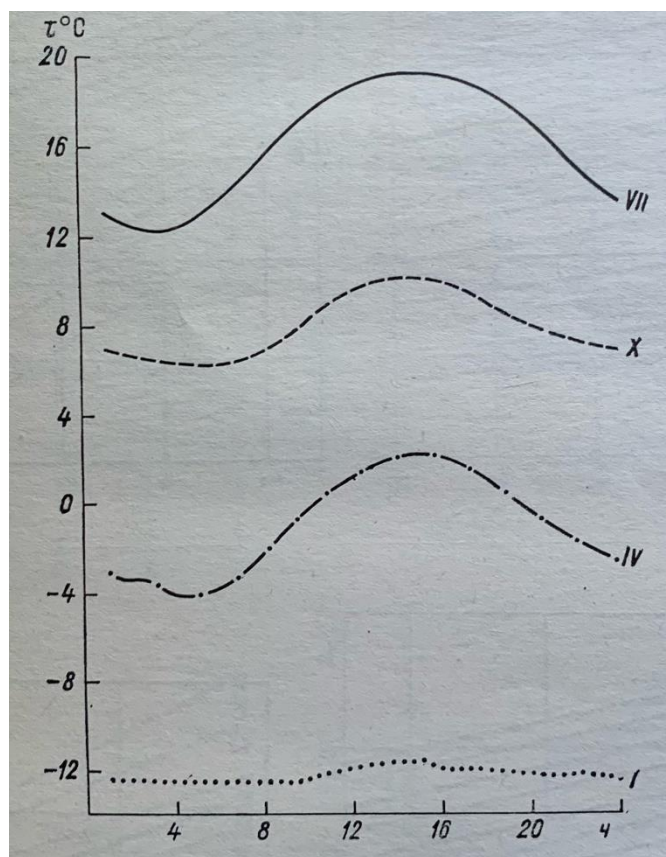


Рисунок 5 – Суточный ход температуры воздуха в январе, апреле, июле, октябре  
Архангельск, Соломбала

Годовой ход средней минимальной и максимальной температуры воздуха аналогичен годовому ходу средней месячной. Средняя максимальная температура характеризует самую теплую часть суток (послеполуденные часы), средняя минимальная – температуру наиболее холодной части суток (ночные часы). Эти температуры, как и средние месячные, обладают большой изменчивостью.

Средняя минимальная температура изменяется от  $-16,1 \dots -17,4^{\circ}\text{C}$  в феврале, до  $9,9-11,3^{\circ}\text{C}$  в июле, средняя максимальная температура – от  $-9,2 \dots 9,4^{\circ}\text{C}$  в январе, до  $20,3-20,8^{\circ}\text{C}$  в июле (таблица 16 и 17).

Таблица 16 – Средний минимум температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ )

Средний минимум	I	II	III	IV	V	VI
-----------------	---	----	-----	----	---	----

Архангельск, Соломбала						
Наиболее высокий	-6,9	-7,0	-6,0	1,4	6,6	12,3
Год	1930	1910	1959	1921	1920	1936
Средний	-16,0	-16,1	-12,6	-4,8	1,7	8,0
t	4,2	4,4	3,4	2,9	2,0	1,9
Наиболее низкий	-26,1	-26,9	-20,7	-13,7	-3,9	3,3
Год	1907	1893	1899	1929	1918	1891
Архангельск						
Наиболее высокий	-12,0	-10,9	-3,4	-0,2	4,3	9,3
Год	1971	1974	1967	1967	1975	1974
Средний	-16,6	-16,8	-13,2	-5,0	1,0	6,8
t	4,1	4,3	3,9	2,2	1,8	1,6
Наиболее низкий	-27,6	-28,0	-17,0	-7,8	-1,7	2,6
Год	1968	1966	1966	1978	1965	1969

Средний минимум	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Архангельск, Соломбала							
Наиболее высокий	16,1	13,6	8,4	3,0	-1,1	-4,3	-0,4
Год	1960	1932	1938	1944	1936	1936	1920,1943
Средний	11,1	9,9	5,3	-0,6	-6,8	-12,9	-2,8
t	2,0	1,7	1,5	2,2	3,0	4,6	-
Наиболее низкий	7,6	4,6	0,7	-7,5	-14,1	-24,0	-6,5
Год	1926	1918	1891	1902	1956	1915	1902
Архангельск							
Наиболее высокий	14,4	12,8	7,6	2,6	-1,8	-4,7	-1,2
Год	1974	1967	1974	1967	1967	1974	1974
Средний	9,9	8,7	4,2	-1,4	-7,5	-13,8	-3,6
t	1,9	1,5	1,8	2,1	3,5	4,5	1,4
Наиболее низкий	7,4	7,0	0,8	-5,1	-12,0	-26,6	-5,7
Год	1968	1975	1973	1968	1965	1978	1966

Таблица 17 – Средний максимум температуры воздуха

Средний максимум	I	II	III	IV	V	VI
Архангельск, Соломбала						
Наиболее высокий	-2,4	-2,9	2,0	9,7	16,2	23,0
Год	1949	1943	1920	1921	1920	1936
Средний	-9,2	-8,8	-3,7	3,7	10,3	17,2
t	3,4	3,2	2,4	2,5	2,6	2,4
Наиболее низкий	-17,9	-15,2	-9,0	-2,5	6,0	13,1
Год	1940	1947	1942	1929	1916	1941
Архангельск						
Наиболее высокий	-4,7	-4,1	2,6	8,2	15,2	21,4
Год	1971	1974	1967	1967	1975	1974
Средний	-9,2	-9,0	-3,8	4,0	10,4	17,4
t	4,4	3,9	2,4	2,1	2,6	1,9
Наиболее низкий	-20,3	-19,4	-7,2	1,3	6,3	14,4
Год	1968	1966	1966	1978	1969	1969

