

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

Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

На тему Сравнительная оценка биометеорологических показателей на территории города Москвы

Исполнитель Певнев Василий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Кандидат географических наук, доцент
(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)

«_08_» ____ 06 ____ 2020г.

Санкт-Петербург
2020

Содержание.

Введение.....	3
1. Роль и место биометеорологии.....	4
1.1 История биометеорологии	4
1.2 Методы биометеорологических исследований и биометеорологических показателей	4
2. Анализ метеорологических характеристик по территории города Москвы	13
2.1 Физико-географические особенности территории города Москва	13
2.2 Оценка приходящей солнечной радиации.....	16
2.3 Температурные и ветровые характеристики.....	35
3. Анализ распределения биометеорологических показателей по территории г. Москвы.....	38
3.1 Отбор и обработка данных для исследования.....	38
3.2 Расчет и оценка распределения биометеорологических параметров по территории г. Москвы.....	40
Заключение.....	56
Список использованной литературы.....	57

ВВЕДЕНИЕ

Исследования, результаты которых, дают оценку влияния состояния атмосферы на организм человека, дают понять, что климатологическая и метеорологическая информация необходимы в медицине, а также должны находиться в соответствии с требованиями, предъявляемыми при урегулировании вопросов, связанных со здоровьем человека.

Влияние атмосферы на человека формируется метеорологическим режимом в совокупности с протекающими физическими атмосферными процессами. Человек, как биологический вид, представлен на всех континентах, что вынуждает его организм адаптироваться к окружающей среде, представляющей опасность здоровью из-за резких колебаний погоды. Физиологические функции организма человека подвержены различным изменениям, связанным с динамически меняющимися метеорологическими, геомагнитными полями, экологическими проблемами. Вследствие этого, существует необходимость в оценке биоклиматических ресурсов.

Главная сложность оценки заключается в том, что влияние каждого фактора внешней среды на организм человека требует одновременно данные о состоянии организма человека и характеристиках окружающей среды.

Целью выпускной квалификационной работы является рассмотрение и оценка биометеорологических показателей на территории города Москва.

В соответствии с поставленной целью был сформулирован следующий круг задач:

1. Рассмотреть методы биометеорологических исследований.
2. Провести анализ метеорологических характеристик по территории г. Москва.
3. Провести анализ и дать оценку распределения биометеорологических показателей по г. Москва.

Структура дипломной работы обусловлена предметом, целью и задачами исследования. Работа состоит из введения, трех глав и заключения.

ГЛАВА 1. РОЛЬ И МЕСТО БИОМЕТЕОРОЛОГИИ

1.1. История биометеорологии

Важнейшим вопросом биометеорологии является исследование воздействия на человека изменчивости погоды, климата, отклонения изменчивости погоды от обычных, привычных для человека, значений. Интерес для биометеорологов представляют как неперiodические (эпизодически наблюдающиеся), так и периодические (сезонные, суточные) изменения погоды.

Начало изучению о метеорологических и климатических исследованиях с точки зрения медицины положил Парацельс (Фон Гогенгейм, 1493—1541 гг.). Во второй половине XIX в. была установлена связь погоды и климата с заболеваниями, в том числе психическим состоянием людей. В XX в. круг интересов биометеорологов, которые занимаются оценкой влияния на человека как основных погодно-климатических условий, так и характеристик электрического и магнитного полей, был расширен. В 1956 г. было создано Международное общество биометеорологов. Оценкой проблем влияния изменения окружающей среды на здоровье человека занимается Всемирная метеорологическая организация, которая разработала Всемирную климатическую программу (ВКП). ВКП включает в себя исследования изменения естественного климата в таких городах и промышленных районах, где можно наблюдать нарушение экологического равновесия, которое оказывает существенное влияние на человека[1].

1.2. Методы биометеорологических исследований и биометеорологических показателей

Существует большое количество индексов комфортности погодных условий, подход к выбору индекса должен быть индивидуальным. Таким образом, все биометеорологические индексы имеют свои достоинства и недостатки. Например, сфера применения эффективной температуры ограничивается неподвижным воздухом. При рассмотрении других индексов эффективных температур стоит упомянуть радиационную эквивалентно-эффективную температуру (РЭЭТ), расчет которой учитывает радиационную составляющую, но в целом информация о физиологии в индексах эффективных температур отсутствует. Индексы холодового стресса, такие как: индекс Хилла, индекс ветрового охлаждения Сайпла-Пассела, и др., а также индексы, которые имеют адаптацию к конкретным сезонам года, могут быть рассчитаны лишь при определенных значениях температуры воздуха. Вся совокупность факторов показывает, насколько рассматриваемые индексы комфортности не универсальны, но при определенных целях исследований они могут быть весьма показательны. Главным недостатком эквивалентно-эффективной температуры по Б.А. Айзенштадту, как и большинства индексов, описанных ранее, который применяется для оценки тепловой нагрузки, заключается в том, что он не учитывает тепловой баланс человека.

Эквивалентно-физиологическая температура - удачный индекс для оценки теплового комфорта на улице: в нем учитывается интенсивность потоотделения, температура внутренних органов, полное уравнение теплового баланса, влажность кожи, а также метеорологические параметры[8]. Данный индекс универсален, он может быть использован для всех типов климата, как для среднестатистического человека, так и для каждого индивидуума в отдельности. Но, несмотря на все преимущества индекса, есть недостаток, а именно то, что градации значений эквивалентно-физиологической температуры в литературе приведены для климатических условий Центральной Европы. Вследствие этого, для расчета данного индекса для людей, адаптированных к другому типу климата, либо для иных

климатических условий, необходимо выполнить дополнительные коллективные исследования врачей и биометеорологов. На данном этапе самыми наглядными в плане прогноза комфортности погодных условий являются показатели, которые учитывают эффект накопления негативного влияния определенных условий. Например, индекс HSI (Heat Stress Index), который создан для определения тепловой нагрузки в летнее время года. Особенность индекса HSI - учет ряда переменных (облачность, скорость ветра, солнечная радиация), которые оказывают влияние на теплоощущение, так и основные метеорологические параметры. Расчет HSI производится для каждой декады тёплого периода года (1-10, 11-20, 21-31 мая, и т.д. до сентября) для каждой рассматриваемой станции. Интервал в 10 дней применяется для того, чтобы выровнять изменчивость погодных условий в течение месячного периода. Градации комфортности погодных условий по значениям индекса HSI указаны в таблице 1. На сегодняшний день в Гидрометцентре России существует статистическая база для расчета HSI 20 городов Европейской территории России (ЕТР) [8].

Таблица 1.1 – Степень опасности погодных условий по значениям HSI

Значение индекса HSI	Степень опасности
От 9,6 до 10	Экстремальная
От 9,0 до 9,5	Высокая
От 7,0 до 8,9	Средняя
От 4,0 до 6,9	Низкая
От 0,0 до 3,9	Нет

Прогноз комфортности погодных условий. Для оценки погодных условий, осредненных по территории, либо по времени, рекомендуется применение эквивалентно-эффективной и эффективной температуры.

Именно эти индексы и были выбраны для прогноза степени комфортности погодных условий ЕТР.

Эффективная температура. Она представляет собой температуру неподвижного воздуха, который насыщен водяным паром, и в котором человек испытывает субъективно аналогичное ощущение комфорта, как и в среде, для которой находится ЭТ. Одна из наиболее масштабно используемых формул для аналитического определения эффективной температуры является выражение Миссенарда:

$$\text{ЭТ} = T - 0,4(T - 10) \left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (1)$$

где t – температура сухого термометра, °С;

f – относительная влажность, %.

Преимуществом ЭТ, как биоклиматического показателя, является то, что его можно использовать для теплого и холодного сезонов года [1].

Эквивалентно-эффективная температура. Дает характеристику о теплоощущении человека в тени. Оценка ЭЭТ дается по номограмме для одетого и раздетого человека, которая имеет три входных параметра: температуру смоченного термометра, температуру воздуха, скорость ветра. Однако, температурой смоченного термометра удобно пользоваться лишь при наличии исходных материалов психрометрических наблюдений. При отсутствии данного параметра в обработанных метеорологических наблюдениях, появляется необходимость ее поиска по величинам относительной влажности или упругости пара, что и вызывает затруднения для определения эквивалентно-эффективной температуры по номограмме. В связи с этим, на основе номограммы ЭЭТ Б.А. Айзенштат представил следующую формулу для расчета эквивалентно-эффективной температуры:

$$\begin{aligned} \text{ЭЭТ} = & t[1 - 0,003 * F] - 0,385V^{0,59}[(36,6 - t) + 0,622(V - 1)] + \\ & + [(0,0015V + 0,0008)(36,6 - t) - 0,0167]F, \end{aligned} \quad (2)$$

где V - скорость ветра(м/с),

$F = 100-f$ (%).

Показатель ET

Показатель ET применяется для оценки тепловой чувствительности, при расчете учитываются: температура, скорость ветра и влажность. Расчет производится по формуле А. Миссенарда:

$$ET = 37 - \frac{37-t}{0.68-0.0014f+\frac{1}{1.76+1.4v^{0.75}}} - 0.29t(1 - \frac{f}{100})$$

(3)

где: t - температура воздуха, °С;

V -скорость ветра, м/с;

f - относительная влажность, %.

Применяется для всех периодов года.

Для определения степени тепловой чувствительности человека используют индекс дискомфорта ID, определяемый по формуле:

$$ID = 0.4 (T + T_{см}) + 4.8,$$

(4)

где T – температура воздуха, °С;

$T_{см}$ – температура смоченного термометра, °С.

Таблица 1.2 – Классификация показателя ET для оценки тепловой чувствительности и уровня дискомфорта ID [15].

ET	ID	Физиологическая нагрузка
>30,1	3	Тепловая нагрузка сильная
24,1...30,0	2	Тепловая нагрузка умеренная

18,1...24,0	1	Комфортно-тепло
12,1...18,0	0	Комфорт (ум. тепло)
6,1...12,0	-1	Прохладно
0,1...6,0	-2	Умеренно прохладно
0,1...-6,0	-3	Очень прохладно
-6,1...-12,0	-4	Умеренно холодно
-12,1...-18,0	-5	Холодно
-18,1...-24,0	-6	Очень холодно
<-24,1	-7	Начинается угроза обморожения

Эффективная температура Сидмана.

Эффективная температура Сидмана является наиболее полным алгоритмом расчета, в сравнении с другими используемыми.

При разработке данной модели был использован широкий ряд биометрических измерений, проводившихся в период с 1940 по 1995 годы. Метод Сидмана включает в себя сразу несколько факторов, среди которых, как метеорологические факторы окружающей среды, так и физиологические факторы тела и кожного покрова, физические особенности одежды и воздушного слоя, находящегося вблизи тела[8].

$$T(\text{эф}) = -2,7 + 1,04 * t + 2,0 * e - 0,65 * V, \quad (5)$$

где $e = \left(\frac{f * E(T)}{100}\right) = \left(\frac{f}{100}\right) * 6,1 * \exp\left(\frac{17,27 * t}{273,7 + t}\right)$ – парциальное давление водяного пара (гПа);

6,1=E (при t=0°C);

t, f, V – среднесуточные значения метеорологических величин.

Радиационная эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ)

РЭЭТ, как параметр, включает в себя влияние солнечной радиации на человека, что отсутствует в ЭТ и ЭЭТ. Расчет радиационной эквивалентно-эффективной температуры производится по номограммам и формулам:

$$\text{РЭЭТ} = 0,8 \text{ ЭЭТ} + 12^\circ\text{C}$$

(6)

Также существует формула для расчета РЭЭТ:

$$\text{РЭЭТ} = 125 \lg [1 + 0,02t + 0,001(t - 8)(f - 60) - 0,045(3 - t)\sqrt{v} + 0,129\beta],$$

(7)

где β – солнечная радиация, поглощенная поверхностью тела, кВт/м²,
 $\beta = \varepsilon(1 - \alpha)$;

α – альбедо кожи;

ε – интенсивность солнечной радиации;

Q – суммарная солнечная радиация, кВт/м².

$$\text{РЭЭТ} = 1,01\text{ЭТ} + 1,93 \text{ при облачности от 5 до 10 баллов} \quad (8)$$

$$\text{РЭЭТ} = 1,02\text{ЭТ} + 3,81 \text{ при облачности от 0 до 4 баллов} \quad (9)$$

Ветро-холодовый индекс (Нw)

Индекс дает характеристику об интенсивности потерь тепла во влажном движущемся воздухе.

$$H_w = (0,13 + 0,47V^{0,5})36,6 - T) + (0,085 + 0,102V^{0,3})(61,1 - e)0,75$$

(10)

Индекс патогенности по В.Г. Бокше (J)

Индекс патогенности позволяет определить степень раздражающего действия от погодных факторов. Погодные условия можно классифицировать по величине J: при J=0-9 – условия комфортные, при J=10-24 – условия раздражающие, при J>24 – острые.

$$J = 10^{\frac{f-70}{20}} + 0,2v^2 + 0,06n^2 + 0,06(\Delta p)^2 + 0,3(\Delta t)^2 + i(t),$$

(11)

где: f – среднесуточная относительная влажность, %;

v – среднесуточная скорость ветра, м/с;

n – среднесуточная облачность, баллы;

Δp – межсуточная изменчивость давления,

Δt – межсуточная изменчивость температуры,

t – среднесуточная температура воздуха,

$$i(t) = 0,02(18 - t)^2 \text{ при } t < 18 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$i(t) = 0,02(t - 18)^2 \text{ при } t > 18 \text{ }^\circ\text{C},$$

Таблица 1.3 – Классификация погодных условий (по С.С. Андрееву)

J	Погодные условия
0...9,9	Оптимальные(комфортные)
10...16	Слабо раздражающие
16,1...18	Умеренно раздражающие
18,1...24	Сильно раздражающие

Более 24	Острые
----------	--------

Индекс «суровости погоды» Бодмана

«Суровость погоды» определяет действие атмосферных условий, лимитирующих пребывание вне закрытого пространства(помещения) без имеющей соответствие погодным условиям одежде, на охлаждение организма человека. При расчете индекса суровости используется скорость ветра и температура воздуха.

Степень суровости погоды оценивается шкалой «жесткости погоды».

Формула для расчета индекса «суровости погоды» Бодмана:

$$S = (1 - 0,4 * t) * (1 + 0,272 * V)$$

(12)

Данный параметр может быть рассчитан исключительно для зимнего периода.

Таблица 1.4 – Шкала баллов «жесткости погоды» Бодмана:

S	Характеристика зимы
<1	Несуровая, мягкая
1.1-2.0	Малосуровая
2.1-3.0	Умеренно-суровая
3.1-4.0	Суровая
4.1-5	Очень суровая
5.1-7	Жестко-суровая
>7.1	Крайне-суровая

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСКВЫ

2.1 Физико-географические особенности территории города Москва

Москва располагается между 55° и 56° северной широты, 37° и 38° восточной долготы в междуречье Волги и Оки, в центре геологического бассейна, который образовался еще в каменноугольный период. Территория столицы на начало 1985 г. составляла $878,7 \text{ км}^2$, население столицы на 1 января 1986 г. — около 8,6 млн человек.

