

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 Особенности температурного режима и режима осадков в Москве и
Подмосковье

Исполнитель Носова Дарина Олеговна
(фамилия, имя, отчество)

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

Кашлева Лариса Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

« 12 » 06 2020 г.

Санкт–Петербург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Теоретические положения о климате, острове тепла и острове сухости/влажности.	5
1.1 Понятие острова тепла.....	6
1.2 Причины образования.....	8
1.3 Влияние городского острова тепла	9
1.4 Понятие острова сухости.....	11
1.5 Спутниковое изучение острова тепла	12
Глава 2. Физико-географические и климатические описания.....	14
2.1 Физико-географическое описание Москвы.....	14
2.2 Климат Москвы	15
2.3 Физико-географическое описание Московской области.....	18
2.4 Климат Московской области	19
Глава 3. Анализ температурного режима и режима осадков на территории Москвы и Московской области 2017-2019 гг.....	23
3.1 Исходные данные	23
3.2 Анализ температурного режима на территории Москвы и Московской области 2017-2019 гг.....	25
3.3. Анализ режима осадков на территории Москвы и Московской области 2017-2019 гг	35
3.3 Анализ особенностей острова тепла на территории Москвы за 2017-2019 гг	41
Заключение	44
Список использованной литературы.....	46

Введение

Изучение климата всегда являлось важной задачей для общества. Тем более в современных реалиях, когда все чаще наблюдаются различные погодные аномалии, влияющие на жизнь всех живых существ на планете. Одной из таких аномалий является глобальное потепление. Существует множество версий, объясняющих повышение среднегодовой температуры воздуха на протяжении последних десятилетий. Однако основной все же считается усиление индустриальной деятельности человека. За последние сто лет (1907-2006 гг.) температура воздуха на земной поверхности увеличилась в среднем на $0,74^{\circ}\text{C}$, несколько выше этот показатель в России – $1,29^{\circ}\text{C}$ [5].

Главной особенностью температурного режима и режима осадков Москвы и Московской области можно назвать наличие так называемого острова тепла/холода и острова повышенной сухости/влажности на территории мегаполиса. На ней и будет сделан акцент при написании труда.

В связи с глобальным потеплением, растущим населением и развивающейся инфраструктурой города и области, выбранная тема выпускной квалификационной работы является актуальной, т.к. проведенный анализ покажет насколько увеличились показатели интенсивности острова тепла и острова влажности в течение нескольких лет, а также какое влияние оказывает выявленная тенденция на жителей Москвы и Подмосковья.

Целью данной работы являются выявление особенностей и мониторинг температурного режима и режима осадков на территории, взятой для рассмотрения.

Задачи: сбор данных с 2017 по 2019 года, их обработка и анализ с последующим составлением графиков и таблиц для изучения темы работы.

В первой главе будут рассматриваться понятия о климате, острове тепла/сухости.

Вторая глава будет посвящена физико-географическому описанию области исследования.

Содержание третьей главы будет иметь в составе практическую часть работы, которая будет включать в себя выводы, позволяющие сделать оценку текущей ситуации относительно температуры и влажности.

В заключении отобразятся полученные результаты и окончательные выводы по итогу проведенного исследования.

Глава 1. Теоретические положения о климате, острове тепла и острове сухости/влажности.

В первой главе будут рассматриваться основные понятия и определения, которые вошли в основу данной работы, и на которые хотелось бы обратить внимание для более глубокого понимания текста исследования.

Климат данной местности можно определить как характерный для нее многолетний режим погоды, обусловленный солнечной радиацией, ее преобразованиями в деятельном слое земной поверхности и связанной с ними циркуляцией атмосферы и океанов[7]. Основными факторами его формирования являются:

1. Солнечная радиация – фактор, определяющий поступление солнечной энергии на те или иные участки земной поверхности. Количество тепла определяется географической широтой. От количества тепла напрямую зависят все жизненные процессы на Земле, а также другие показатели климата – давление, облачность, осадки и т.д.;
2. Циркуляция атмосферы – фактор, устанавливающий движение воздушных масс. Благодаря этому осуществляется межширотный обмен воздуха, а также распределение его от поверхности в верхние слои атмосферы и наоборот;
3. Рельеф – фактор, качественно изменяющий влияние двух первых климатообразующих факторов. Горы и хребты, имеющие специфический температурный режим и режим осадков в зависимости от экспозиции, ориентации склонов и их высоты, могут отражать большое количество солнечной энергии, создавать большие затененные территории. Горы служат механическими преградами на пути движения воздушных масс и фронтов. В ряде случаев являются границами климатических областей.