Средний максимум	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Архангельск, Соломбала							
Наиболее высокий	26,7	23,1	15,5	7,1	1,7	-0,1	7,0
Год	1938	1930,1951	1920	1944	1948	1936	1920
Средний	20,8	18,3	11,5	3,7	-2,4	-6,9	4,6
t	2,6	2,2	1,7	1,7	2,1	3,9	-
Наиболее низкий	15,7	13,2	8,6	1,0	-7,6	-17,9	1,9
Год	1926	1923	1939	1952	1956	1955	1941
Архангельск							
Наиболее высокий	25,5	23,3	16,1	7,1	2,0	-0,2	6,8
Год	1974	1972	1975	1967	1967	1972	1974,1975
Средний	20,6	18,1	11,4	3,6	-2,4	-7,2	4,5
t	2,4	2,1	2,1	1,8	2,3	4,1	1,4
Наиболее низкий	16,6	15,9	8,5	1,1	-5,6	-16,7	2,5
Год	1968	1978	1973	1977	1965	1978	1966

Наибольшая изменчивость этих температур наблюдается в зимний период. В январе средняя минимальная температура изменялась от  $-6,9^{\circ}\text{C}$  в 1930 г. до  $-27,3^{\circ}\text{C}$  в 1968 г., в декабре – от  $-4,3^{\circ}\text{C}$  в 1936 г. до  $-26,6^{\circ}\text{C}$  в 1978 г. Аналогично в январе самая низкая средняя максимальная температура наблюдалась в 1968 г. ( $-20,3^{\circ}\text{C}$ ), а самая высокая – в 1930 г. ( $-1,6^{\circ}\text{C}$ ) [1].

Летом изменчивость средних минимальных и максимальных температур уменьшается. Например, в июле средняя минимальная температура колеблется от  $16,1-16,4^{\circ}\text{C}$  (1960 г.) до  $7,6^{\circ}\text{C}$  (1926 г.), а средняя максимальная от  $26,7^{\circ}\text{C}$  (1938 г.) до  $15,5^{\circ}\text{C}$  (1926 г.) [1].

### 2.3 Режим ветра и твердых осадков (снега)

Направление и скорость ветра, фиксируемые на метеостанциях, в значительной степени зависят от местных условий: рельефа, близости водных объектов и т.д., а также от типа приборов, места их установки и защищенности, поэтому данные метеостанций в районе Архангельска не вполне сравнимы между собой [2].

Географическое распределение различных направлений ветра и его скоростей определяется сезонным режимом барических центров, стационарирующихся над Северной Атлантикой и Евразией, и орографических условий. В холодное время года ветровой режим формируется преимущественно под влиянием исландского минимума. В теплое время года исландский минимум заполняется и его деятельность ослабевает. В это время рассматриваемая территория находится под воздействием размытого малоградиентного поля давления.

В связи с этой характеристикой особенностью ветрового режима является отчётливо выраженная в годовом ходе сезонная смена ветров преобладающих направлений. Зимой преобладают юго-западные и юго-восточные ветры. В

январе суммарная повторяемость ветров южных направлений изменяется в районе Архангельска от 55 до 70% [1].

У северо-восточных ветров большую часть года, кроме летнего периода, отмечается и наименьшая скорость, минимум которой приходится на декабрь – январь (1,5 – 2,6 м/с). В январе наибольшие средние месячные скорости наблюдаются при юго-западных и западных ветрах (4,5 – 6,5 м/с).

Летом южные ветры наиболее слабые, их средняя скорость в июле составляет всего 2,5 – 3,5 м/с, а наиболее сильные – северо-западные ветры (4 – 5 м/с).

Западные ветры имеют небольшую скорость в течении почти всего года, их средняя годовая скорость составляет 4 – 5 м/с, а осенью и зимой их средняя месячная скорость достигает 5 – 6 м/с.

Средние месячные значения скорости ветра в течении всего года довольно значительные. Наибольшие средние месячные скорости ветра приходятся на зимнее время года – ноябрь – декабрь (4,1 – 5,5 м/с). В летние месяцы скорости ветра ослабевают (3 – 4 м/с) (таблица 19).

Максимальные наблюдаемые скорости отмечались в июне при западных и северо-западных ветрах в ноябре при северном ветре и достигали 34 м/с.

Максимальные скорости ветра более 20 м/с бывают в течении всего года при северных ветрах западных направлений. При ветрах восточных направлений наблюдаются наименьшие максимальные скорости (10 – 17 м/с) (таблица 20).

Наблюдения за максимальной скоростью ветра не вполне надежны, так как максимальные скорости ветра могут быть и между сроками наблюдений, когда скорости ветра не измеряются. Кроме того, ее нельзя определить точно из-за конструктивных особенностей флюгера Вильда, который имеет потолок измерений скорости 20 или 40 м/с.

Почти весь год, кроме декабря – января, наиболее сильные ветры наблюдаются в дневные часы, а наиболее слабые – ночью.

Таблица 18 – Средняя и максимальная скорости ветра (м/с)

Скорость ветра	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Архангельск, Соломбала									
Средняя	5,1	4,9	4,8	4,6	4,9	4,6	4,3	4,1	4,8
t	0,74	0,82	1,07	0,55	0,75	0,44	0,52	0,66	0,70
Ошибка!	20	20	28	20	20	34	24	20	20
Год	Ошибка!	1962	1953	Ошибка!	1950	Ошибка!	Ошибка!	1948	Ошибка!
Архангельск									
Средняя	4,0	4,1	4,0	3,9	3,9	3,6	3,3	3,4	3,7
t	0,77	0,71	0,51	0,55	0,40	0,40	0,29	0,39	0,55
Ошибка!	18	17	14	12	12	16	13	12	12
Год	1972	1972	Ошибка!	Ошибка!	1971	Ошибка!	Ошибка!	1971	Ошибка!