Климат Москвы - умеренно-континентальный. В Москве нет сильных морозов, излишней жары. В рельефе территории Москвы выделяется Теплостанская возвышенность с максимальной высотой у санатория «Узкое» 130 м над уровнем р. Москвы и 253 м над уровнем моря. В наиболее низкой части рельефа в долине р. Москвы (до 120 м) имеется пойма и надпойменные террасы — Ходынская, Мневниковская и Серебряноборская с разностью высот до 35 м. Долина р. Москвы подходит к городу с северо-западной стороны, в городе она образует изгибы с высокими берегами (Ленинские горы) и широкими поймами (Нагатино, Лужники). Самая низкая часть города — юго-восточная и восточная — примыкают к Мещерской низменности. В Москве отсутствуют изолированные холмы. В рельефе Москвы различают относительно возвышенные участки. Река Москва — главная водная артерия города — пересекает его с северо-запада на юго-восток. Долины малых рек юго-западной части Москвы (Чертановка, Коптяевка, Сетунь и др.) неширокие, но с развитыми руслами и относительно глубокие. На остальной части территории Москвы долины малых рек (Серебрянка, Нищенка, Лихоборка и др.) имеют: плоские относительно широкие поймы, болотистые берега, извилистые русла. На склонах некоторых участков долин (Ленинские горы, район Фили-Кунцево,

правый берег р. Москвы в районе Серебряного бора, Коломенское, Хорошево) встречаются современные и древние оползни. В пределах города по открытым каналам протекают наиболее значимые притоки р. Москвы: Городня, Сетунь, Яуза, Сходня. Самый большой из них — левый приток р. Москвы р. Яуза— протекает в северо-восточной части города. В Яузу впадают справа реки Лихоборка, Чермянка, слева Серебрянка и Ичка с притоком Лось. Слева в р. Москву на северо-западе города впадают реки Химки и Сходня, на юго-востоке — р. Нищенка с Пономаркой, которая образует цепочку прудов. У северо-западного подножья Ленинских гор находится устье р. Сетунь, большого правого притока р. Москвы. Справа в р. Сетунь впадают Очаковка и Раменка. На юге Москвы протекают река Чертановка, Котловка и Городня, в низовьях которых находятся Борисовские и Царицынские пруды. Некоторые притоки р. Москвы — Вавилон, Черторый, Чура, Подан, Сара, Таракановка и другие — заключены в трубы, засыпаны или текут по поверхности лишь незначительными участками. Самая большая река, заключенная в трубу, — Неглинная. В бассейне верховья р. Москвы расположены Озернинское, Рузское, Можайское, Истринское водохранилища. К северу от Москвы на реках Клязьме, Уче, Вязе, Икше, в системе канала им. Москвы и ее преимущественно питающего водохранилища Иваньковского, находятся водохранилища комплексного назначения Клязьминское, Учинское, Пяловское, Пестовское, Икшинское и Химкинское. На всей территории Москвы, но в основном на окраинах, насчитывается свыше 500 прудов с общей площадью которых 800 га.

В Москве естественная растительность практически не сохранилась. Только отдельные фрагменты природных растительных сообществ, хотя и сильно измененные деятельностью человека, можно увидеть в старых парках и лесопарках Москвы — елово-широколиственные в Лосиноостровском, Яузском лесопарках, в парке Фили-Кунцево, в Останкинской дубраве, на территории Главного ботанического сада, по склону Ленинских гор, вдоль долины р. Москва, выше центра города в

Серебряном бору, в Измайловском парке. В северных и западных частях города на склонах Клинско-Дмитровской гряды — Хлебниковский и Химкинский лесопарки, лесная дача Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. В Останкине имеются незначительные массивы типичных хвойно-широколиственных лесов — липа, дуб, ель, подрост из ели, клена, липы, местами ясеня. В подлеске растут бересклет бородавчатый, калина, жимолость лесная, лещина. Из трав преобладают типичные для широколиственных лесов фиалка, зеленчук, копытень, сныть, медуница, и характерные для хвойных лесов кислица, майник и др.

Москва находится на стыке Москворецко-Окской моренной эрозионной равнины, Смоленско-Московской моренной возвышенности, и Мещерской зандровой низменности в пределах флювиогляциональной и моренной равнины с широкими речными долинами с надпойменными и пойменными террасами рек Москвы, Сетуни, Яузы и др. Смоленско-Московская моренная возвышенность характеризуется обилием поверхностных вод, волнистым, местами холмистым рельефом, большим количеством незначительных зеленых массивов и включает ландшафты: северо-западный плоский моренно-зандровый, северный моренно-холмистый, западный моренно-холмистый. Один из них расположен между рек Яуза и Химки. Поверхность волнистая, имеет разделение на севере притоками Чермянки, Яузы, Дихоборки, и др. Высота 160—180 м, относительное превышение не более 30 м. В ландшафте находятся парк Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, Главный ботанический сад и множество небольших скверков и парков. Второй ландшафт представляет собой ровное водораздельное плато высотой примерно 170 м, в большей степени песчаное, подстилаемое мореной, порой перекрытое покровными безвалунными суглинками — охватывает низовья рек Химки с Химкинским водохранилищем, Сходня, огибая с юга р. Москву. Обширные парки доступны у Речного вокзала и в других местах. Доминируют Химкинское водохранилище с сосновым бором на его берегах

и канал им. Москвы. Третий ландшафт с абсолютной высотой 200 м и относительной высотой 50—60 м находится на западе города на высоком правом берегу р. Москвы. В северной части много прудов и зеленых зон.

2.2 Оценка проходящей солнечной радиации

Прямая радиация.

Прямой солнечная радиация - часть лучистой энергии, проходящей к поверхности Земли в виде пучка параллельных лучей. На актинометрических станциях обычно измеряют плотность потока прямой радиации, поступающей на перпендикулярную к солнечным лучам поверхность S . Рассчитывается по формуле:

$$S' = S \sin h_0 \quad (13)$$

где h_0 — высота Солнца в момент наблюдения.

При безоблачном небе главными факторами, определяющими прямую солнечную радиацию, являются прозрачность атмосферы и высота Солнца. С ростом прозрачности атмосферы прямая радиация увеличивается, причем наиболее значительно при больших высотах Солнца[2].

При безоблачном небе прямая солнечная радиация имеет довольно простой суточный ход с максимумом в околополуденные часы. Однако из-за разницы в прозрачности атмосферы в до- и послеполуденные часы часто наблюдается асимметричность суточного хода S' . Летом после полудня атмосфера более облачна, чем до полудня, и, как следствие, приход радиации после полудня уменьшается. Зимой из-за влияния инверсионных слоев, особенно по утрам, наблюдается обратное.

Полуденные значения прямой солнечной радиации в течение года в Москве варьируются в среднем от 0,51 кВт/м² в декабре до 0,80 кВт/м² летом и составляют соответственно 37 и 59 % ее внеатмосферного значения $S_0 = 1,367$ кВт/м². Таким образом, при прохождении через атмосферу

прямая радиация ослабевает более чем на 40% в результате ее рассеяния и поглощения атмосферными аэрозолями и газами. Экстремальные полуденные значения S могут достигать 1 кВт/м² (май 1988 г. июль 1973 г. март 1981 г.).

Облачность может менять форму кривой суточного хода (рис. 2.1) и существенно (в зимний период более чем на 80%) снижает приход прямой радиации.

В Москве, с апреля по сентябрь, часовые суммы прямой радиации при средних условиях облачности в дополуденное время больше, чем в послеполуденное. Асимметрия в суточном ходе S' , которая связана с конвективной облачностью к полудню и ее увеличением во вторую половину дня, дополнительно усиливается с уменьшением прозрачности атмосферы после полудня. С декабря по март в связи с утренним максимумом облачности и ее уменьшением во вторую половину дня дополуденные суммы радиации меньше послеполуденных.

Средние значения суточных сумм прямой радиации изменяются от 0,97 до 16,56 МДж/м², а их максимальные значения — от 10,87 до 47,18 МДж/м².

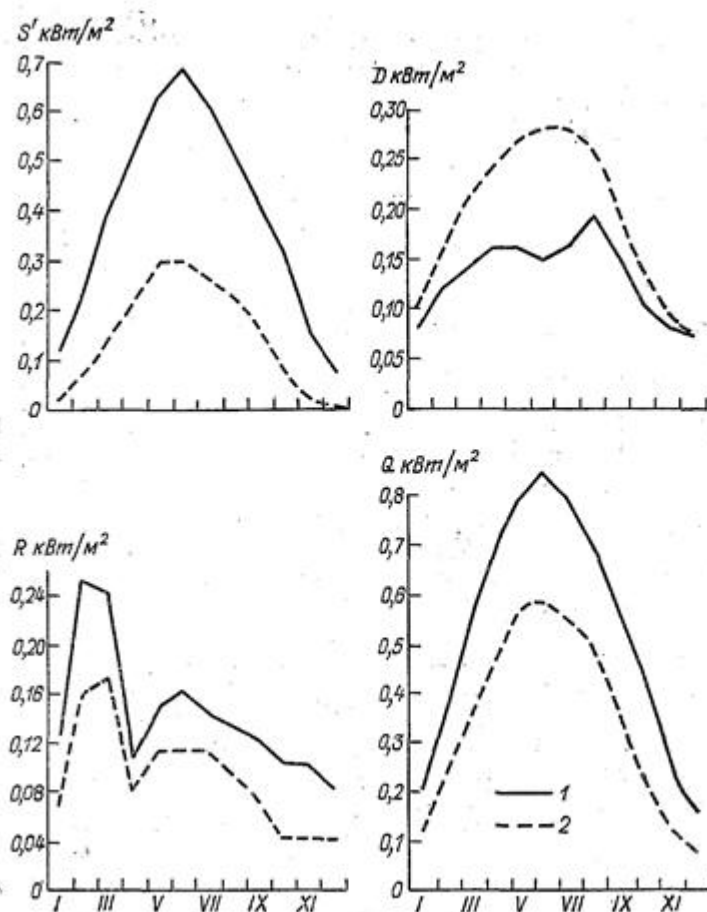


Рис.2.1. Годовой ход полуденных значений прямой S' , рассеяной D , отраженной R и суммарной Q радиации при безоблачном небе (1) и при средних условиях облачности (2)

Годовой ход месячных сумм прямой солнечной радиации при средних условиях облачности выражен довольно отчетливо: минимальные значения наблюдаются в декабре (табл.2.1), а максимальные значения наблюдаются в июне.

Таблица 2.1 Месячные и годовые суммы прямой радиации (МДж/м²), поступающей на горизонтальную поверхность (1958—1990 гг.) [2].

Месяц	Среднее	а	max	min	A	E
I	11	7	33	3	1,15	1,92
II	40	19	94	10	0,76	0,63

III	109	34	181	48	0,07	-0,71
IV	165	49	270	67	-0,17	-0,16
V	283	69	390	105	-0,46	-0,08
VI	300	63	455	203	0,68	0,19
VII	281	57	396	197	0,28	-0,80
VIII	219	44	311	124	-0,03	0,21
IX	115	40	199	38	0,12	-0,60
X	45	19	88	8	0,08	-0,23
XI	14	8	34	2	0,64	-0,11
XII	5	3	10	0	0,09	-0,98
Год	1587	171	1937	1244	0,08	-0,56

S' характеризуется большой изменчивостью. Коэффициент вариации V месячных сумм S' колеблется в широких пределах: от 61 % в январе до 20—21 % в летние месяцы. Годовой приход прямой радиации более стабилен от года к году, чем месячный. Коэффициент вариации годовых сумм S' равен 11 %.

Распределение годовых и месячных сумм S' и S близко к норме, о чем свидетельствуют значения коэффициентов эксцесса ($|E| < 2,0$) и асимметрии ($|A| < 1,0$).

Рассеянная радиация.

В результате рассеяния в атмосфере часть солнечной радиации попадает на поверхность Земли в виде рассеянной радиации D . Значение рассеянной радиации зависит от альбедо подстилающей поверхности, облачного покрова и высоты Солнца. С уменьшением прозрачности атмосферы рассеянная радиация увеличивается, и чем быстрее, тем больше высота Солнца. Она также увеличивается и с ростом альбедо. При безоблачном небе рассеянная радиация имеет простой суточный ход с максимумом в околополуденные часы, из-за изменения высоты Солнца в течение дня.

Полуденные значения рассеянной радиации при отсутствии облачности изменяются в течение года от 0,07 кВт/м² в декабре до 0,19

кВт/м² в августе, а в некоторых случаях могут достигать 0,34 кВт/м² (август 1972 г. июнь 1981 г.). Их доля в общем радиационном потоке в среднем составляет 18—43%, а порой превышает 60%. При облачности рассеянная радиация в большинстве случаев больше, чем при безоблачном небе, и достигает наибольшего значения в околополуденные часы (см. рис. 2.1).

Суточные суммы рассеянной радиации в Москве достигают минимума в декабре (1,10 МДж/м²), а максимума в июне (10,36 МДж/м²). В редких случаях они могут превышать средние значения более чем в два раза. Абсолютный минимум суточных сумм (0,12 МДж/м²) отмечался в декабре 1989 г. Максимум суточных сумм (16,83 МДж/м²) отмечался в Москве в июле 1962 г. Месячные суммы рассеянной радиации возрастают от зимы к лету. Они максимальны в июне (табл. 2.2) [2].

Таблица 2.2 Месячные и годовые суммы рассеянной радиации (МДж/м²) за 1958—1990 гг. [2].

Месяц	Среднее	σ	max	min	A	E
I	52	8	64	37	-0,26	-0,56
II	94	13	114	61	-0,95	0,68
III	172	19	200	136	-0,27	-1,24
IV	228	21	268	190	0,15	-0,42
V	294	24	352	256	0,51	-0,18
VI	311	20	364	278	0,39	-0,03
VII	307	17	333	260	-0,57	0,90
VIII	256	18	295	212	-0,11	0,05
IX	173	11	196	154	-0,15	-0,62
X	101	9	122	76	-0,46	2,07
XI	48	7	67	35	0,38	0,33
XII	34	6	48	21	0,03	0,16
Год	2070	94	2258	1927	0,36	-1,04

Рассеянная радиация менее изменчива, чем прямая. Коэффициент вариации V месячных сумм D изменяется от 6—7 % летом до 14—18 %

зимой. Изменчивость годовых сумм рассеянной радиации значительно меньше: $V = 5 \%$.

Распределение годовых и месячных сумм рассеянной радиации, так же как и прямой, близко к норме, о чем свидетельствуют значения коэффициентов эксцесса E и асимметрии A .

Суммарная радиация.

Суммарной радиацией Q называется сумма потоков рассеянной D и прямой S' радиации, поступающей на горизонтальную поверхность:

$$Q = S' + D. \quad (14)$$

Соотношение D и S' в суммарной радиации определяется облачностью, альбедо подстилающей поверхности, высотой Солнца и прозрачностью атмосферы. При безоблачном небе основной вклад в суммарную радиацию вносит S' , доля которой в полдень в Москве в течение года колеблется в среднем от 57% в декабре до 82% в июне, а в отдельные периоды достигает 90% (август 1957 г., июнь 1977 г.). В условиях средней облачности доля D в Q превышает долю S' . Вклад рассеянной радиации в годовую сумму Q составляет 57%. Зимой доля рассеянной радиации в Q наименьшая летом (51-54%), а самая большая (в декабре 87 %). При сплошной облачности суммарная радиация представляет собой только рассеянную радиацию[2].

При безоблачном небе приход суммарной радиации определяется прежде всего высотой Солнца, поэтому его максимальное значение наблюдается в полдень. Средние полуденные значения Q варьируются от 0,16 кВт/м² в декабре до 0,84 кВт/м² в июне, а их максимальные значения достигают 0,90 кВт/м² (июнь 1956 г. и 1977 г.).