Мезоклимат – это климат сравнительно небольших территорий. Например, небольшого города или городского района. По масштабу занимает место между

макроклиматом и микроклиматом. В значительной степени определяется особенностями земной поверхности в данном районе (ее топографией, характером почвы, растительным покровом, городской застройкой и т.п.). Влияние этих особенностей прослеживается в слое воздуха до 500-1000 м и более. Возникновение явлений, относящихся к местному климату, всегда связано с определенной синоптической ситуацией или с процессами свободной атмосферы. Горизонтальный масштаб мезоклиматических возмущений под влиянием неоднородностей подстилающей поверхности обычно «захватывает» территорию площадью 10-50 км² и более, включая, таким образом микроклиматические вариации, характерные для того или иного местного климата. Обычно характеризуется статистическими выводами из многолетнего ряда наблюдений метеорологической станции данного района.

Микроклимат объединяет явления, происходящие в слое воздуха, измеряемом 1,5-2,0 м над поверхностью почвы, в непосредственной зависимости от узкоместных свойств деятельного слоя: микрорельефа, характера растительности и т.п. Отличительной особенностью приземного слоя воздуха являются исключительно большие вертикальные градиенты температуры, ветра и влажности. Если пересчитать градиенты температуры воздуха на 100 м, то они будут выражаться сотнями и даже тысячами градусов. Эти явления не выходят обычно за пределы указанного слоя воздуха, но они имеют очень большое практическое значение, так как именно в этом слое протекает большая часть деятельности человека, здесь произрастают растения, и именно этот слой наиболее доступен активному воздействию человека [12].

1.1 Понятие острова тепла

Необходимо рассмотреть понятие острова тепла. Его открыл в 1818 году ученый Люк Говард, он измерял температуру в Лондоне и за его пределами. Это метеорологическое явление, заключающееся в увеличении температуры воздуха над городом по сравнению с окружающей его областью.

Интенсивность оценивается как разность температур между центральной частью города и ближайшей местностью. Изменяется во времени и пространстве под влиянием метеорологических условий и характеристиками города. Согласно существующим представлениям формирование городского «острова тепла» происходит в результате:

1. большого поглощения коротковолновой радиации (в дневные часы) конструкциями зданий, покрытиями дорог и т.д.;
2. уменьшения эффективного излучения вследствие большей закрытости горизонта (меньше площадь открытого неба);
3. увеличения приходящей длинноволновой радиации из-за большего противоизлучения загрязненной городской атмосферы;
4. уменьшения затрат тепла на испарение почвой вследствие отведения воды канализационными системами;
5. уменьшение потерь тепла за счет ослабления турбулентного обмена по вертикали при меньшей скорости ветра в городе;
6. выделения антропогенной тепла (сжигание топлива, отопление, работа электрических установок и приборов и т.д.).

Важной характеристикой является изменчивость интенсивности острова тепла в зависимости от времени суток, сезона года и особенностей синоптических условий. Установлено, что суточный ход для большинства городов подчиняется общей закономерности, согласно которой днем наблюдается минимум интенсивности, а вечером или ночью – максимум, что связано с особенностями теплового баланса (днем город эффективно аккумулирует тепло, а затем медленно выделяет его ночью), а также с суточным циклом стратификации атмосферы[1].

Для относительной влажности и ее абсолютных характеристик воздействие мегаполиса на влажность воздуха проявляется по-разному. Для крупных населенных пунктов умеренных широт считается, что в дневное время в городе парциальное давление водяного пара несколько меньше, чем за городом, это связано с меньшей долей поверхности, занятой растительностью и открытой

почвой, и как следствие менее интенсивными процессами испарения и эвапотранспирации, что формирует так называемый городской остров сухости. Вечером и ночью испарение с открытой почвы и эвапотранспирация растений ослабевают, а по мере выхолаживания воздух приближается к состоянию насыщения. Но за счет влияния острова тепла, интенсивность которого в это время достигает максимума, точка росы в городе достигается реже и позже, чем на фоновых станциях, и воздух дольше остается ненасыщенным, в результате его влагосодержание превышает фоновые значения и формируется городской остров влажности.