Скорость ветра	X	XI	XII	Ошибка!	Весна	Лето	Осень	Год
Архангельск, Соломбала								
Средняя	5,4	5,4	5,2	5,1	4,8	4,3	5,1	4,8
t	0,95	0,81	0,68	0,51	0,56	0,36	0,62	0,38
Ошибка!	28	34	20	34	20	34	28	34
Год	1962	1957	Ошибка!	1957	Ошибка!	Ошибка!	1962	Ошибка!
Архангельск								
Средняя	4,0	3,9	4,2	4,0	3,9	3,4	3,8	3,8
t	0,49	0,50	0,90	0,35	0,44	0,31	0,46	0,28
Ошибка!	13	12	14	18	12	16	13	18
Год	Ошибка!	1968,1971	Ошибка!	Ошибка!	1969,1971	Ошибка!	Ошибка!	1972

Однако в холодное время года суточный ход скорости ветра выражается очень слабо.

В теплую половину наибольшие скорости ветра приходятся на 15ч, а наименьшие – на 3 ч (табл. 18).

В целом за год преобладают ветры скоростью 2 – 5 м/с (55 – 57%). Наиболее часто такие ветры наблюдаются летом (59 – 61%), реже всего зимой (51 – 54%). Максимум ветров со скоростью 2 – 5 м/с приходится на июль (60 – 64%)( табл. 20).

Таблица 19 – Максимальная скорость ветра (м/с) по направлениям

Архангельск, Соломбала

Месяц, сезон	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	20	12	14	17	14	20	20	18
II	14	17	14	16	12	20	20	20
III	20	14	12	17	16	20	28	20
IV	20	14	14	14	17	17	17	20
V	20	17	14	14	12	17	17	20
VI	20	12	12	12	14	17	34	34
VII	20	12	12	10	12	16	24	24
VIII	20	14	17	17	17	17	20	18
IX	20	16	14	12	17	18	17	18
X	24	17	14	17	14	20	20	28
XI	34	14	14	14	20	17	20	20
XII	16	10	12	20	17	17	17	17
Зима	34	17	14	20	20	20	28	20
Весна	20	17	14	14	17	17	17	20
Лето	20	14	17	17	17	17	34	34
Осень	24	17	14	17	17	20	20	28
Год	34	17	17	20	20	20	34	34

Таблица 20 – Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) в различные часы суток.

Архангельск

Часы суток	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
0	4,1	4,0	3,7	3,4	3,1	2,9	2,7	3,0	3,4	3,8	4,0	4,2	3,5
3	4,0	4,1	3,7	3,5	3,1	2,7	2,8	2,9	3,4	3,8	3,9	4,2	3,5
6	4,0	4,2	3,8	3,4	3,4	3,0	2,8	3,0	3,4	3,9	3,9	4,3	3,6
9	4,0	4,2	3,9	3,9	4,1	3,6	3,2	3,5	3,9	3,9	4,1	4,3	3,9
12	4,1	4,3	4,4	4,7	4,8	4,5	4,0	4,3	4,5	4,4	4,1	4,3	4,4

15	4,0	4,3	4,8	4,9	5,0	4,9	4,2	4,4	4,37	4,5	4,1	4,3	4,5
18	4,1	4,2	4,1	4,5	4,5	4,6	4,0	3,8	3,9	4,0	4,0	4,3	4,2
21	4,1	4,1	3,9	3,6	3,4	3,4	3,0	2,9	3,4	3,9	3,9	4,2	3,6
Среднее	4,0	4,2	4,0	4,0	3,9	3,7	3,3	3,5	3,8	4,0	4,0	4,3	3,9

Слабые ветры (0 – 1 м/с) имеют такой же годовой ход, как и ветры со скоростью 2 – 5 м/с, в среднем за год их вероятность составляет 12 – 24%. Ветры скоростью 15 м/с и более возможны в течении всего года, но вероятность их небольшая (0,5 – 2%) [6].

При проектировании и строительстве жилых кварталов, заводов и других сооружений особенно важно знать распределение по направлениям( табл. 20).

Зимой наибольшую вероятность по направлениям имеют юго-восточные и юго-западные ветры со скоростью 2 – 5 м/с (9 – 10%) и 6 – 9 м/с (5,5 – 6,5%), т.е. ветры преобладающих направлений, наименее вероятны северо-восточные ветры этих же скоростей. Скорости ветра более 14 м/с наиболее часто бывают при ветрах западных направлений (0,5%). Летом преобладают северные и восточные ветры скоростью 6 – 9 м/с (4%). При северо-западных ветрах наиболее вероятны скорости более 10 м/с (1,4%) [6].

Таблица 21 – Вероятность скорости ветра (м/с) по градациям (% общего числа случаев)

Архангельск, Соломбала

Ошибка , сезон	Скорость, м/с												
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	Ошибк	Ошибк	14	Ошибк	Ошибк	21-	Ошибк	Ошибк
								-			24		
								15					
I	10, 6	24, 0	26, 7	18, 4	11, 5	4,3	2,0	1, 4	0,8	0,3			
II	12, 2	26, 8	28, 5	17, 1	7,6	3,5	2,7	0, 7	0,6	0,3	0,0 5		
III	14, 2	27, 2	24, 9	15, 4	8,7	3,9	2,7	1, 0	1,3	0,6		0,05	
IV	12, 0	29, 4	30, 2	14, 8	6,8	3,0	2,0	0, 9	0,9				