Таким образом, облачность уменьшает суммарную радиацию (см. рис. 2.1). Поток суммарной радиации при наличии облачности определяется количеством и формой облаков, а также состоянием солнечного диска. В

случае, когда диск Солнца не закрыт облаками, значения суммарной радиации могут быть больше, чем при безоблачном небе.

Изменение суточных сумм суммарной радиации в Москве имеет широкие пределы (рис. 2.2). В ноябре — январе они не превышают 2 МДж/м², в мае — июле преобладают значения 24—26 МДж/м². Для июня, мая и апреля характерно бимодальное распределение суточных сумм Q . Коэффициент вариации V суточных сумм суммарной радиации при средних условиях облачности варьируется от 33 до 66% [2].

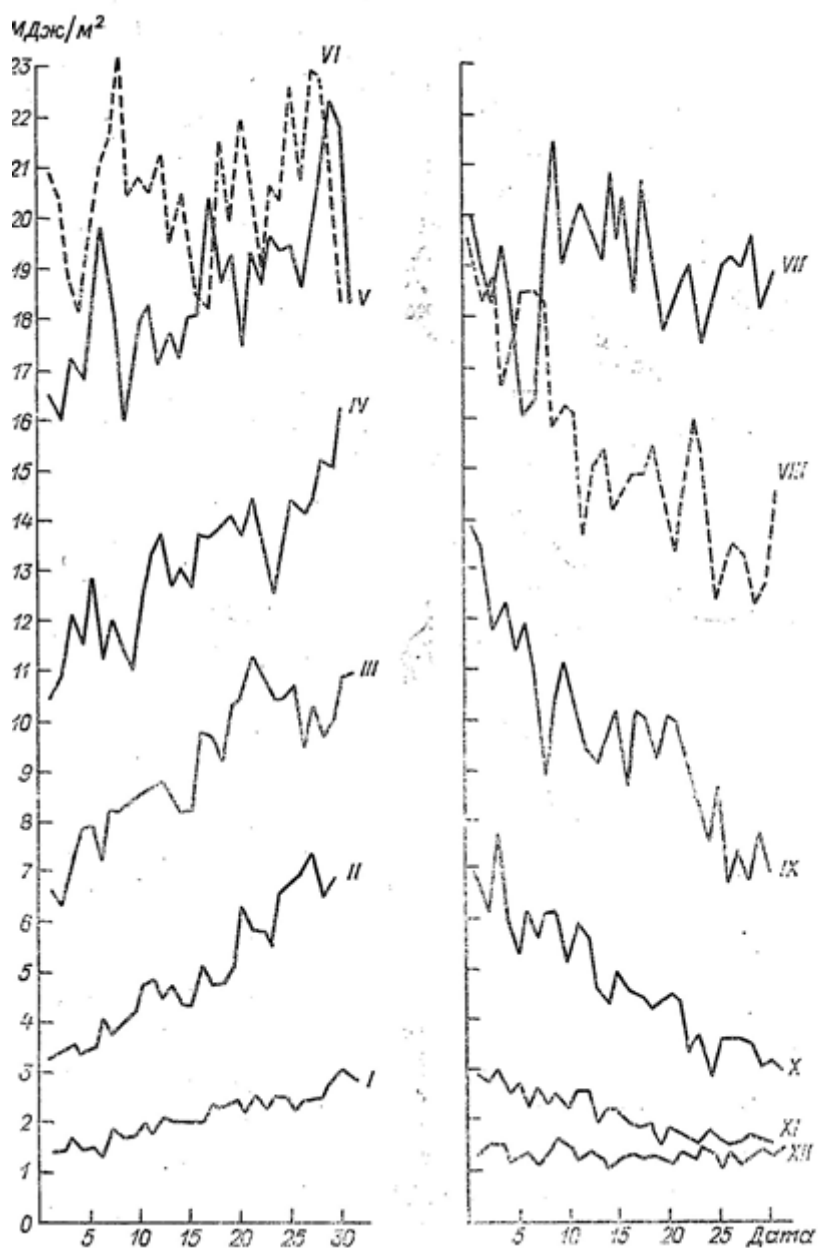


Рис. 2.2. Суточные суммы суммарной радиации в разные месяцы при средних условиях облачности (1958—1987 гг.).

Коэффициент изменчивости месячных сумм суммарной радиации в Москве, отражающий изменчивость Q от года к году, меньше V суточных сумм (табл. 2.3). Он изменяется от 10 до 21 %.

Таблица 2.3. Месячные и годовые суммы суммарной радиации (МДж/м²) за 1958—1990 гг.

Месяц	Среднее	σ	max	min	A	E
I	63	12	83	43	-0,11	-1,07
II	135	26	186	75	-0,29	-0,22
III	281	40	363	197	-0,07	-0,67
IV	393	52	485	272	-0,40	-0,07
V	577	70	694	400	-0,56	0,36
VI	612	62	769	504	0,68	0,03
VII	587	57	707	491	0,24	-0,67
VIII	474	49	565	336	-0,48	1,03
IX	289	44	371	194	0,03	-0,55
X	146	24	192	86	-0,60	1,09
XI	62	13	94	37	0,44	0,44
XII	39	8	55	22	0,04	-0,26
Год	3658	185	4065	3346	0,59	-0,20

Несмотря на то, что изменчивость месячных и суточных сумм в общем определяется одними и теми же циркуляционными факторами, полного совпадения между ними нет из-за различий между масштабами процессов, которые определяют эти виды изменчивости.

Годовой приход радиации более стабилен от года к году, чем месячный. Коэффициент вариации годовых сумм Q равен 5%.

Распределение годовых и месячных сумм суммарной радиации близко к норме, о чем свидетельствуют значения коэффициентов эксцесса ($|E| < 2,0$) и асимметрии ($|A| < 1,0$).

Отраженная радиация.

Суммарная радиация частично отражается от подстилающей поверхности обратно в атмосферу, образуя поток отраженной радиации R_k . Факторы, определяющие R_k : альbedo подстилающей поверхности, приход солнечной радиации [10].

Влияние этих факторов неодинаково в течение не только года, но и дня. Например, при средних условиях облачности и безоблачном небе полуденные значения R_k максимальны в марте и феврале, когда преобладает роль альbedo (см. рис. 2.1). При средних условиях облачности часовые суммы отраженной радиации в январе, несмотря на высокие значения альbedo, меньше, чем в июне. Это обусловлено значительным (в полдень почти в 5 раз) увеличением в июне суммарной радиации. В марте с 9 до 15 ч, а в феврале с 10 до 14 ч, вследствие ведущей роли альbedo, часовые суммы отраженной радиации больше июньских, несмотря на меньший (\sim в 1,5 раза) приход радиации. В апреле рост более чем в 3 раза прихода радиации в околополуденное время компенсируется уменьшением альbedo, из-за чего отраженная радиация практически такая же, как в январе. В остальные месяцы главным фактором, определяющим отраженную радиацию, является приход солнечной радиации. Аналогичные закономерности отмечаются и при анализе дневного хода R_k при безоблачном небе.

Облачность значительно (на 20—60 %) уменьшает отраженную радиацию во все месяцы года (см. рис. 2.1). Месячные суммы отраженной радиации варьируются от 22 МДж/м² в декабре до 133 МДж/м² в марте, а их

экстремальные значения — от 8 до 233 МДж/м² (табл. 2.4). В течение года коэффициент вариации месячных сумм R_k изменяется от 13 до 33%. Изменчивость годовых сумм R_k меньше, коэффициент вариации равен 11% [2].

Распределение годовых и месячных сумм отраженной радиации близко к нормальному.

Альbedo. Альbedo подстилающей поверхности оказывает большое влияние на формирование климата города. Оно характеризует отражательные свойства поверхности, определяется ее состоянием (шероховатость, цвет, увлажненность и т.д.). Равен отношению отраженной радиации к суммарной. При известном альbedo, можно определить ведущую составляющую радиационного баланса—поглощенную радиацию.

Таблица 2.4

Годовые и месячные суммы отраженной радиации (МДж/м²) за 1958—1990 гг.

Месяц	Среднее	σ	max	min	A	E
I	40	8	53	22	0,35	-0,51
II	88	19	133	39	-0,23	-0,86
III	133	42	233	63	0,35	-0,26
IV	68	22	158	37	2,24	8,68
V	118	19	155	73	-0,21	0,69
VI	127	19	178	101	1,05	0,92
VII	118	15	149	94	0,26	-0,73
VIII	97	13	127	77	0,67	-0,07
IX	58	11	80	31	-0,32	-0,07
X	32	8	54	14	0,20	0,43
XI	24	8	44	11	0,32	-0,05
XII	22	6	33	8	-0,45	-0,22

Год	925	105	1239	717	0,68	1,18
-----	-----	-----	------	-----	------	------

Сведения, хотя и недостаточные, об A подстилающей поверхности города могут быть получены по наблюдениям на метеорологических площадках. В холодный период года – это поверхность со снежным покровом, а в теплый период года - это поверхность с естественным травяным покровом. Минимальные значения A отмечаются для прошлогодней травы, а максимальные значения отмечаются для свежеснеговывпавшего снега.

Таблица 2.5 Альбедо (%) некоторых естественных подстилающих поверхностей (1955—1963 гг., 12 ч 30 мин)

Подстилающая поверхность	Сухая поверхность			Влажная поверхность		
	A	σ	n	A	σ	n
Свежеснеговывпавший снег	75	6	59	-	-	-
Чистый снег	72	6	662	70	9	107
Грязный снег	54	13	96	44	15	70
Прошлогодняя трава	11	2	101	10	2	37
Прошлогодняя и зеленая трава	15	2	47	-	-	-
Насыпной грунт и редкая зеленая трава	13	2	23	-	-	-
Зеленая трава	20	2	873	19	3	323
Пожелтевшая трава	18	3	143	16	3	88

Коэффициент вариации свежевыпавшего снега равен всего лишь 8%, когда для грязного снега он равен 35%. Увлажнение любого вида поверхности приводит к уменьшению их альbedo на 1-2%. Это связано как с изменением цвета поверхностей и с тем, что альbedo воды существенно ниже альbedo других поверхностей.

В среднем годовое значение A подстилающей поверхности в Москве равно 25 %, а его коэффициент вариации V - 8 %. Средние месячные значения A , равные отношению месячных сумм отраженной радиации к месячным суммам суммарной радиации, изменяются от 17 до 65%, а их экстремальные значения - от 12 до 79%. Наименьшей отражательной способностью подстилающей поверхности является апрель, когда наблюдается сход снежного покрова. Для ноября, октября, марта, апреля, характерна наибольшая изменчивость альbedo. Коэффициент вариации средних месячных значений A в эти месяцы равен 23-25 %, а в летний период 5-10%.

Диапазон изменения альbedo в течение года велик: от 5 до 90 %.

Альbedo естественных подстилающих поверхностей испытывает как сезонные и суточные колебания, вызванные, с одной стороны, изменениями в течение дня спектрального состава солнечной радиации, с другой - зависимостью отражательной способности поверхностей от шероховатости, которая меняется с изменением длины волны и угла падения. При ясном небе и увеличении высоты Солнца от 10 до 40° альbedo травы уменьшается на 4-7%, альbedo снега увеличивается на 4-5%.

Поглощенная радиация. Балансом коротковолновой радиации B_k , или поглощенной радиацией, называется величина, равная

$$B_k = Q (1 - A) = Q - R_k, \quad (15)$$

где Q — суммарная солнечная радиация;

A — альbedo подстилающей поверхности;

R_k — отраженная солнечная радиация.

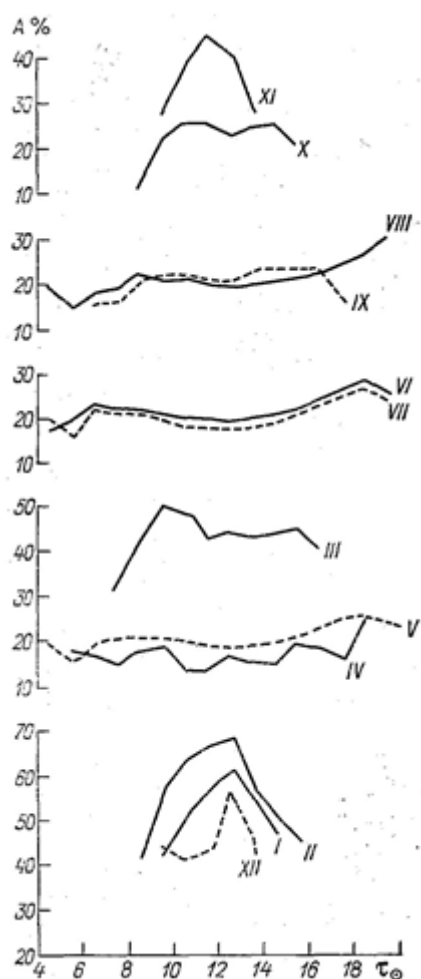


Рис. 2.3. Дневной ход альbedo подстилающей поверхности при безоблачном небе в разные месяцы (1955—1987 гг.). τ_0 — истинное солнечное время.

Данная величина является ведущей составляющей радиационного баланса. С апреля по октябрь месячные суммы V_k , при средних условиях облачности, составляют в Москве приблизительно 80 % значения Q , меняясь от 35 % в марте до 83 % в апреле. Всего за год доля V_k в суммарной радиации равна 75 %.

Годовой ход поглощенной радиации подобен годовому ходу Q (рис. 2.4). Облачность существенно уменьшает V_k . Так, полуденные значения V_k

при средних условиях облачности на 26—56 % меньше, в отличие значений при ясном небе. Дневные суммы V_k изменяются при ясном небе от 1,42 до 23,41 МДж/м², а в среднем от 0,56 МДж/м² (декабрь) до 16,14 МДж/м² (июнь).

Месячные суммы V_k колеблются от 17 до 485 МДж/м² (рис. 2.4). Распределение годовых и месячных сумм поглощенной радиации близко к нормальному. Самая большая изменчивость месячных сумм поглощенной радиации наблюдается в ноябре-марте, когда изменения в поступлении солнечной радиации и альбедо подстилающей поверхности особенно велики. В эти месяцы доля V_k в суммарной радиации колеблется от 61 до 35%, а коэффициент вариации V_k составляет 21-28 %. Коэффициент вариации годовых сумм поглощенной радиации, аналогично, как и других составляющих радиационного баланса, существенно меньше и равен 5 %.

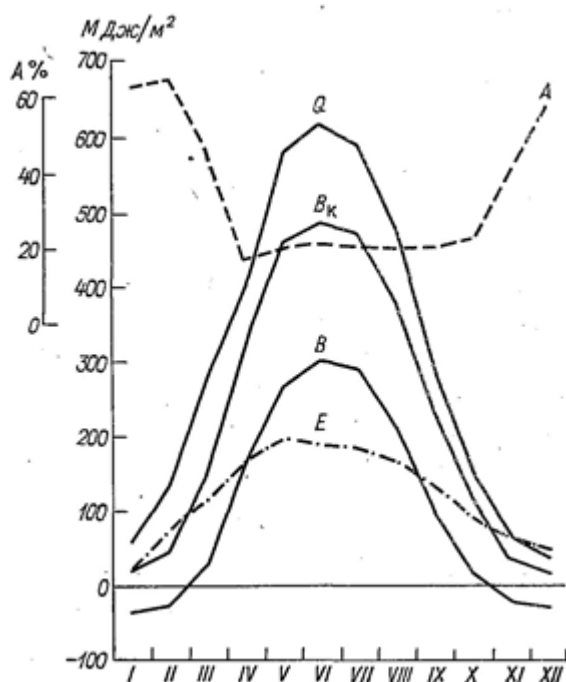


Рис. 2.4. Годовой ход месячных сумм суммарной Q и поглощенной V_k радиации, альбедо A подстилающей поверхности, эффективного излучения E и радиационного баланса B (1958—1990 гг.) [2].