1.2 Причины образования

Есть много причин образования области тепла. Когда дома, магазины и промышленные здания строятся близко друг к другу, это может создать остров тепла. Строительные материалы обычно очень хорошо изолируют или удерживают тепло. Эта изоляция делает зоны вокруг зданий более теплыми. Люди и их инструменты, такие как автомобили и фабрики всегда сжигают энергию, независимо от того, бегают ли они трусцой, водят машину или просто живут своей повседневной жизнью. Энергия, которую люди сжигают, обычно преобразуется в тепло. А если в одном районе много людей, то это очень много тепла.

Городские районы плотно заселены, а это значит, что на небольшом пространстве живет много людей. Здания строятся очень близко друг к другу. Когда нет больше места для расширения городской территории, инженеры строят вверх, создавая небоскребы. Вся эта конструкция означает отработанное тепло. Оно задерживается внутри и между постройками.

Ночные температуры остаются высокими, потому что здания, тротуары и автостоянки блокируют тепло, идущее от земли и поднимающееся в холодное ночное небо.

Могут иметь низкое качество воздуха по сравнению с окружающей территорией, потому что в нем содержится больше загрязняющих веществ (отходы транспортных средств, промышленности и людей). Эти вещества блокируются от рассеивания и становятся более токсичными. Страдает и качество воды. Когда теплая вода из города попадает в местные ручьи, это влияет на местные виды животных, которые приспособлены к жизни в более прохладной водной среде.

Ученые изучают, как городские острова тепла могут способствовать глобальному потеплению, самой последней модели изменения климата, которая включает в себя постепенное потепления температуры Земли.

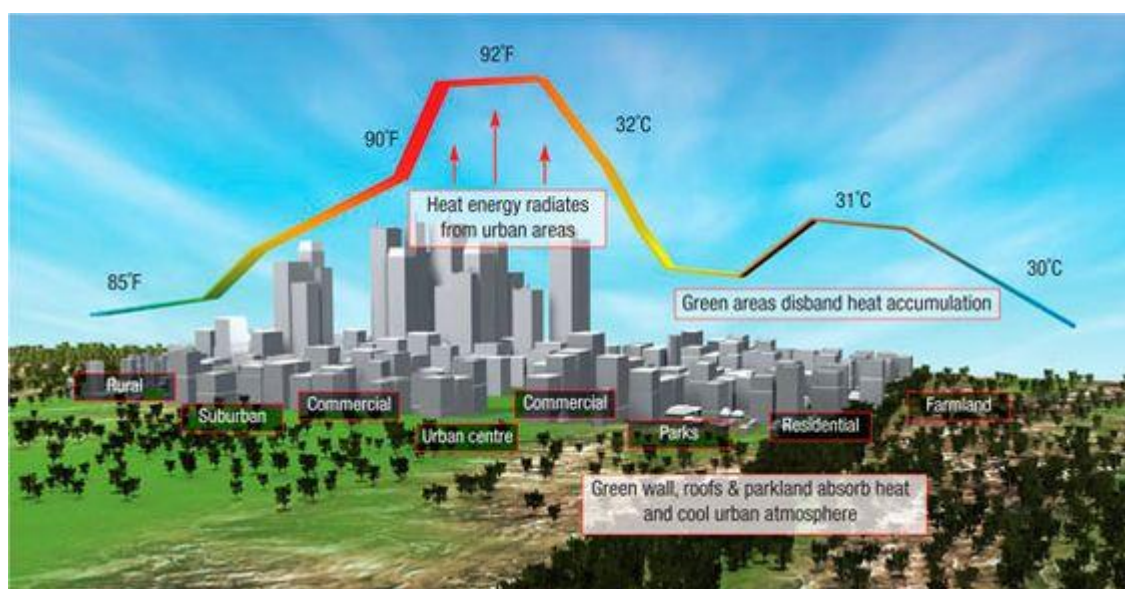


Рисунок 1.1 Образование острова тепла над городом

1.3 Влияние городского острова тепла

1. Повышенное потребление энергии.

Повышенные температуры летом в городах усиливают потребность в энергии для кондиционирования воздуха. Исследования показывают, что спрос на электроэнергию для охлаждения воздуха увеличивается в диапазоне от 1,5

до 2%. Это означает, что повышенные требования к использованию электроприборов способствуют более высоким счетам. Кроме того, в периоды обострения городских островов тепла возникающий спрос может привести к перегрузке систем, что может привести к отключению обеспечивающих население предприятий.