V	10, 4	26, 9	28, 3	16, 4	9,4	3,8	2,6	0, 8	1,0	0,4			
VI	11, 5	29, 4	30, 9	15, 0	7,1	3,2	1,7	0, 7	0,3	0,2			
VII	12, 1	33, 5	30, 0	15, 0	5,3	1,9	1,0	0, 3	0,7	0,1	0,1		
VIII	16, 7	32, 0	27, 0	13, 7	5,4	1,8	2,0	0, 6	0,8	0,05			
IX	13, 4	27, 2	26, 6	16, 8	7,8	3,8	2,0	1, 3	0,9	0,2			
X	8,9	23, 2	26, 0	20, 0	10, 9	4,0	2,8	1, 6	1,4	0,3			
XI	9,1	22, 7	25, 4	21, 2	11, 0	4,8	3,1	1, 7	0,7	0,2	0,0 5		0,05
XII	10, 9	23, 5	26, 5	19, 3	11, 0	4,2	2,7	1, 2	0,7	0,05			
Зима	11, 4	24, 8	26, 4	18, 3	10, 0	4,2	2,6	1, 2	0,8	0,3	0,0 2	0,01	0,01
Ошибка	11, 2	28, 1	29, 2	15, 6	8,1	3,4	2,3	0, 9	1,0	0,2			
Лето	13, 4	31, 7	29, 3	14, 6	5,9	2,3	1,6	0, 5	0,6	0,1	0,0 3		
Ошибка	11, 1	25, 1	26, 3	18, 4	9,4	4,3	2,4	1, 5	1,2	0,3			
Год	11, 8	27, 2	27, 7	16, 9	8,5	3,6	2,3	1, 0	0,8	0,2	0,0 2	Ошибка	0,00 4

Таблица 22 – Вероятность (%) ветра различной скорости по направлениям

Архангельск, Соломбала

Скорость м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Зима								
0-1	1,7	1,0	1,8	1,2	1,4	1,4	1,1	1,0
2-5	4,9	4,1	8,3	9,8	8,3	8,6	5,3	3,7
6-9	1,0	1,1	2,9	5,5	4,6	6,6	4,1	1,7
10-13	0,3	0,2	0,5	1,0	1,0	1,6	1,3	0,9
14-17	0,2	0,02	0,1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4
18-20	0,02			0,01	0,01	0,05	0,1	0,1
>20	0,01				0,01		0,02	0,01
Весна								



### 3. Анализ метеоклиматических характеристик для строительной отрасли

#### 3.1 Расчёт термических характеристик и их анализ

Для того чтобы дать характеристику годового хода температуры, необходимо сначала по первичным исходным данным рассчитать среднюю минимальную (ночную) и максимальную (дневную) температуры, 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 таблице 3.1. В этой же таблице на следующем этапе анализа будут приведены показатели годового хода влажности воздуха.

Таблица 23 – Средние месячные значения температуры и влажности воздуха

Месяц	Климатические характеристики								
	$T^{\circ}\text{C}$ <i>l</i> ср.с ут ^	$T^{\circ}\text{C}$ <i>l</i> Ошиб ^	$T^{\circ}\text{C}$ <i>l</i> Ошибк ^	$T^{\circ}\text{C}$ <i>l</i> ^	$T^{\circ}\text{C}$ <i>l</i> тт ^	Средняя Ошибка! воздуха, гПа	Средняя Ошибка! воздуха, %	Влажно сть воздуха, день, %	Влажно сть воздуха, ночь, %
Январь	-7,8	Ошиб	-10,9	3,2	- 18, 8	2,8	89	68	100**
Ошибка!	-7,1	-3,6	-10,6	3,5	Ошиб	2,9	86	64	100
Март	-1,3	2,4	-5,0	8,3	- 10, 9	3,9	73	54	100
Апрель	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

Август	16,8	21,8	11,8	27,8	5,8	14,0	73	54	100
Ошибка!	11,1	15,4	6,8	23,3	-1,1	10,4	79	59	100
Октябрь	5,2	8,0	2,4	15,5	-5,1	7,0	79	65	96
Ноябрь	-1,1	1,2	-3,4	5,4	-7,6	5,0	90	75	100
Ошибка!	-5,6	-3,0	-8,2	6,6	-17,8	3,6	94	76	100
Год	5,4	9,4	15	15,6	-4,7				