Радиационный баланс. Обобщенной характеристикой тепловых ресурсов, выражающей приход и расход радиации и определяющей энергетический режим приземного слоя воздуха и верхнего слоя почвы, является радиационный баланс B :

$$B = Q (1 - A) - E, \quad (16)$$

где Q - суммарная солнечная радиация;

E - эффективное излучение;

A - альbedo подстилающей поверхности;

B в зависимости от соотношения составляющих, B может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Данные о B необходимы для оценки энергетических ресурсов, степени охлаждения и нагревания различных поверхностей в естественных условиях, расчета испарения, теплового режима сооружений и зданий, нормирования орошения сельскохозяйственных полей, определения влагозапасов в почве и т. д.

Главные факторы, определяющие величину радиационного баланса: высота Солнца, облачность, характер подстилающей поверхности, стратификация атмосферы. Роль этих факторов в разное время суток и года различна.

Ночью радиационный баланс определяется только значением E , зависит от температуры подстилающей поверхности, стратификации, облачности, а также имеет во все месяцы в Москве, как правило, отрицательные значения. При средних условиях облачности ночные часовые суммы B ($\sum B_{ч}$) летом варьируются от $-0,01$ до $-0,14$ МДж/м², а зимой от $-0,02$ до $-0,09$ МДж/м². При безоблачном небе радиационный баланс уменьшается и потери тепла вследствие эффективного излучения растут.

При определении B днем, B зависит от: h_0 , альbedo и облачности, т. е. от факторов, от которых зависит основная составляющая B - поглощенная радиация. Максимальные значения радиационного баланса наблюдаются,

как правило, в околополуденное время. В течение года они имеют тенденцию роста от декабря к июню: при безоблачном небе от 0,02 до 0,51 кВт/м², при средних условиях облачности — от 0,01 до 0,35 кВт/м². В отдельные годы и месяцы, в зависимости от условий облачности, может иметь место сдвиг максимума радиационного баланса на до- и послеполуденные часы.

Амплитуда суточных колебаний V имеет тенденцию роста от зимы к лету, его максимальное значение наблюдается при ясном небе. Переход V через нулевое значение происходит вечером при $h_0 = 7 \dots 10^\circ$, утром при $h_0 = 5 \dots 9^\circ$. Из этого следует, что в течение 1—2 ч до захода и после восхода Солнца подстилающая поверхность теряет излучением больше тепла, нежели получает от Солнца.

Средние значения суточных сумм V ($\sum V_c$) имеют тенденцию роста с января по июнь (рис. 2.5). Их годовой ход характеризует определенная асимметрия: минимальные значения фиксируются позже наступления периода наиболее коротких дней.

Значения $\sum V_c$ отрицательны в некоторые годы с сентября по апрель, обычно с ноября по февраль. Число дней в году с отрицательными $\sum V_c$ варьируется от 102 до 137. Результирующим фактором начала периода с отрицательными $\sum V_c$ является альbedo подстилающей поверхности. В среднем переход $\sum V_c$ через нуль наблюдается после 24 октября и 13 марта (рис. 2.5).

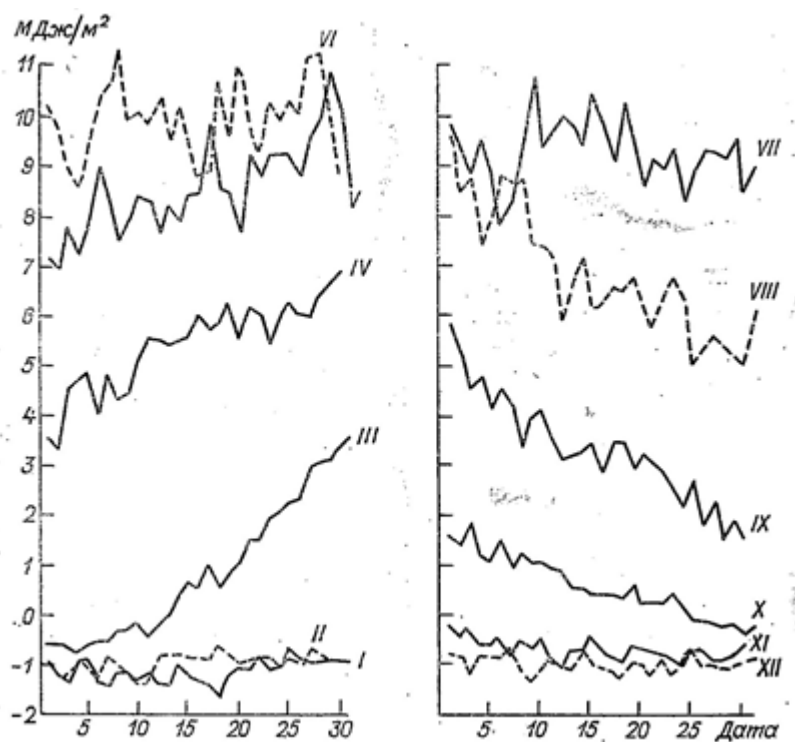


Рис. 2.5. Суточные суммы радиационного баланса в разные месяцы при средних условиях облачности (1958—1987 гг.).

Характер изменения средних значений $\sum V_c$ в течение разных месяцев неодинаков. В ноябре - феврале вследствие слабо выраженного суточного хода температуры снежной поверхности, суммарной радиации и эффективного излучения, они изменяются мало, характеризуются наименьшей (0,15—0,17 МДж/м²) междусуточной изменчивостью и большой отрицательной асимметрией. Для марта характерны резкий подъем $\sum V_c$ от начала к концу месяца, положительная асимметрия и наибольший коэффициент вариации. Рост $\sum V_c$ в весенний период связан с существенными колебаниями альбедо из-за таяния снега, увеличением h_0 , прихода солнечной радиации. Наибольшую повторяемость в апреле имеют значения — 68 МДж/м², в марте— 1 ... 1 МДж/м², а в мае — 10 ... 12 МДж/м². В июне — июле изменчивость $\sum V_c$ обусловлена в основном характером облачности, кривая распределения асимметрична и сдвинута в сторону меньших значений. Максимальное значение междусуточной

изменчивости может достигать 1,84 МДж/м², в среднем она равна 0,61 - 0,79 МДж/м². Приблизительно 40% случаев приходится на $\sum B_c = 10 \dots 13$ МДж/м². В августе - октябре отмечается постепенное уменьшение $\sum B_c$ от начала к концу месяца, что можно объяснить уменьшением h_0 (на 9— 11°), продолжительности дня (более чем на 2 ч), и, как следствие этого, прихода радиации. Повторяемость $\sum B_c$, близких к средним, растет от 13 до 41% , а диапазон их изменений становится меньше.

Месячные суммы радиационного баланса ($\sum B_m$) отрицательны в ноябре — феврале, не всегда в октябре — марте (табл. 2.6). В эти месяцы эффективное излучение в среднем превышает поглощенную радиацию в 1,6—2,8 раза.

Таблица 2.6 Месячные и годовые суммы радиационного баланса (МДж/м²) за 1958—1990 гг.

Месяц	Среднее	σ	max	min	A	E
I	-34	14	-16	-65	-0,90	0,12
II	-26	13	-3	-72	-1,27	3,23
III	30	25	71	-34	-0,44	0,09
IV	161	22	198	115	-0,38	-0,49
V	267	31	332	201	-0,05	0,10
VI	300	27	356	248	0,19	-0,50
VII	287	27	355	243	0,64	0,32
VIII	211	23	258	140	-0,18	1,96
IX	98	15	126	61	-0,30	-0,19
X	19	9	36	-5	-0,02	0,22
XI	-21	9	-4	-38	-0,09	-0,83
XII	-30	10	-7	-56	-0,26	0,29
Год	1262	83	1468	1117	0,66	-0,10

Наибольшее положительное значение (356 МДж/м^2) зафиксировано в июне 1968 г., наиболее отрицательное значение $\sum V_M (-72 \text{ МДж/м}^2)$ отмечено в феврале 1969 г.

Годовая сумма радиационного баланса составляет 35% суммарной и 46% поглощенной радиации. Коэффициент вариации равен 7%, а ее среднее значение равно 1262 МДж/м^2 .

Таким образом, в течение большей части года в Москве радиационный баланс наиболее характерной подстилающей поверхности (поверхности почвы, покрытой зимой снегом, а в теплое время травой) имеет положительное значение: земная поверхность получает больше лучистого тепла, чем она отдает его в мировое пространство и атмосферу. Это тепло расходуется на нагревание воздуха и почвы, таяние снега и льда, испарение и т. д. Радиационный баланс иных поверхностей будет отличаться от значений, указанных выше, и результате этого микроклиматические различия на территории городской застройки будут увеличиваться. Вследствие этого, представляется важным исследовать радиационный баланс для различных, прежде всего асфальтированных, подстилающих поверхностей и путем их разумного расположения в городе, наряду с другими мероприятиями, направленными на улучшение городской среды, создать экологически оптимальные условия для жизни людей.

2.3 Температурные и ветровые характеристики

В Москве климат влажный умеренно-континентальный, с сильным влиянием атлантического морского, с выраженной сезонностью.

Палящий зной и сильные морозы не характерны для Москвы, поэтому бывают редко и имеют, как правило, небольшую продолжительность. Летняя жара имеет продолжительность от 3-4 дней до 1,5 месяцев (лето 2011, 2010, 1972, 1938, 1920, 1936 годов), морозы в холодный период года (отклонение от нормы, более чем на 4 градуса) наблюдаются не более, чем на 2-3 недели.

По наблюдениям 1981—2010 годов самыми холодными месяцами года в Москве являются февраль и январь. Самым тёплым месяцем является июль (средняя температура +19,2 °С).

Среднегодовая скорость ветра в Москве составляет 8,3 км/ч или 2,3 м/с. В теплое время года скорость ветра ниже, чем в холодное. Наиболее ветреным месяцем является декабрь. Максимальная скорость ветра в Москве (108 км/ч или 30 м/с) была отмечена 29 мая 2017 г.

Абсолютный максимум температуры: +38,2 °С (2010) ВДНХ.

Абсолютный минимум температуры: -42,2 °С (1940) ТСХА.

Среднегодовая температура: +5,8 °С

Среднегодовая скорость ветра: 2,3 м/с.

Среднегодовая влажность воздуха: 78%.

Следует отметить, что температура на окраинах и за городом столицы ниже, что особенно заметно в ночное время в период морозов зимой и заморозков осенью и весной, тогда разница температур может достигать 5—7 °С, но обычно она либо отсутствует или незначительна, не превышает 1—3 °С, особенно в дождливую и пасмурную погоду.

За 2019г. разница среднегодовой температуры на станции Балчуг (8,9 °С) и ВДНХ (7,8 °С) составила 1,1 °С (рис.2.6).

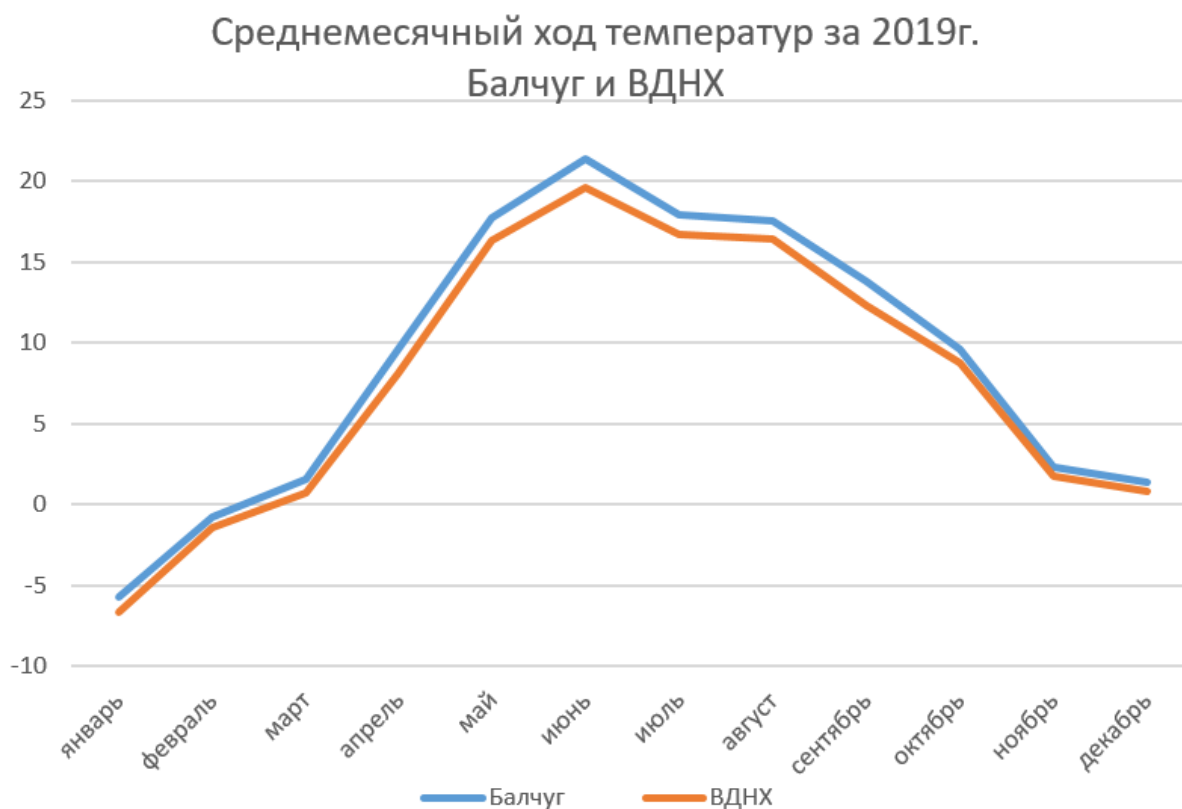


Рис. 2.6. Среднемесячный ход температуры за 2019г.

Воздушный режим Москвы имеет свои особенности: воздушные потоки как бы стекаются в центральную часть города, в совокупности со зноем или атмосферными осадками. Во многом это обусловлено разницей температур в центре и периферии города и особенностями рельефа Москвы. Так, в южном, северном и центральном районах Москвы существуют зоны с плотной жилой застройкой, для которых характерны низкие, в сравнении с пригородами, скорости ветра (0—2 м/с) и частая повторяемость штилей в теплый период года. На рис. 2.7 можно наблюдать, что среднемесячная скорость ветра за 2019г. в центре города (Балчуг) не превышала 1,5 м/с.