2. Повышенные выбросы парниковых газов и загрязнение воздуха.

Как уже объяснялось ранее, ОТ повышает спрос на электроэнергию в летний период. В результате электростанции вынуждены поставлять необходимую дополнительную энергию, и поскольку они используют ископаемое топливо, происходит увеличение выбросов парниковых газов и загрязнителей воздуха. К таким газам можно отнести монооксид углерода (CO), диоксид углерода (CO₂), диоксид серы (SO₂), оксиды азота (NO_x), твердые частицы и ртуть (Hg). Увеличение выбросов вызывает глобальное потепление и изменение климата, в то время как загрязняющие вещества негативно влияют на здоровье человека.

3. Опасность для водных систем.

Высокие температуры в городских районах означают нагрев крыш и тротуаров. Соответственно, эти поверхности повышают температуру выпавших осадков. Эти ливневые воды представляют собой сток, который поступает в ливневые дренажные системы, из которых, в свою очередь, вода поступает в пруды, ручьи, реки, озера и океаны. Это очень пагубно влияет на экосистему объекта, особенно на размножение и метаболизм водных видов.

4. Дискомфорт и опасность для здоровья человека.

На здоровье человека негативно влияют повышенный общий дискомфорт, истощение, связанная с жарой смертность, проблемы с дыханием, головные боли, тепловой удар и тепловые судороги.

Могут возникать аномальные погодные периоды, которые могут серьезно повлиять на здоровье чувствительных и уязвимых групп населения, таких как пожилые люди, дети и люди с погодно-чувствительными условиями здоровья.

Обострение тепловых явлений или внезапное повышение температуры могут привести к более высоким показателям смертности.

5. Вторичное воздействие на погоду и климат.

Включает в себя изменение характера местного ветра, образование тумана и облаков, скорость выпадения осадков и влажность воздуха. Необычная жара способствует более интенсивному движению восходящего воздуха, что может стимулировать активность грозы и осадков. Кроме того, создается локальная зона низкого давления, где холодный воздух из соседних областей сходится, что вызывает образование облаков и дождя. Это увеличивает общее количество осадков в городе. Эти изменения могут повлиять на вегетационные сезоны, особенно за счет увеличения продолжительности роста растений и сельскохозяйственных культур.

6. Воздействие на животных.

Большинство видов нуждаются в оптимальных температурах, чтобы колонизировать, использовать и процветать в своих экосистемах. Когда существует остров тепла, создается суровое и жестокое экологическое окружение, которое ограничивает основные виды деятельности организмов, такие как метаболизм, размножение и т.п.

1.4 Понятие острова сухости

Сформулировать рассматриваемое определение можно как зона устойчивого уменьшения относительной влажности в крупных городах.

Воздействие мегаполиса на данную характеристику проявляется по-разному. Для крупных населенных пунктов умеренных широт считается, что в дневное время в городе парциальное давление водяного пара несколько меньше, чем за городом, это связано с меньшей долей поверхности, занятой растительностью и открытой почвой, и как следствие менее интенсивными процессами испарения и эвапотранспирации, что формирует так называемый городской остров

сухости. Вечером и ночью испарение с открытой почвы и эвапотранспирация растений ослабевают, а по мере выхолаживания воздух приближается к состоянию насыщения. Но за счет влияния ОТ, интенсивность которого в это время достигает максимума, точка росы в городе достигается реже и позже, чем на фоновых станциях, и воздух дольше остается ненасыщенным, в результате его влагосодержание превышает фоновые значения и формируется городской остров влажности [1].