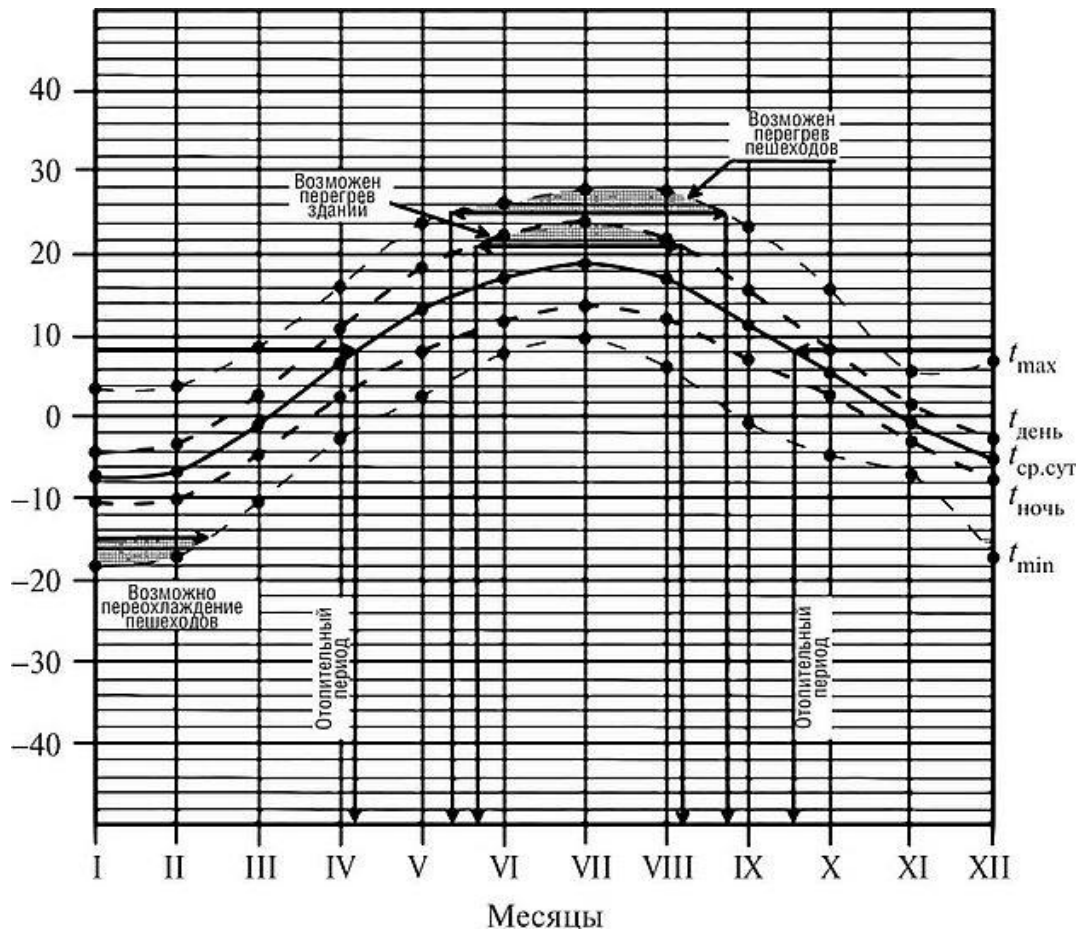


Рисунок 6 – Годовой ход температуры воздуха

Так как температура воздуха является скалярной величиной, точки соединяются плавными линиями. Всего на бланк наносится пять линий различных характеристик температуры воздуха.

Проведем 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 этого фактора на архитектурную среду. Для этого на бланк наносят горизонтальными прямыми линиями изотермы, соответствующие наступлению тех или иных критических значений:

1.  $-15^{\circ}\text{C}$  — температура, при которой возможно переохлаждение людей, находящихся на открытой территории городской застройки при скорости ветра более 2 м/с.
2.  $0^{\circ}\text{C}$  — температура начала и окончания ночных заморозков.
3.  $8^{\circ}\text{C}$  — температура начала и окончания отопительного периода.
4.  $2\text{ГC}$  — температура, при которой возможен перегрев инсолируемых фасадов и помещений, выходящих на эти фасады.
5.  $25^{\circ}\text{C}$  — температура, при которой возможен перегрев людей, находящихся на территории городской застройки (кроме людей, активно занимающихся спортом).

Анализируя годовой ход, можем сделать следующие выводы:

1. Среднегодовая температура воздуха в районе строительства (г. Архангельск) составляет  $5,4^{\circ}\text{C}$ , что является значением, характерным для умеренного континентального типа климата средних широт. Минимальная средняя суточная температура наблюдается в январе и составляет  $-7,8^{\circ}\text{C}$ , максимальная температура  $18,7^{\circ}\text{C}$  наблюдается в июле. Оба эти параметра соответствуют строительно-климатическому подрайону ПВ.

2. Зима умеренно холодная. Переход средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  происходит в начале второй декады ноября. Морозный период продолжается до конца второй декады марта. Таким образом, период года с отрицательными среднесуточными температурами имеет продолжительность около 4 месяцев. С третьей декады декабря и до конца второй декады февраля средняя минимальная температура может опускаться ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ , что говорит о необходимости использования архитектурно-планировочных решений по ветрозащите для пешеходных дорожек, площадок отдыха и других элементов благоустройства на территории городской застройки, связанных с длительным (более 20 мин) пребыванием на них населения.
3. В середине марта средняя температура воздуха начинает довольно резко повышаться и в апреле составляет уже  $6,4^{\circ}\text{C}$ . Это связано, во-первых, с интенсивным ростом суммарной солнечной радиации в марте—апреле; во-вторых, со сходом снежного покрова, что увеличивает коэффициент поглощения этой радиации и, следовательно, интенсивность прогрева земной поверхности и соприкасающегося с ней воздуха. В конце второй декады апреля средняя суточная температуры начинает превышать значение  $8^{\circ}\text{C}$ , что означает окончание отопительного периода. Начало отопительного периода приходится на первую декаду октября, а его продолжительность составляет примерно 5,5 месяцев.
4. Лето от умеренно теплого до комфортного. Дневные температуры в летние месяцы составляют  $22\text{—}23^{\circ}\text{C}$ . Однако под воздействием прямой солнечной радиации может наблюдаться перегрев фасадов, обращенных на южную половину горизонта. Перегрев может возникать при дневной температуре воздуха выше  $2\text{ ГС}$ . Этот период длится с первой декады июня и до второй декады августа, т.е. практически все лето. С учетом этого фактора необходимо принимать соответствующие объемно-планировочные и колористические решения, обеспечивать возможность защиты инсолируемых светопроемов от

избыточной инсоляции, а инсолируемые фасады — от перегрева за счет их затенения и сохранения условий для воздухообмена снаружи от них.

5. При максимальной дневной температуре 25°C и выше возможен сильный тепловой дискомфорт со стороны перегрева людей, находящихся на территории застройки, особенно на ее инсолируемых участках. Этот период начинается в конце мая и заканчивается в начале сентября. Для предотвращения сильного перегрева целесообразно затенять пешеходные дорожки, площадки для активного отдыха и спорта и другие участки городской застройки, связанные с длительным (более 20 мин) пребыванием населения в состоянии средней и высокой физической активности. Затенение может выполняться за счет зеленых насаждений в виде рядовых посадок. Породный состав следует подбирать из деревьев с раскидистой рыхлой кроной, начинающейся достаточно высоко от земли, чтобы не нарушать аэрационный потенциал территории.
6. Осенний период характеризуется плавным постепенным снижением температуры воздуха при уменьшении ее суточной амплитуды. Однако почти до конца октября дневные температуры воздуха еще вполне комфортные, ночных заморозков не наблюдается. За счет этого территория жилой застройки активно используется жителями для рекреационных целей, чему должны удовлетворять характер и уровень ее благоустройства.

### 3.2 Расчет показателей снеговой и ветровой нагрузки на здания

Все здания, находящиеся над поверхностью Земли, подвергаются ветровым нагрузкам.