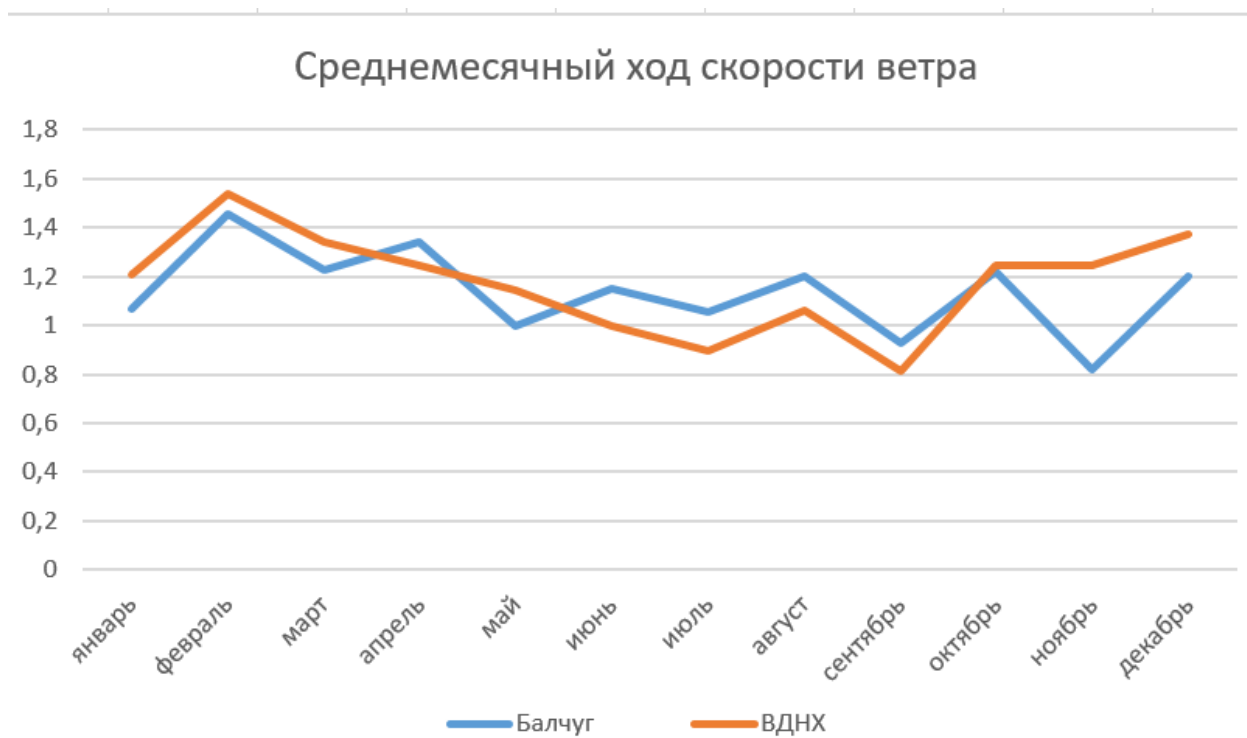


Рис. 2.7. Среднемесячный ход скорости ветра за 2019г.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСКВЫ

3.1. Отбор и обработка данных для исследования

В ходе исследования были применены метеорологические параметры, информация была использована с сайта www.rp5.ru.

Для расчета биометеорологических параметров для города Москва, была выбрана метеостанция Москва(Балчуг) № 27605.

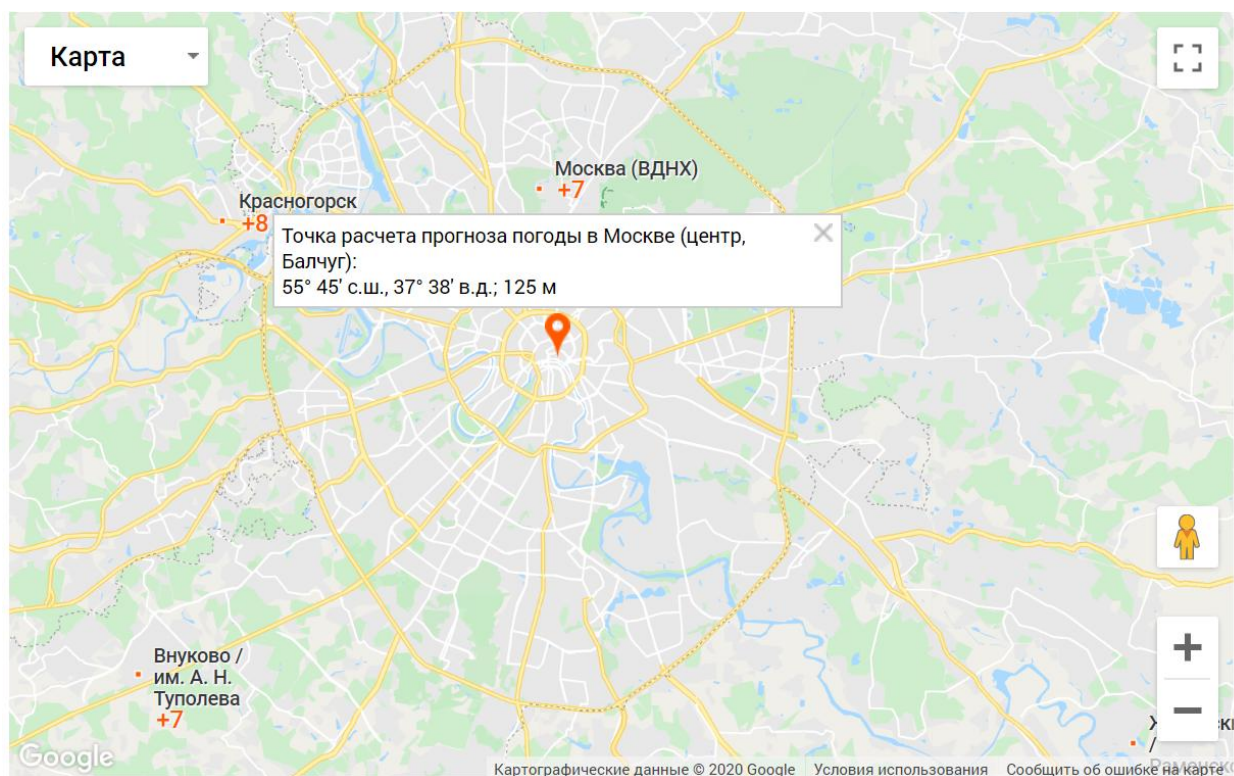


Рис 3.1 Расположение метеорологической станции Москва (Балчуг).

Были использованы метеорологические параметры: давление, температура, скорость ветра, относительная влажность, облачность. Параметры были взяты за 5 летний период (2010-2014гг).

Порядок отбора данных:

1. На сайте www.rp5.ru в строке поиска вводится название города (Москва, Россия). Вследствие чего, происходит поиск и выдается результат. После демонстрации результатов мы выбираем «Архив погоды на метеостанции». На следующей странице предлагаются три варианта:

- Смотреть архив погоды
- Скачать архив погоды
- Статистика погоды

Выбираем «Скачать архив погоды».

2. На данном этапе выбираем диапазон дат, которые необходимо рассмотреть, в моем случае с 01.01.2010 по 31.12.2014; для заданного диапазона выбрать «все дни»; формат «Excel» и «Выбрать в файл GZ(архив)». Скачиваем полученный файл.

3. Скачанный файл открываем в программе Excel. Полученные данные готовы к обработке. Для расчета параметров нам необходимы среднесуточные значения. В файле содержится информация для каждого дня. Количество измерений в день составляют 8 значений, за каждые 3 часа (2:00,5:00,8:00,11:00,14:00,17:00,20:00,23:00). Рассчитываем среднесуточные значения для необходимых нам метеорологических параметров.

4. В том числе для расчетов необходимы статистические значения из раздела «Статистика погоды». Определяем диапазон дат, который хотим рассмотреть, например: статистику среднемесячных значений за «01.01.2010-31.12.2010», параметров: давления(P_0), температуры(T), относительной влажности(U), облачности(N_h), ветра(F_f). Данные выводятся на экран.

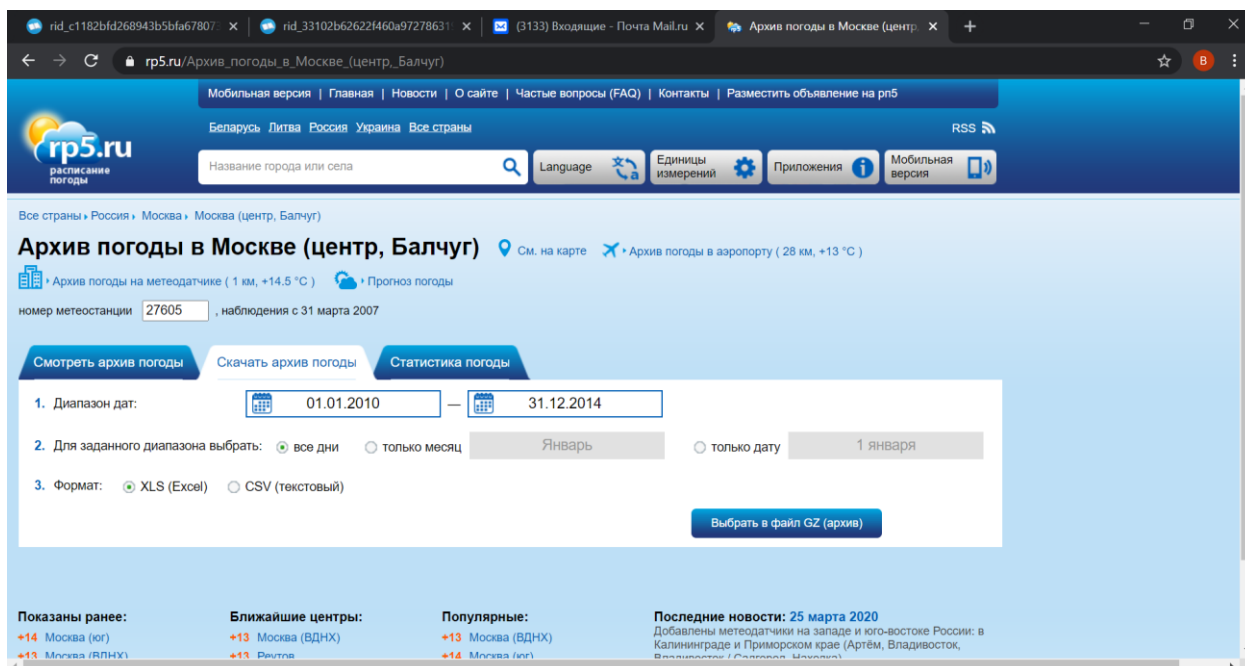


Рис 3.2 Пример отбора метеорологических данных в пункте наблюдения города Москва (Балчуг).

3.2. Расчет и оценка распределения биометеорологических параметров по территории г. Москвы

Расчет параметра эффективной температуры (ЭТ).

Для получения значений эффективной температуры была использована формула А.Миссенарда:

$$ЭТ = T - 0,4(T - 10) \left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (1)$$

f - относительная влажность, %.

где T - температура сухого воздуха, °С

дни	2010	2011	2012	2013	2014	среднее	станд.откл
01.январь	-5,79185	-5,04487	0,6205	-0,72716	2,79363	-1,62995	3,68886
02.январь	-9,764	-2,47469	-0,4384	0,90375	-0,63688	-2,48204	4,24475
03.январь	-12,2443	-4,12659	-1,14859	-0,8585	-1,53125	-3,98184	4,79782
04.январь	-13,6353	-6,91165	0,21144	1,5272	-0,71238	-3,90413	6,33176
05.январь	-8,80919	-6,80709	2,79665	0,27779	1,0089	-2,30659	5,15395
06.январь	-11,0452	-4,58546	2,51476	-2,84101	1,51152	-2,88907	5,43066
07.январь	-10,3361	-6,71094	2,63871	-3,35044	1,77258	-3,19723	5,52471
08.январь	-5,63581	-6,02125	0,81803	-5,2274	3,16844	-2,5796	4,26556
09.январь	-4,95704	-1,39215	-1,00706	-6,93285	3,67375	-2,12307	4,07885
10.январь	-11,0311	1,43235	-1,4342	-8,69368	3,9835	-3,14862	6,47441
11.январь	-8,61	0,79097	-0,9098	-10,3963	2,83453	-3,25811	5,88697
12.январь	-7,22875	-0,85141	-1,05623	-8,92518	0,91584	-3,42914	4,3531
13.январь	-6,06284	-1,4956	0,69804	-9,64469	-1,88623	-3,67826	4,13557
14.январь	-6,87144	0,68754	-0,034	-6,44379	-6,48125	-3,82859	3,80556
15.январь	-5,46545	-1,64256	-1,95253	-5,29509	-8,05086	-4,4813	2,68448
16.январь	-5,60197	-6,7919	-3,16331	-6,46596	-7,64105	-5,93284	1,71172
17.январь	-9,90107	-9,6281	-4,47093	-7,32286	-10,0356	-8,27171	2,39541
18.январь	-10,0704	-10,9638	-4,29898	-10,3335	-11,8647	-9,50626	2,99186
19.январь	-9,58057	-12,5082	-6,6257	-9,05888	-14,4553	-10,4457	3,06574
20.январь	-13,1652	-9,93896	-8,78495	-10,413	-9,40671	-10,3418	1,69094
21.январь	-10,5662	-9,11188	-9,48695	-9,49164	-10,9635	-9,92403	0,79536
22.январь	-14,5692	-7,56338	-11,6224	-11,0441	-13,1391	-11,5876	2,63571
23.январь	-12,7741	-6,48405	-10,0883	-10,0956	-12,7338	-10,4352	2,57882
24.январь	-12,9701	-4,62581	-10,4538	-6,4143	-12,0569	-9,30418	3,62549
25.январь	-12,7841	-6,85571	-9,93813	-8,0011	-11,6871	-9,85322	2,46859
26.январь	-18,7013	-7,8932	-10,666	-9,63675	-9,3734	-11,2541	4,27946
27.январь	-14,7928	-8,85575	-10,5078	-8,09325	-8,97538	-10,245	2,68903
28.январь	-11,8106	-8,6045	-8,56708	-8,78205	-11,2240	-10,618	2,50078

Рис.3.3. Пример базы рассчитанного показателя ЭТ.

Используя базу данных, была построена диаграмма значений эффективной температуры за 5-летний период (Рис.3.4).