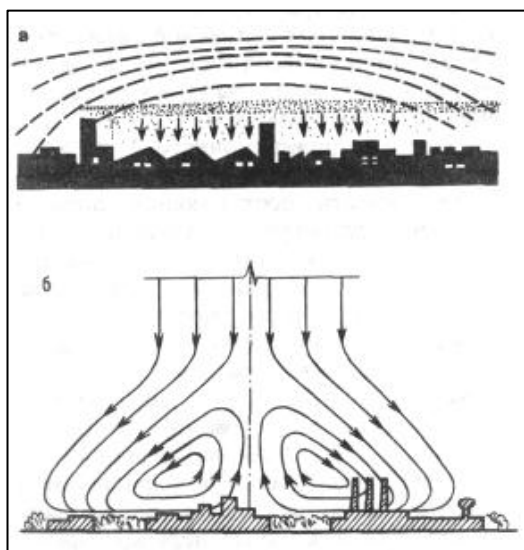


Рисунок 1.1 Схема образования области тепла над городом

1.5 Спутниковое изучение острова тепла

Полученные с помощью спутникового дистанционного зондирования биофизические параметры земного покрова дают большой потенциал для улучшения понимания бюджетов городской поверхностной энергии и наблюдения за городским островом тепла. Особенно высокое разрешение тепловых инфракрасных изображений имеет преимущество обеспечения синхронизированной по времени плотной сетки температурных данных по всему городу и отличительной температурой для отдельных зданий. Такие знания очень важны для таких исследовательских тем, как городская климатология, глобальная климатология.

Цифровой метод дистанционного зондирования обеспечивает не только измерение величины поверхности температуры всего столичного региона, но и пространственную протяженность этого явления. Геопространственные данные наблюдения Земли, предоставляемые мультиспектральными, мультипространственными, многовременными системами спутниковых датчиков являются полезными инструментами для анализа тепловых картин городской поверхности и их связи с окружающей средой.

В исследованиях городских тепловых островов температура поверхности Земли является одной из самых важных биофизических параметров, модулирующей температуру воздуха в нижних слоях атмосферы, имея первостепенное значение для городской среды из-за ее ключевой роли в энергетическом балансе города. Кроме того, температура помогает определить внутренний климат между зданиями, но также влияет на энергетические обмены, влияющие на комфорт городских жителей.

На данный момент на орбите находится комический аппарат гидрометеорологического обеспечения «Метеор-М» №2-2. У него множество функций, но одна из нас интересующих - это измерение радиационной температуры поверхности. Ее можно использовать для мониторинга и прогнозирования острова тепла.

Глава 2. Физико-географические описания

2.1 Физико-географическое описание Москвы

Москва расположена в центре Восточно-Европейской равнины. Географические координаты 55°45' северной широты и 37°36' восточной долготы. Город находится на Русской плите, входящей в состав Восточно-Европейской платформы, на стыке таких орографических структур как: Смоленско-Московская возвышенность на западе, Москворецко-Окская равнина на востоке и Мещерская низменность на юго-востоке, в междуречье Оки и Волги. По состоянию на 2020 г. площадь - 2561,5 км². Средняя высота над уровнем моря 156 м. Самая высокая точка находится на Теплостанской возвышенности - 255 м, самая низкая – вблизи Бесединских мостов, где Москва-река покидает город – 114,2 м. В пределах Москвы различаются невысокие возвышенности: Боровицкая, Сретенская, Тверская, Трехгорье на Пресне, Воробьевы горы, Таганка и Лефортово. Ее территорию можно считать равнинной. С северо-запада на юго-восток город пересекает Москва-река – основная водная артерия. Столица находится на стыке 3-х природных областей с различными типами рельефов. На юго-западе Теплостанская ледниковая возвышенность, заканчивающаяся около Москвы-реки Воробьевыми горами. Мещерская низменность – на востоке и юго-востоке. Выделяется достаточно плоским рельефом и заболоченностью. На севере – Клинско-Дмитровская моренная гряда. Для каждой из областей свойственный собственный оригинальный ландшафт. Современные лесные массивы Москвы в основной массе считаются искусственного происхождения, обращенные в парковые зоны. На северо-востоке непосредственно рядом с городом находится настоящий лес – Лосиный остров. Характерной особенностью распланировки столицы считается ее радиально-кольцевая структура центральной части города. Основным водотоком столицы является

река Москва или Москва-река, пересекающая ее с северо-запада на юго-восток. Реки Сетунь и Яуза, а также «коллекторные» небольшие реки (Пресня, Неглинная) питают «водную артерию».