Для сооружения высотой более 40 м необходимо учитывать величину нагрузки, создаваемой ветром. Статистическая ветровая нагрузка, нормальная к поверхности сооружения или к его элементу, определяется по формуле 1

$$Q = C_x \cdot q_0. \quad (1)$$

где  $C_x$  - аэродинамический коэффициент (коэффициент лобового сопротивления сооружения);  $q_0$  - скоростной напор ветра (давление ветра на единицу поверхности в кг/м<sup>2</sup> ).

Скоростной напор ветра ( $q_0$ ) может быть рассчитан по формуле 2

$$q_0 = \frac{1}{2} * m * v^2. \quad (2)$$

где  $v$  - скорость ветра в м/с;  $m = \rho/g$  - масса воздуха.

Если принять плотность воздуха  $\rho = 1,225$  кг/м<sup>3</sup> , что имеет место при температуре воздуха 15° С и давлении 760 мм рт. ст., тогда  $q_0 = v^2 / 16$ .

Таким образом, из выражения видно, что для конкретного сооружения величина статистической ветровой нагрузки определяется скоростью ветра. Это заставляет более точно определять расчетные скорости ветра, по которым оценивается расчетная ветровая нагрузка.

Основные факторы ветровой нагрузки:

1. скорость ветрового потока;
2. плотность воздушной струи— при повышенной влажности, удельный вес воздуха становится больше, соответственно, возрастает величина переносимой энергии;
3. форма стационарного объекта.

В зависимости от формы объекта объекта:

1. На вертикальную стену действует так называемое лобовое усилие, стремящееся сдвинуть объект с места.
2. На крышу, кроме горизонтальных усилий (вдавливающих), действуют и вертикальные силы, образующиеся от разделения воздушного потока при ударе о стену. Вектор воздушного потока стремится поднять крышу, оторвать её от стен.
3. Совокупность всех этих вихревых потоков создают ветровую нагрузку не только на крупные элементы здания, но распространяет свои влияния на все



элементы строительного сооружения, — двери, окна, кровлю, водостоки, антенну, дымоход.

Рассчитаем ветровую нагрузку на крышу дома с высотой 10 метров в Архангельске, для этого используем формулу 3

$$q_n = K_z \cdot n \cdot b \cdot q, \quad (3)$$

где  $K_z$  - коэффициент пересчета ветрового напора с высоты 10 м на другие высоты,  $q$  - ветровой напор на высоте 10 м, рассчитанный по скорости ветра, возможной раз в пять лет;  $n$  - коэффициент перегрузки, с помощью которого осуществляется пересчет ветрового напора, возможного раз в пять лет, на напор, наблюдаемый реже;  $B$  - коэффициент, учитывающий пульсации ветрового напора и динамичность конструкции (реакция сооружения на порывы ветра).

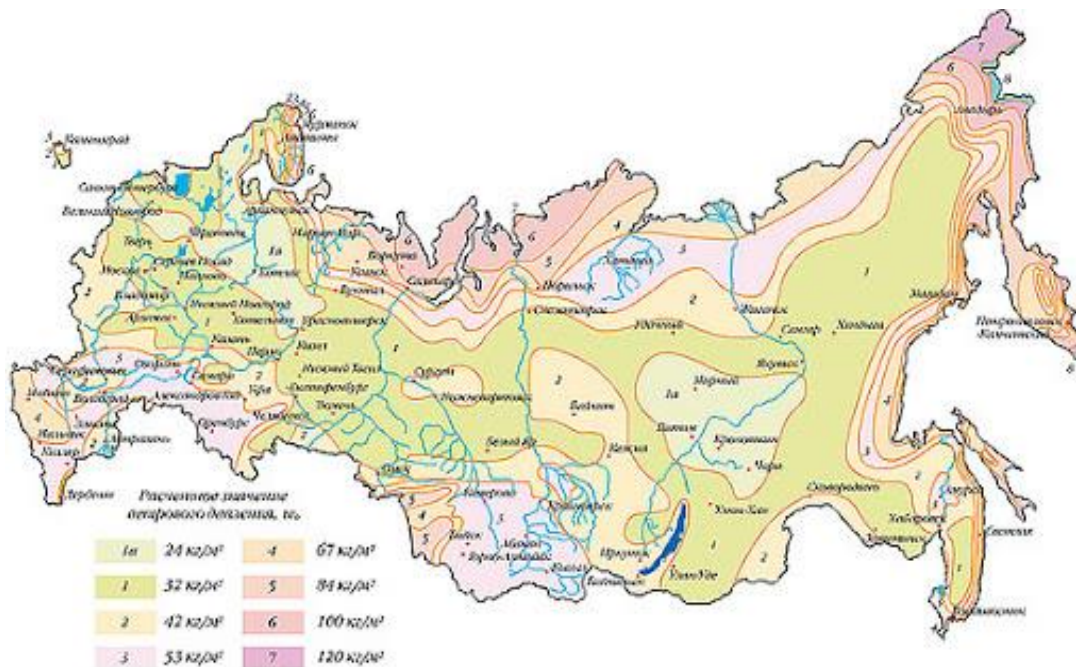


Рисунок 7 – Карта ветровых нагрузок России

При фронтальном направлении ветра происходит столкновение с фасадной частью здания и крышей. У вертикальной поверхности поток создаёт вихревые разнонаправленные векторы — происходит деление на нижнюю, боковую и вертикальную составляющие.

1. Нижнее направление – самое безопасное для здания, так как все усилия направлены в сторону фундамента, то есть одной из самой прочной и массивной части дома.
2. Боковые составляющие воздействуют на фасадные части здания, окна, двери.
3. Вертикальный поток направлен прямо на свес крыши и создаёт подъёмное усилие, стремящееся приподнять кровлю, сдвинуть её с места.