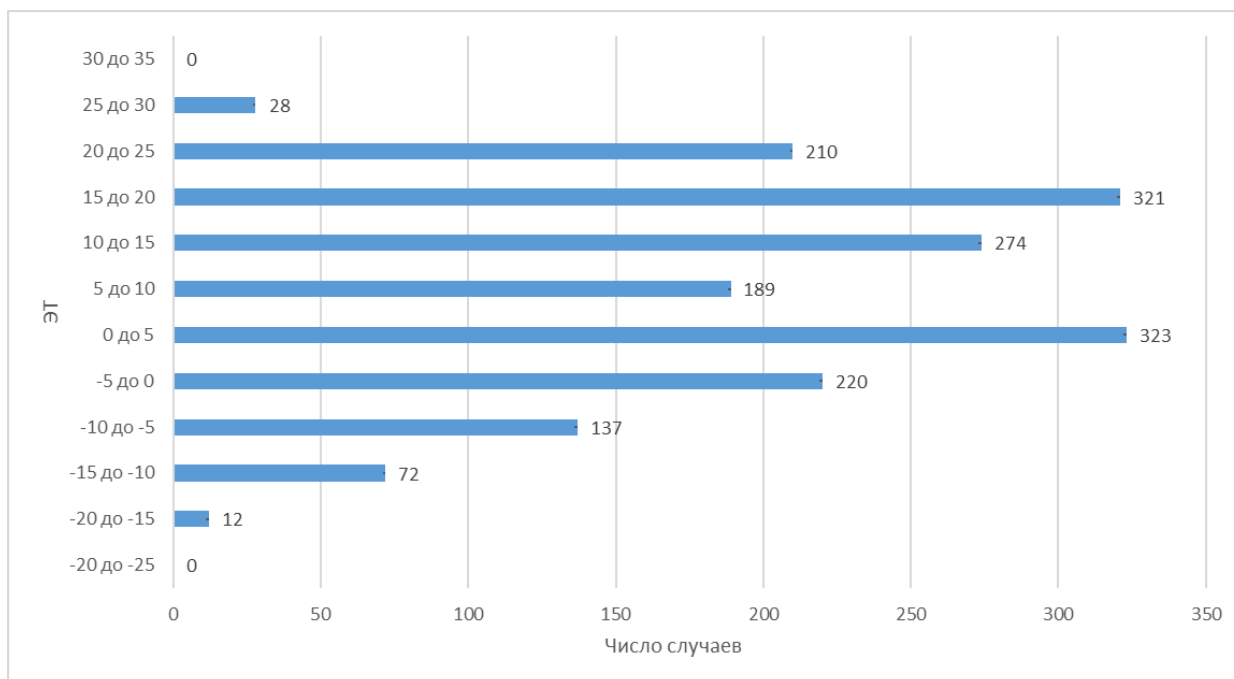


Рис. 3.4. Повторяемость эффективной температуры Москва(Балчуг).

По рисунку 3.4 видно, что наибольшую повторяемость имеют значения эффективной температуры от 0 до 5 градусов (18,1%), 15 до 20 градусов (18%). В общем случае значения лежали в пределах от -20 до 30.

Расчет параметра эквивалентно-эффективной температуры(ЕТ).

Для расчета эквивалентно-эффективной температуры мы выбрали метод по А.Миссенарду, который учитывает влияние на ощущаемую человеком температуру таких факторов, как: влажность воздуха, температура и скорость ветра:

$$ET = 37 - \frac{37-t}{0.68-0.0014f+\frac{1}{1.76+1.4v^{0.75}}} - 0.29t(1 - \frac{f}{100})$$

(3)

V-скорость ветра, м/с;

где:

t- температура воздуха, °С;

f- относительная влажность, %.

Делаем расчеты в программе Excel, для пятилетнего ряда значений (2010-2014гг), для каждого дня.

дата	T	Po	U	ff	Nh	ET
1.1.10	-7,1	741,9	80,9	1,5	7	-15,8825
2.1.10	-10,6	743,4	90,0	1,7	10	-21,6093
3.1.10	-14,9	743,5	73,0	1,9	6	-26,9266
4.1.10	-16,1	747,8	76,5	1,4	4	-26,1456
5.1.10	-10,9	753,4	75,1	1,1	7	-18,2748
6.1.10	-12,9	758,6	79,5	1,0	8	-20,1709
7.1.10	-11,9	756,0	81,8	1,8	9	-23,4789
8.1.10	-6,6	753,6	85,1	1,1	9	-13,7286
9.1.10	-6,9	761,3	71,8	2,0	7	-16,8845
10.1.10	-12,7	764,8	81,9	1,3	0	-21,5492
11.1.10	-10,0	761,6	82,6	1,0	0	-16,8656
12.1.10	-9,3	757,7	73,8	1,0	0	-15,4839
13.1.10	-8,0	753,4	73,3	1,4	8	-15,9233
14.1.10	-7,8	756,7	87,1	1,0	9	-14,5069
15.1.10	-6,7	760,5	81,0	0,9	8	-12,1307
16.1.10	-7,3	770,0	75,6	0,9	10	-12,477
17.1.10	-11,4	774,0	82,6	1,0	5	-18,5108
18.1.10	-12,4	773,7	73,8	0,8	3	-17,4955
19.1.10	-12,2	771,2	70,9	0,4	0	-13,5789
20.1.10	-15,0	770,9	82,0	1,3	8	-24,3419
21.1.10	-12,7	772,3	76,9	1,9	6	-24,2532
22.1.10	-16,6	772,4	81,3	1,3	3	-26,4637
23.1.10	-15,3	768,3	75,4	1,7	6	-26,553
24.1.10	-16,7	764,1	64,9	1,4	6	-26,3258
25.1.10	-15,0	762,8	77,5	1,0	6	-22,5849
26.1.10	-20,8	765,5	82,9	1,3	5	-32,0557
27.1.10	-17,2	763,7	77,9	0,6	5	-22,0471
28.1.10	-16,8	751,5	81,9	0,5	3	-20,3933
29.1.10	-15,3	743,6	81,3	1,1	3	-23,9736

Таблица 3.5 Пример базы метеорологических данных для расчета ET

По результатам расчетов мы получили значения эквивалентно-эффективной температуры для каждого дня за пятилетний период. После чего, для пятилетнего периода времени рассчитали среднесуточные значения ощущаемой температуры и их стандартные отклонения.

Дни		2010	2011	2012	2013	2014	среднее	Станд.откл
1	01.январь	-15,8825	-10,5593	-4,57937	-6,21948	-3,02892	-8,0539	5,202198
2	02.январь	-21,6093	-6,63813	-9,30502	-2,6573	-6,00939	-9,24384	7,306562
3	03.январь	-26,9266	-6,69525	-7,37825	-4,74005	-7,84819	-10,7177	9,138214
4	04.январь	-26,1456	-3,47952	-5,70096	-4,07224	-6,80162	-9,23999	9,541466
5	05.январь	-18,2748	-3,54196	-2,9344	-6,25295	-4,73949	-7,14871	6,347538
6	06.январь	-20,1709	-4,18475	-2,82498	-14,1519	-4,22072	-9,11065	7,671847
7	07.январь	-23,4789	-19,1241	-2,18806	-14,832	-3,30298	-12,5852	9,496557
8	08.январь	-13,7286	-15,6745	-4,94866	-16,1243	-2,11443	-10,5181	6,518533
9	09.январь	-16,8845	-7,6764	-7,27127	-18,1321	-0,91967	-10,1768	7,222681
10	10.январь	-21,5492	-4,7205	-5,43238	-17,1895	-1,61075	-10,1005	8,719793
11	11.январь	-16,8656	-6,59824	-8,28679	-22,072	-5,67351	-11,8992	7,212145
12	12.январь	-15,4839	-6,99148	-7,9015	-17,9964	-7,85295	-11,2453	5,107056
13	13.январь	-15,9233	-9,57924	-5,73253	-22,02	-12,4446	-13,1399	6,217616
14	14.январь	-14,5069	-4,90901	-5,26245	-19,5631	-20,2216	-12,8926	7,462787
15	15.январь	-12,1307	-9,35145	-11,6717	-16,2076	-18,9194	-13,6562	3,840808
16	16.январь	-12,477	-20,3601	-10,5606	-14,0121	-20,6794	-15,6178	4,640239
17	17.январь	-18,5108	-20,7043	-11,5364	-21,081	-25,4973	-19,466	5,106606
18	18.январь	-17,4955	-19,117	-10,6462	-24,3727	-26,3116	-19,5886	6,177715
19	19.январь	-13,5789	-19,8962	-14,2929	-17,5912	-31,5968	-19,3912	7,284368
20	20.январь	-24,3419	-18,6864	-20,1127	-18,9685	-19,093	-20,2405	2,355167
21	21.январь	-24,2532	-19,1164	-21,2811	-22,435	-21,5222	-21,7216	1,866752
22	22.январь	-26,4637	-14,6	-25,4123	-24,673	-22,5804	-22,7459	4,770445
23	23.январь	-26,553	-12,3723	-23,9477	-21,4927	-27,1029	-22,2937	5,98082
24	24.январь	-26,3258	-12,383	-21,2987	-15,5713	-27,3152	-20,5788	6,541626
25	25.январь	-22,5849	-15,6537	-20,2582	-20,1213	-26,1911	-20,9618	3,852217
26	26.январь	-32,0557	-16,0924	-21,5205	-19,1541	-21,3919	-22,0429	6,014703
27	27.январь	-22,0471	-18,6641	-21,0317	-17,2179	-20,9327	-19,9787	1,977842
28	28.январь	-20,3933	-17,499	-22,4039	-17,8381	-26,1624	-20,8593	3,575782
29	29.январь	-23,9736	-16,0645	-22,031	-10,8842	-32,8558	-21,1618	8,322001

Рис.3.6 Пример базы данных рассчитанных биометеорологических параметров.

Используя базу данных, мы построили годовой ход среднесуточных значений эквивалентно-эффективной температуры.

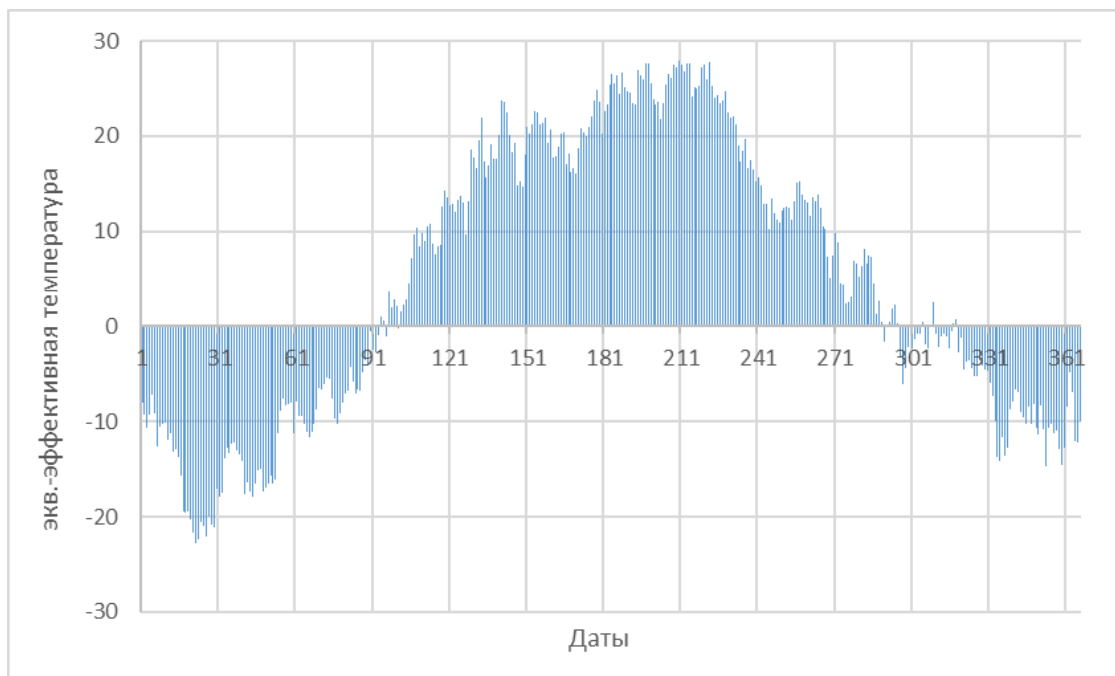


Рис 3.7 Годовой ход среднесуточных значений эквивалентно-эффективной температуры за период с 2010-2014гг., Москва.

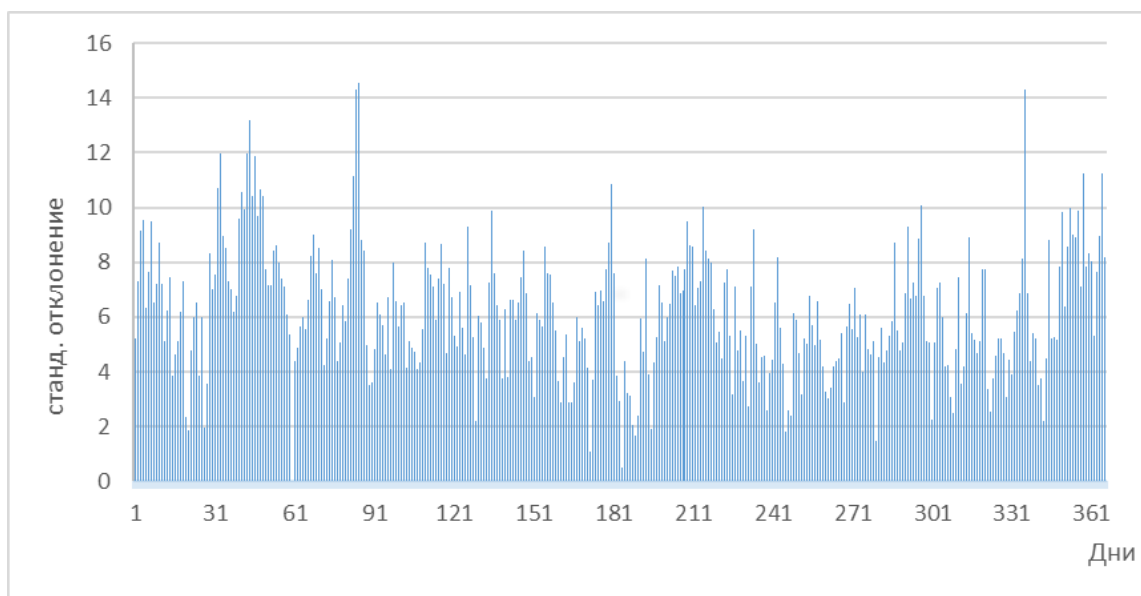


Рис 3.8 Годовой ход среднесуточных стандартных отклонений эффективной температуры за период с 2014 по 2018гг.

Рассмотрим годовой ход эффективной температуры, построенный с учетом их стандартных отклонений.

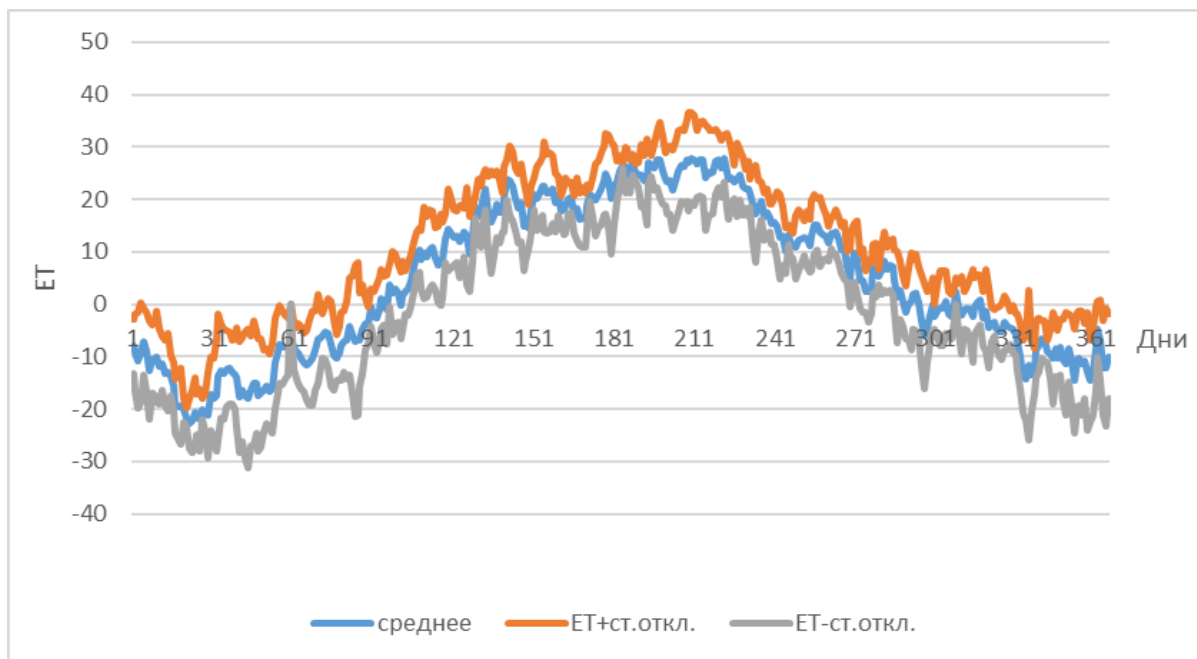


Рис. 3.9 Годовой ход средних значений и их положительное и отрицательное отклонения.