2.2 Климат Москвы

На климат города проявляет воздействие географическое положение (в зоне умеренного климата в центре Восточно-Европейской равнины, что дает возможность волнам тепла и холода). Также отсутствие крупных водоемов, что содействует довольно большим температурным амплитудам. Следует отметить воздействие Гольфстрима, спровоцированное атлантическими и средиземноморскими циклонами, обеспечивающими сравнительно высокую температуру зимой относительно других населенных пунктов. Москва имеет влажный континентальный климат с теплым, иногда жарким, несколько влажным летом и долгой, холодной зимой. Климатическая зона Москвы, которая расположена на территории Северного полушария, отличается тем, что за последние 50 лет здесь наблюдается потепление. Здесь четко выражена сезонность: теплое лето, умеренно холодная зима. Это отражается в значительном увеличении количества жарких дней в году и зимы наступают позднее и мягче. Типичные высокие температуры в теплые месяцы июня, июля и августа составляют около 23°C , но во время тепловых волн, которые могут произойти в любое время с мая по сентябрь, дневные максимумы часто достигают 30°C в течение иногда одной или двух недель. Зимой температура обычно падает примерно до -10°C , хотя могут быть периоды тепла с повышением выше 0°C . Лето длится с середины мая до начала сентября. Зима длится с начала ноября до конца марта.

Самая высокая зафиксированная температура составила $38,2^{\circ}\text{C}$ - 29 июля 2010 года, а минимальная была равна -42°C . В 2007 году были зарегистрированы три максимума за январь $+8,6^{\circ}\text{C}$, март $+17,5^{\circ}\text{C}$ и май $33,2^{\circ}\text{C}$. В 2008 году были установлены новые максимумы за декабрь и всю зиму:

+9,6°C. 23 июля 2010 года температура достигла 36,7°C и продолжала расти, пока не достигла 38,2°C (29 июля). В ноябре произошел новый месячный рекордный максимум +14,5°C.

Среднегодовая температура в Москве составляет 5,8°C, но в последнее время (2007,2008,2015) она выше 7°C. В первой половине 20-го века был легкий ночной мороз в конце лета. Самым теплым в истории метеорологических наблюдений стал 2019 год, так как среднегодовая температура была равна 7,8°C, а среднесуточный максимум 11,5°C.

Ежемесячные суммы осадков изменяются минимально в течение всего года, хотя он, как правило, выше в летний период. Июль и август являются рекордными месяцами для выпадения осадков. С апреля по октябрь в Москве случаются случайные грозы.

Согласно статистике, май и сентябрь в Москве чаще всего бывают без морозов. Средние максимумы за все месяцы, включая годовой, были выше. Волны тепла стали более частыми и интенсивными. Волны холода наблюдаются в основном в середине декабря до середины февраля. Пиковые значения тоже стали выше. Порог -30°C достигается очень редко. В последнее время наметилась тенденция не только к более позднему началу климатической зимы. С 2011 года до второй декады апреля погода была холодной и снежной, в таком климате весна практически исчезает, а зимой наступает резкое потепление до +10 .. +15°C. Конец апреля сразу переходит в лето. Декабрь и январь были примерно на 2-3 °C холоднее, чем обычно, а февраль был на 3 °C теплее, чем обычно, но март был действительно очень холодный - средняя температура почти совпала со средним долгосрочным периодом февраля.

Ветровой режим Москвы имеет свои особенности: воздушные потоки втекают в центральную часть города, которые приносят с собой осадки или тепло. Во многом это связано с разницей рельефа и температуры в центре столицы и на периферии. Например, в северном, южном и центральном районах Москвы есть территории с достаточно плотным жилым развитием, которые характеризуются

низкой скоростью ветра (0-2 м/с) по сравнению с пригородами и частыми затишьями весной и летом.

Туманы не редкость в Москве. Их можно наблюдать в течение всего года, но чаще всего они появляются в июне, сентябре и октябре. Возможно, накопление влаги в атмосфере способствует активному влиянию города.

Погода может быть разной в Москве. Это связано с особенностями местности и градостроительства. В центральных районах почти всегда теплее, чем в пригороде. Эта разница наиболее заметна в морозные зимние дни - на этой стадии она может достигать 5-10 °С, хотя обычно она составляет 1-3 °С. Зима покрывает столицу в среднем на 4 месяца при средней температуре 5-10 °С, но в последние годы были сильнейшие морозы для этой полосы, которые достигли -28-38 °С ночью. С конца ноября наблюдается снежный покров, но в декабре оттепели и осадки в виде дождя не редкость. Теплая зима не редкость в феврале, принося в город туман и влажность. Умеренно-континентальный климат Москвы характеризуется четкой сменой времен года, а после оттаявшей весны в конце мая наступает лето с +20 - +25 °С.

В течение года в среднем в столицу поступает 540-650 мм осадков, часто дожди сопровождаются грозами, а пару раз грозы наблюдались даже зимой, а не в обычные - с мая по сентябрь.