Воздушный поток, направленный на скат крыши, образует:

1. Касательное движение, скользящее вдоль кровли, огибающее конёк и уходящее прочь, — эта сила стремится сдвинуть крышу с места;
2. Перпендикулярное усилие — нормаль, направленное внутрь кровли, создающее давление, могущее вдавить элементы крыши внутрь конструкции;
3. С подветренной стороны ската крыши создаётся обратная сила, способствующая созданию подъёмной силы, — как у крыла самолёта.

Расчёт воздушной нагрузки на крышу, в зависимости от высоты её местонахождения над уровнем земли, определяется по формуле 4

$$W_p = 0,7 * W * k * C, \quad (4)$$

где  $W$  – нормативная величина усилия, создаваемого напором воздуха; определяется по картам в приложении к СП 20.133330.2011;  $k$  – коэффициент, показывающий зависимость давления от высоты над срезом верхнего уровня земли (таблица 1);  $C$  – аэродинамический коэффициент, учитывающий направление набегания воздушного потока на скат крыши.

Расчёт ветровой нагрузки на высоте  $z$  над поверхностью Земли определяется по формуле 5

$$W = W_0 * K \quad (5)$$

$W_0$  – нормативное значение ветровой нагрузки, принимаемое по таблице ветрового района РФ.

$K$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, определяется по таблице, в зависимости от типа местности (А и В).

А – открытые побережья морей, озёр и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи и тундры.

В – городские территории, лесные массивы и др. местности, равномерно покрытые препятствиями более 10м.

Таблица 24 – коэффициент к для типов местности

Высота $z_e$ , м	Коэффициент к для типов местности		
	А	В	С
$\leq 5$	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
$\geq 480$	2,75	2,75	2,75

Таблица 25 – Значение в ветровом районе

Город	Ветровой район	Значение
Архангельск	II	30

Расчёт ветровой нагрузки на высоте 10 м над поверхностью Земли в Архангельске.

$W = 0,85 \cdot 30 = 25,5$  – ветровая нагрузка на высоте 10 м над поверхностью Земли в Архангельске

Снеговая нагрузка на различные покрытия определяется весом снежного покрова на единицу площади. В СНиП норматив  $P_0$  кгс/м<sup>2</sup> по снеговой нагрузке на горизонтальную поверхность определяется по формуле:

$P_0 = \rho H$ , где  $\rho$  - плотность снега для определенной территории;  $H$  - средняя из ежегодных максимальных высот снежного покрова на защищенных участках.

Пересчет веса снежного покрова с горизонтальной поверхности на покрытия, имеющие различный уклон и форму, осуществляется по формуле  $R_n = cR_0$ , где  $R_n$  - нормативная снеговая нагрузка;  $c$  - коэффициент, зависящий от технических параметров покрытия.

При расчете конструкции покрытия за расчетную нагрузку  $R_p$  принимался  $R_p = 1,4 R_n$ , т. е. нормативные нагрузки увеличивались на 40%. Эта поправка оправдана тем, что норматив  $R_0$  определен как среднее, из максимальных весов снега за каждый год.

Опыт эксплуатации зданий показал, что конструкции покрытий, рассчитанные по действующим нормам, очень редко выходят из строя.

В настоящее время предлагается определять расчетные снеговые нагрузки как годовые максимумы, возможные раз в 10 или другие периоды лет и снимаемые с интегральной кривой распределения, построенной на клетчатке для кривых с большой асимметрией. Годовые максимумы снеговой нагрузки рассчитываются по формуле 6

$$P = (1,24 - 0,13v_m)P_z - qnt, \quad (6)$$

где  $P$  - снеговая нагрузка в кг/м<sup>2</sup> с учетом сноса снега;  $P_z$  - максимальный вес выпавшего за зиму снега;  $v_m$  - средняя скорость ветра при снегопадах;  $q$  - средняя интенсивность сноса снега за сутки (в кг/м<sup>2</sup> сутки) при метели без снегопадов;  $n$  - повторяемость скоростей ветра более 6 м/с за период отсутствия снегопадов;  $\tau$  - продолжительность сноса снега за период, отсутствия снегопадов, продолжительность не всегда определяется, поэтому  $\tau = T_y - n - 40$ , где  $T_y$  - продолжительность времени с устойчивым снежным покровом,  $n$  - число дней со снегопадами.

$v_m$  обычно определяется как средняя скорость ветра, начиная с 4 м/с. Значение  $q$  определяется в зависимости от средней скорости ветра при  $v > 6$  м/с по табл. 3.2

Таблица 26 – Зависимость интенсивности сноса снега  $q$  (кг/м<sup>2</sup>\*сут) от скорости ветра ( $v$  м/с)

$v$	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0
$q$	0	0,05	0,15	0,25	0,45	0,60	0,80	1,00	1,30	1,70	2,20	2,80	3,40

Однако и предложенная методика в дальнейшем может быть уточнена. В частности, в качестве  $v_m$  может быть взята средняя скорость ветра более 4 м/с только при снегопадах. Величина этой скорости, будет меньше принятой в расчетах, так как при снегопадах редко наблюдаются скорости более 12 м/с. Кроме того, скорость ветра, входящая в формулу, определяется на уровне флюгера, а высота покрытий отличается от высоты флюгера; следовательно, должна быть введена поправка к скорости, учитывающая ее изменение с высотой. Возможно уточнение и других метеорологических переменных, входящих в расчетную формулу, в частности, продолжительности действия метелей при снегопадах и в случае отсутствия их, а также предельных скоростей ветра, определяющих начало сноса снега с покрытий. Коэффициент перегрузки ( $n$ ) для снеговой нагрузки на покрытия принимается в зависимости от отношения нормативного собственного веса-покрытия  $q$  к нормативному весу снегового покрытия  $P_0$  (табл. 28).