Из рисунка 3.9 следует, что наибольшая изменчивость эффективной температуры наблюдается в летний период, когда стандартное отклонение иногда может превышать среднесуточные значения температуры.

Результат анализа значений показателя ET за 5-летний период(2010-2014гг.), на предмет оценки тепловой чувствительности и уровня дискомфорта ID, представлен на диаграмме (рис. 3.10).

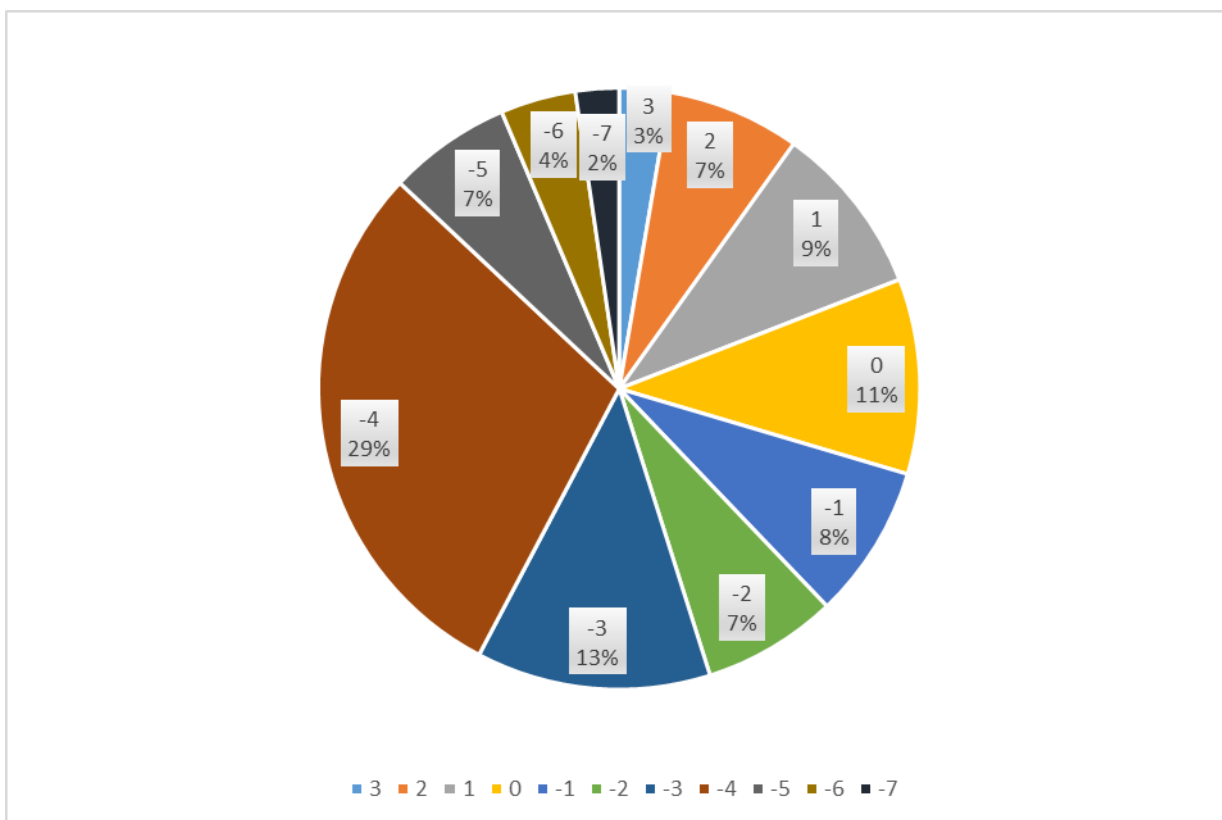


Рис. 3.10 Распределение индекса дискомфорта(ID) для значений ET с 2010-2014 гг.

Анализируя рисунок 3.10, согласно классификации показателя ET для оценки тепловой чувствительности и уровня дискомфорта ID (табл.1.2), мы наблюдаем, что в большинстве случаев (29%), физиологическая нагрузка оценивается как «умеренно холодно» (id= -4) и «очень прохладно» (id= -3).

Радиационная эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ).

Для расчета РЭЭТ были использованы две формулы с разделением рядов наблюдений на ряды с пасмурной (облачность от 5 до 10 баллов) и ясной (облачность от 0 до 4 баллов) погодой:

$$\text{РЭЭТ} = 1.01\text{ЕТ} + 1.93 \text{ при облачности от 5 до 10 баллов} \quad (8)$$

$$\text{РЭЭТ} = 1.02\text{ЕТ} + 3.81 \text{ при облачности от 0 до 4 баллов} \quad (9)$$

Расчет РЭЭТ проводился для среднесуточных значений всего года за период 2010-2014гг.

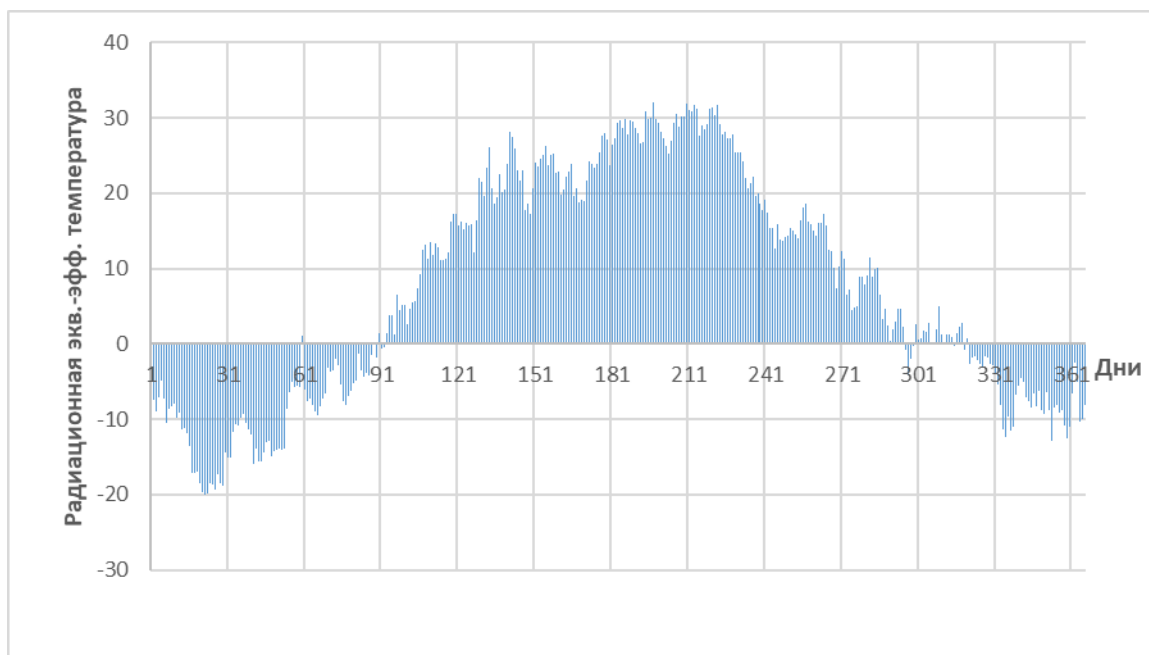


Рис. 3.11 Годовой ежедневный ход средних значений радиационных эквивалентно-эффективных температур.

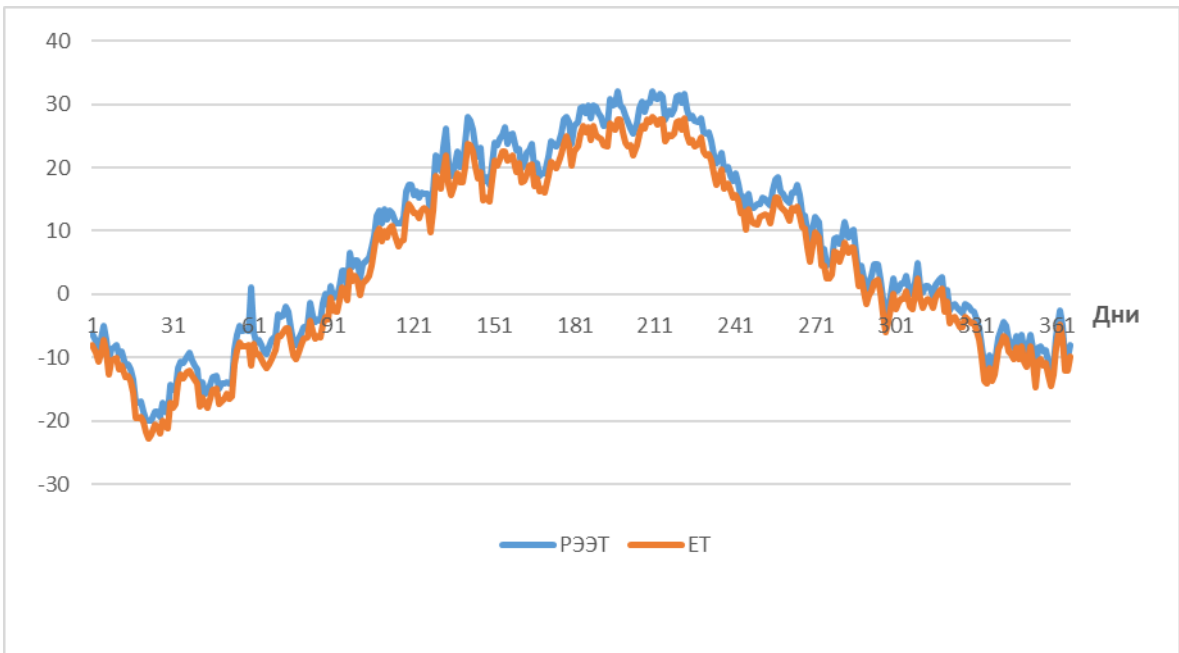


Рис.3.12 Годовой ход РЭЭТ и ЕТ.

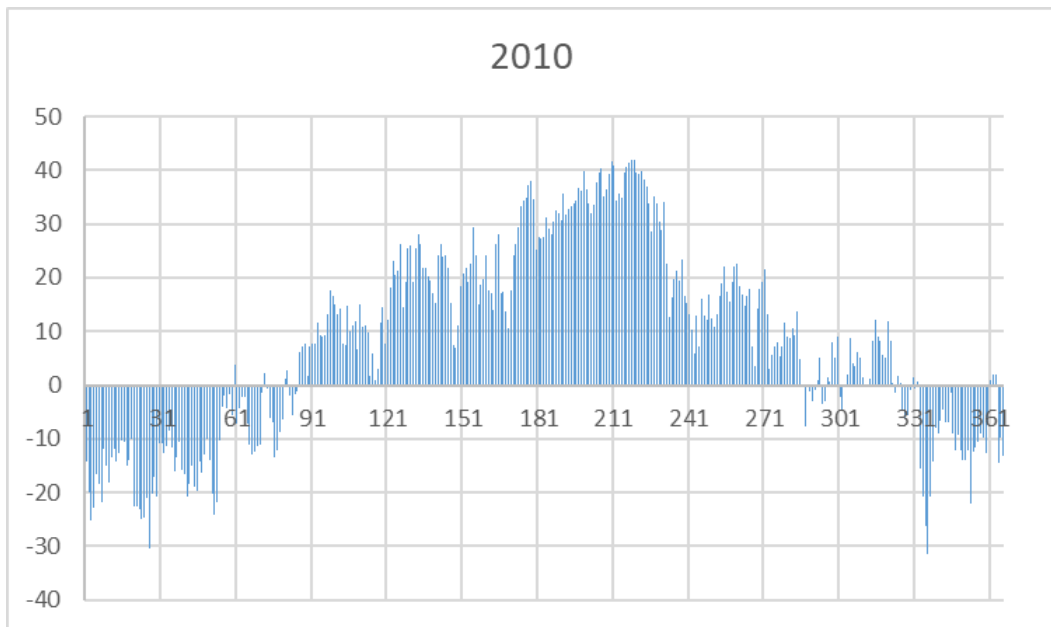


Рис. 3.13.1 Годовой ход РЭЭТ за 2010 год.

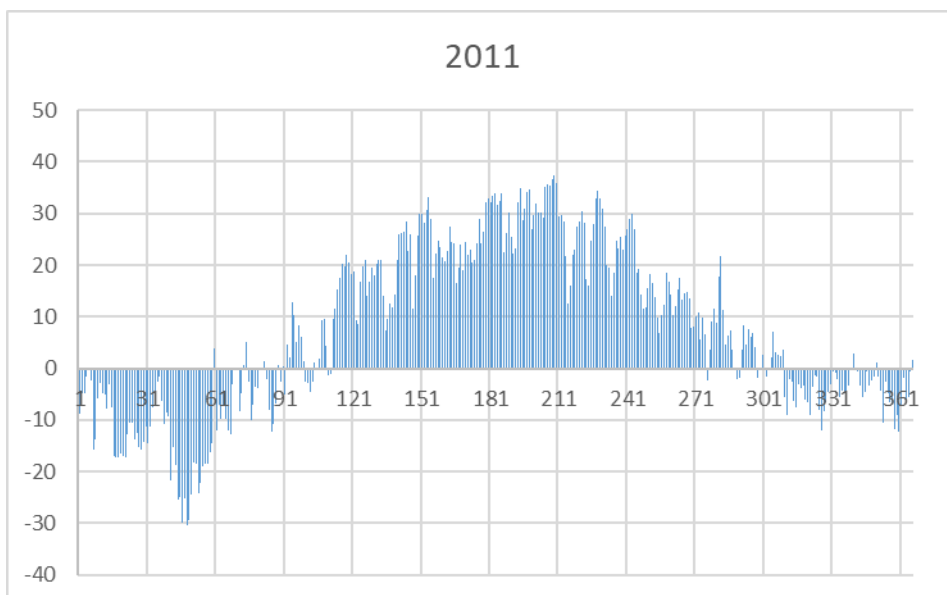


Рис. 3.13.2 Годовой ход РЭЭТ за 2011 год.

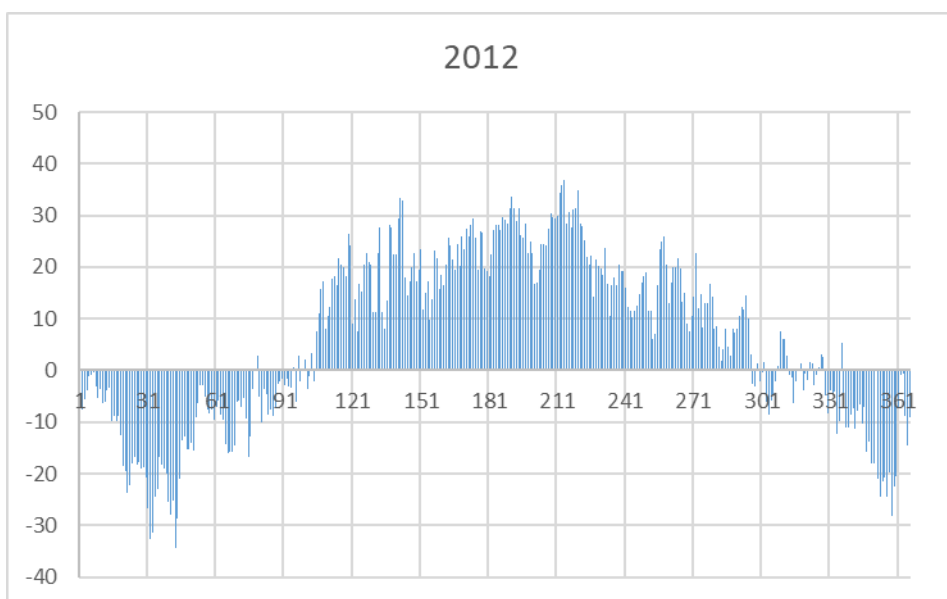


Рис. 3.13.3 Годовой ход РЭЭТ за 2012 год.

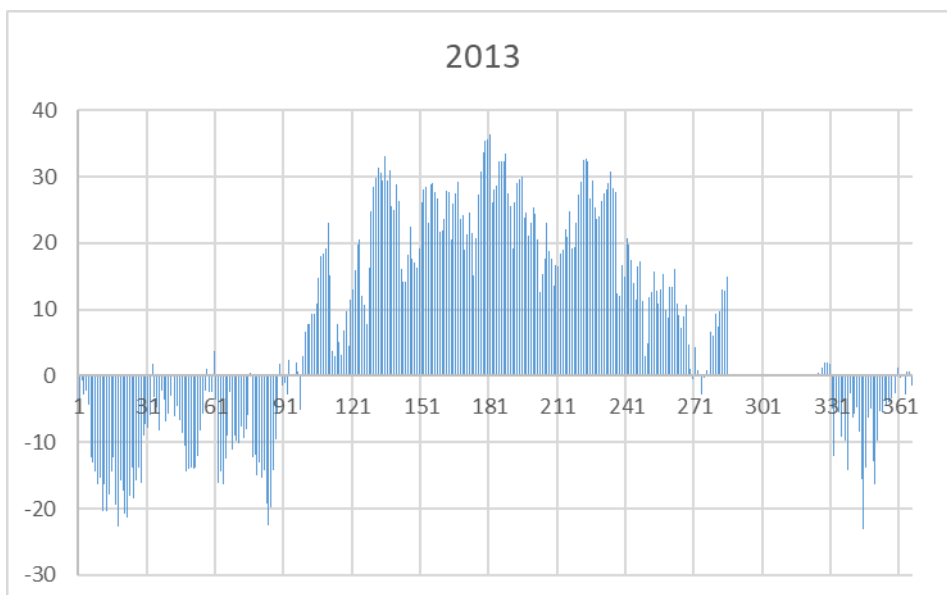


Рис. 3.13.4 Годовой ход РЭЭТ за 2013 год.

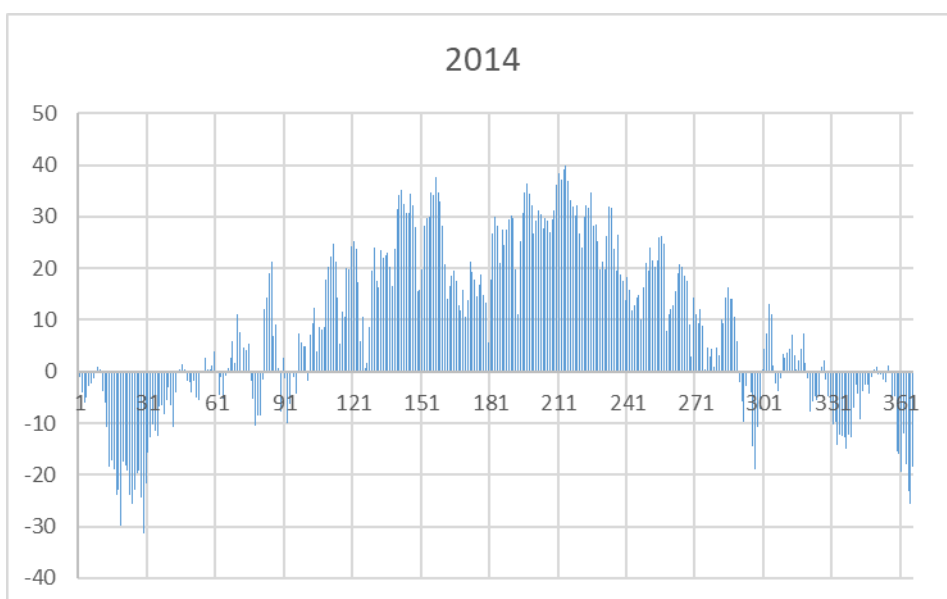


Рис. 3.13.5 Годовой ход РЭЭТ за 2014 год.

По гистограммам можно наблюдать изменения радиационной эквивалентно-эффективной температуры. Изменения происходит сезонно. На рисунках можно наблюдать, что значения радиационной эквивалентно-

эффективной температуры за весь период наблюдения (2010-2014гг.) не имеют резких различий.

Индекс патогенности (J) по В.Г. Бокше.

Индекс патогенности определяет степень раздражительности человека под действием погодных факторов. Индекс патогенности метеорологической ситуации по методу В.Г.Бокше:

$$J = 10^{\frac{f-70}{20}} + 0,2v^2 + 0,06n^2 + 0,06(\Delta p)^2 + 0,3(\Delta t)^2 + i(t),$$

(11)

v – среднесуточная скорость ветра, м/с;

n – среднесуточная облачность, баллы;

где: f – среднесуточная относительная влажность, %;

t – среднесуточная температура воздуха,

Δp – межсуточная изменчивость давления,

Δt – межсуточная изменчивость температуры,

$i(t) = 0,02(18 - t)^2$ при $t < 18$ °С

$i(t) = 0,02(t - 18)^2$ при $t > 18$ °С,

На рисунке 3.14 представлена гистограмма повторяемости индекса патогенности для Москвы.

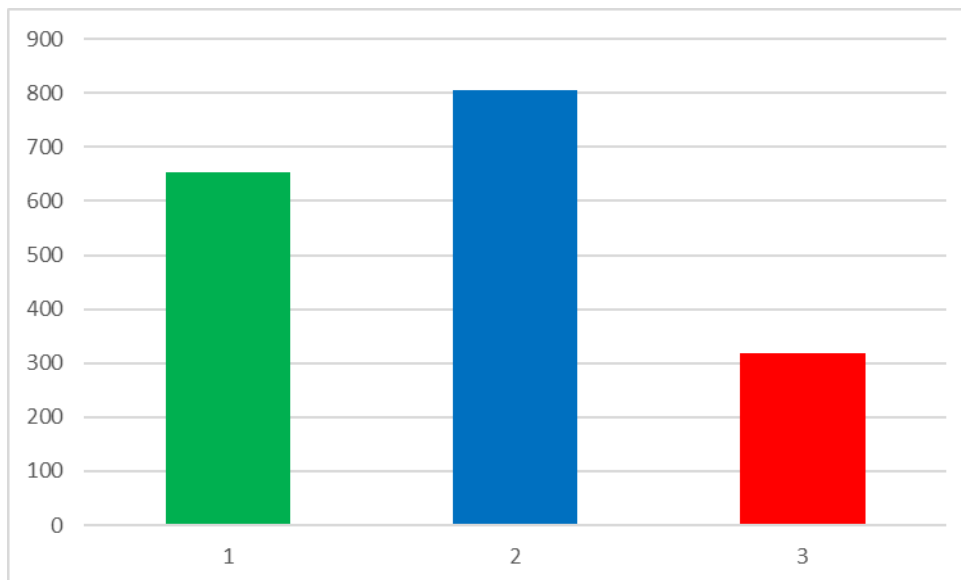
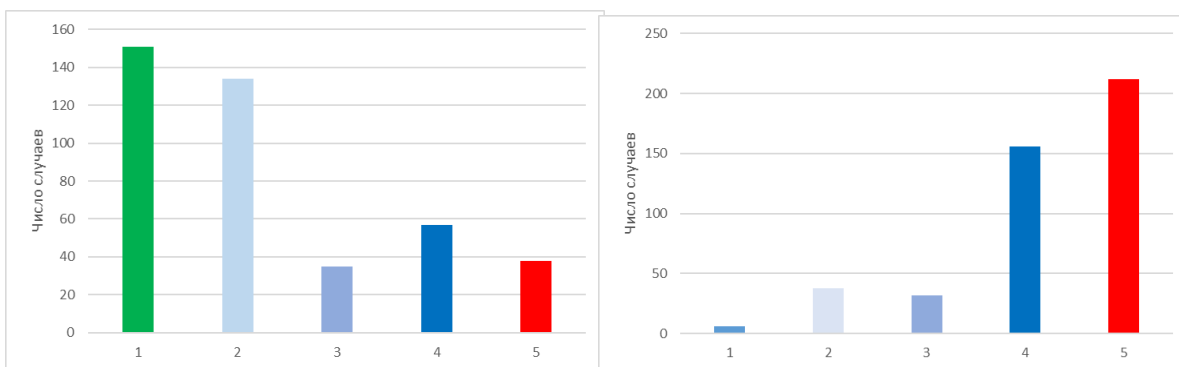


Рис. 3.14 Повторяемость индекса патогенности для Москвы, оптимальное действие - 1 (зеленый), раздражающее – 2 (синий), острое – 3 (красный).

По рисунку 3.14 видно, что на территории Москвы за период 2010-2014 гг. в большинстве случаев (45%) погода оказывала раздражающее действие на человека (синий цвет), т.е. индекс патогенности составляет 10-24. Также в 37% случаев отмечалось оптимальное действие (зеленый цвет). В 18% случаев наблюдалось острое воздействие (красный цвет), т.е. величина индекса патогенности превышала 24.

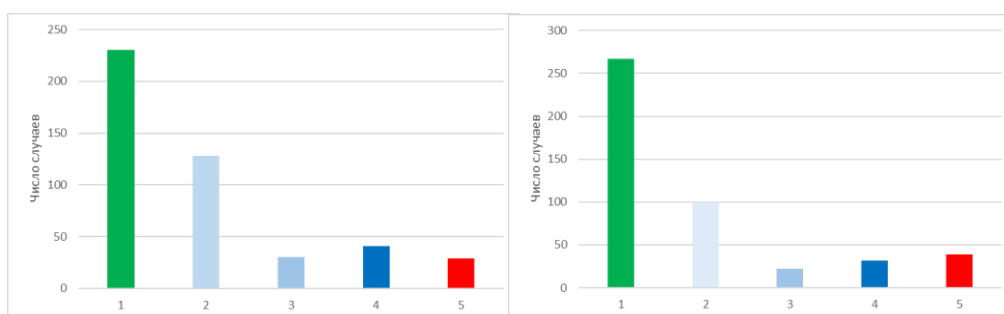
Ниже на рисунках 3.15 (а,б) представлены гистограммы повторяемости индекса патогенности осенью и зимой.



аб

Рисунок 3.15 – Повторяемость индекса патогенности в холодный период (а – осень, б - зима).

Согласно гистограмме и классификации погодных условий по С.С. Андрееву(табл.1.3), наибольшая повторяемость осенью (68%) наблюдается при значениях индекса 0-16, поэтому погодные условия можно назвать комфортными (36%) или слабо раздражающими (32%). В зимний период максимальная повторяемость (83%) индекса патогенности приходится на значения более 18, т.е. погода оказывала сильно раздражающее (35%) или острое действие (48%).



аб

Рисунок 3.16 – Повторяемость индекса патогенности в теплый период (а – весна, б – лето).

Согласно рисунку 3.16, в большинстве случаев (78%) погодные условия весеннего периода определяются как слабо раздражающие или комфортные, т.е. величина индекса патогенности лежит в пределах от 0 до 16.

В летний период наибольшей повторяемостью обладают оптимальные (комфортные) погодные условия, которым соответствует значение индекса патогенности не более 9,9 (58%).

Заключение.

В ходе выполнения дипломного проекта были рассмотрены методы биометеорологических исследований. После чего, был произведен расчет биометеорологических параметров для города Москва, проведен анализ параметров за пятилетний ряд наблюдений, а также произведена оценка биометеорологических показателей в соответствии с классификациями рассматриваемых параметров.

Исходя из анализа проделанной работы, можно сделать выводы:

- Эффективная температура на территории Москвы имеет ход значений от -20 до 30 градусов.

- Физиологическая нагрузка, согласно классификации для показателя ET, в большинстве случаев оценивается как «умеренно холодно» (id= -4) и «очень прохладно» (id= -3).

- По индексу патогенности за 5-летний ряд наблюдений, согласно классификации, выявлено наибольшее количество случаев раздражающего действия погодных условий на человека (45%) от общего числа, оптимального действия 37% случаев и 18% острого действия.

- На основе сезонного анализа индекса патогенности было выявлено, что наименее благоприятным периодом является зимний, когда в 83% случаев индекс патогенности принимает значения более 18, что классифицируется как сильно раздражающее (35%) и острое действие (48%) погодных условий на человека. Наиболее благоприятный период – летний, значения индекса патогенности в 80% случаев не превышают 16, оптимальные погодные условия наблюдались в 58% случаев, слабо раздражающие в 22% случаев.

Оценка биометеорологических показателей может быть использована при организации жизнедеятельности населения, сфере туризма и для организации профилактических мероприятий для населения работниками здравоохранения.

Список использованной литературы.

1. Головина Е. Г., Русанов В. И. Некоторые вопросы биометеорологии. СПб, 1993 г. - с.13-17.
2. Климат, погода, экология Москвы. Гидрометеиздат, 1995 г. – с.362-370.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 8. Москва и Московская область. 1990 г.
4. Чубуков Л. А. Комплексная климатология. // Изд. АН СССР, М.- Л., 1949.
5. Ассман Д. Чувствительность человека к погоде. – Ленинград, 1966
6. Григорьев И.И., Григорьев А.И., Григорьев К.И., Медицинская керосология (погода и организм человека). – Москва, Академия труда и Социальных Отношений, 1997.
7. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1971 г.
8. Ткачук С.В. Сравнительный анализ биоклиматических индексов для прогноза с использованием мезомасштабной модели // Ученые записки РГГМУ. – 2011.
9. Матвеев Л. Т. Особенности метеорологического режима большого города. – Метеорология и гидрология, 1979, № 5.
10. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Курс климатологии, ч. 1 и 2. – Л.: Гидрометиздат, 1952 г.
11. Будыко М.И. Изменение климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1974.
12. Климат Москвы. Гидрометеорологическое издательство Ленинград. 1969.
13. Исаев А.А. Экологическая климатология - Москва. Научный Мир 2001.
14. Мизун Ю. Космос и здоровье: Как уберечь себя и избежать болезней. – М.: Вече, АСТ, 1998.

15. Оценка природных и антропогенных факторов. Санкт-Петербург
2003. 12 с.
16. Интернет: <http://www.ecologylife.ru>