Таблица 27 – Коэффициент перегрузки в зависимости от  $q/P_0$

$q/P_0$	>1	0,8	0,6	<0,4
$n$	1,40	1,50	1,55	1,60

Расчёт выполняется по следующей схеме:

1. Сначала согласно климатическим картам определяют, в какой зоне располагается район, в котором строится дом.
2. Затем по справочникам выясняется значение нормативной среднегодовой снеговой нагрузки.

3. Выполняют расчет полной снеговой нагрузки путем умножения нормативного показателя на коэффициент, учитывающий угол наклона скатов. При уклоне 25° или меньше, коэффициент равняется единице.

Используя формулу 7

$$S = S_g * \mu, \quad (7)$$

где  $S$  — давление снега на квадратный метр кровли.  $S_g$  — нормативная величина снеговой нагрузки для данного региона.  $\mu$  — поправочный коэффициент, учитывающий изменение нагрузки на разных углах наклона кровли. От 0° до 25° значение  $\mu$  принимается равным 1.

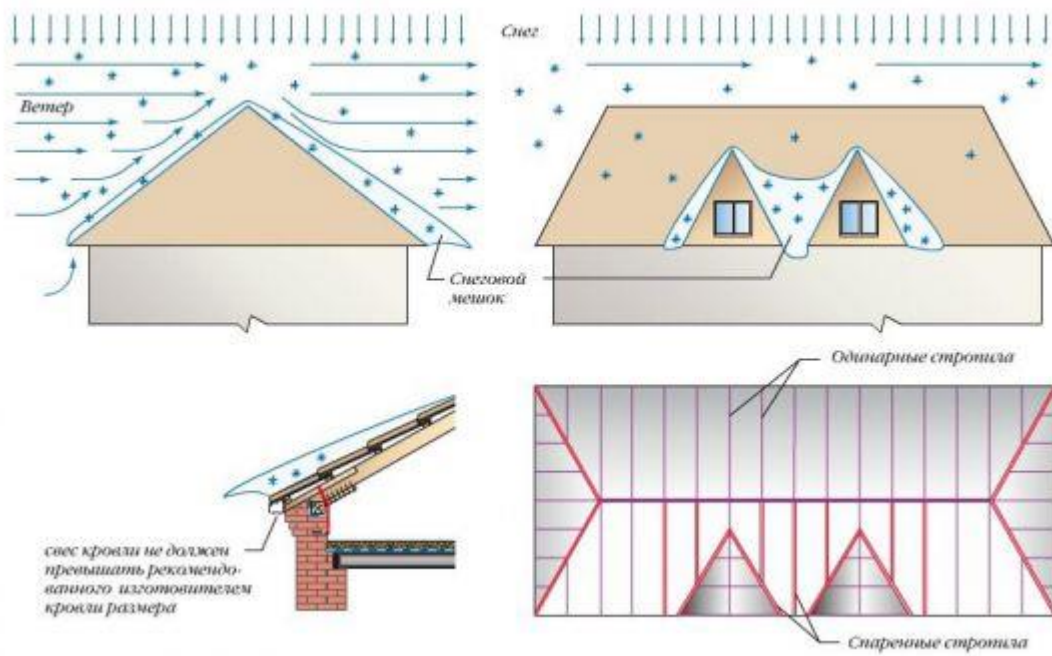
Таблица 28 – зона расположения района, в котором строится дом

Снеговой район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$S_g$ (кгс/м <sup>2</sup> )	50	100	150	200	250	300	350	400

Произведем расчёт нагрузки на кровлю площадью 50 кв.м, угол наклона – 28° ( $\mu=0,7$ ), регион – Архангельская область (IV зона)

Тогда нормативная нагрузка по данным СНиП составляет 200 кг/кв.м. – получаем нагрузку 140 кг/кв.м.

Полное давление снега на кровлю составит:  $140*50 = 7000$  кг. Таков расчётный вес снега на крыше.



**Рисунок 7 – Снеговое воздействие на кровлю**

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен сбор материалов, анализ и обработка данных климатических и метеорологических параметров и явлений. Проведена оценка характеристик и прогноз изменений метеорологических процессов в период строительных и монтажных работ, получены исходных данных для проектирования и составления рабочей документации.

Выводы:

1. Климат территории строительства объекта умеренно континентальный с мягкой малоснежной зимой и теплым часто жарким сухим летом. Холодный период отличается существенной частотой сильных ветров, низовых метелей, периодических гололедно-изморозевых явлений. Теплый период отличается сильными ливневыми дождями, грозами и градом.
2. Существенное влияние на процесс и конструкции, оказывает сильный ветер. Так горение электрической дуги, невозможно поддержать при скорости ветра 13 м/с, а при 10 м/с, прекращаются сварочные работы, так как сварной шов не проходит контроль качества.
3. Опасным является воздействие сильного ветра на стрелу крана во время монтажа конструкций обладающих большой парусностью.



## Список литературы

1. А. С. Егорова, Ц.А. Швер Климат Архангельска / А. С. Егорова, Ц.А. Швер. – М: Архангельск Гидрометиздат, 2018 г.
2. ГОСТ Р 56728-2015 Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции. – М.: Стандартинформ, 2016.
3. ГОСТ Р ИСО 12494-2016 Основы проектирования строительных конструкций. Определение гололедных нагрузок. – М.: Стандартинформ, 2016.
4. Ливенцов М.А. Климатические условия и их влияние на особенности проектирования зданий и сооружений / Ливенцов М.А. – М: Москва МГСУ, 2019 г.
5. Научно-прикладной справочник по климату России, Выпуск 1, Серия 1 / М: Архангельск Гидрометиздат, 2017 г.
6. Пиловец Г.И. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Пиловец Г.И. – М: Инфра-М, 2018 г.
7. Руководство по краткосрочным прогнозам, погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 2019. – Ч.2.
8. Ф. Н. Юдахин Литосфера и гидросфера европейского Севера России. Геоэкологические проблемы / М: Екатеринбург: УрО РАН, 2017 г.
9. <http://www.sevmeteo.ru>
10. <https://www.meteorf.ru>