Целый год климат Москвы наблюдается 1568 часами солнечного света и 194 днями положительной температуры. Как уже было сказано выше, на формирование московского климата влияет также деятельность человека, точнее, промышленность, плотность населения, асфальтовое или железное покрытие и строительство центра с каменными зданиями.

Все это вместе образует облако тепла над столицей и механически повышает температуру на 1-2 °С круглый год. Это своеобразная особенность климатических условий, поскольку центральная часть города по климатическим данным смещена на 150-200 км ближе к югу, чем его окраина.

Характеризуется устойчивостью барических образований. Зимой наибольшую устойчивость обнаруживают северо-западные циклоны, а летом – местные и южные циклоны[6].

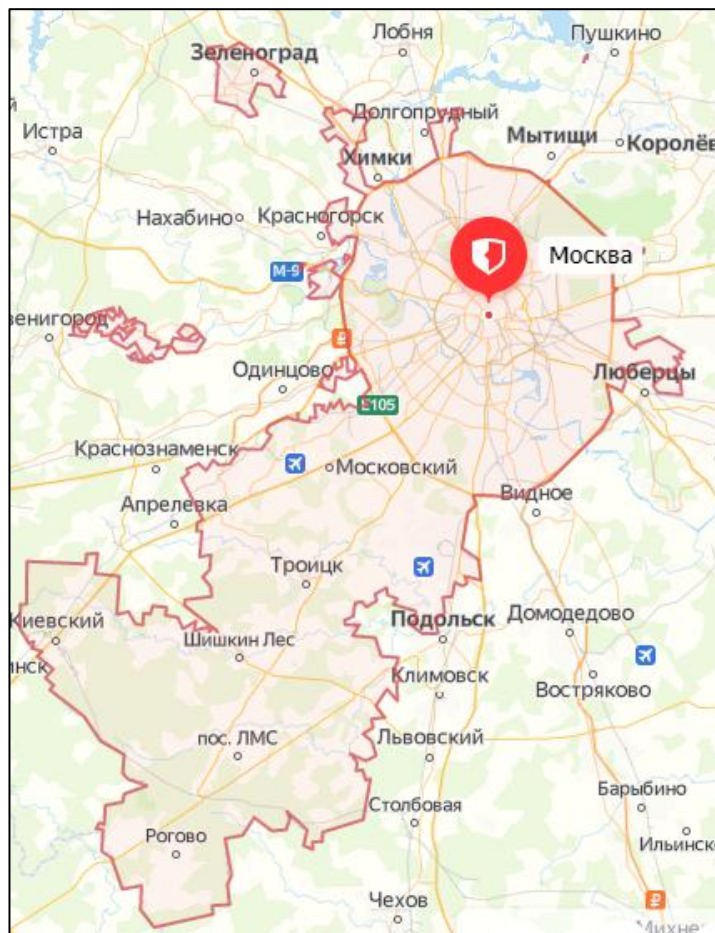


Рисунок 2.1 Схема города Москва на карте

2.3 Физико-географическое описание Московской области

Рассматривая физико-географическое описание Московской области, необходимо отметить, что площадь ее составляет 44329 км². Население 7 690 863 человек.

Область имеет ярко выраженный равнинный рельеф. Западная часть – холмистые возвышенности, а восточная – обширные низменности. С севера и запада находится Смоленско-Московская возвышенность, а на востоке мы видим Мещёрскую низменность. С юго-запада на северо-восток область

пересекает граница Московского оледенения. Почти весь запад и север Московской области занимает Московская возвышенность, где мы видим речные долины. На юге Московской области простирается холмистая Москворецко-Окская равнина, которая является наиболее высокой – 255 метров. Практически всю восточную половину этой области занимает обширная Мещёрская низменность, которая является в восточной части значительно заболоченной. Почти все крупные озёра Мещёрской низменности имеют ледниковое происхождение. Там находится и самая низкая в регионе естественная высота – 95 метров, что является уровнем воды в реке Ока[14].

Гидрографическая сеть Подмосковья относится к бассейну Каспийского моря. Основой питания для рек являются таловые, а также дождевые воды. Главной водной артерией считается река Волга. Не считая ее, тремя крупными реками являются Ока, Москва, Клязьма. Также необходимо отметить большое количество водохранилищ. Общее количество – 13. Самое крупное – Ивановское водохранилище -327 км². Канал имени Москвы, созданный в 1937 г., протекающий через систему из 6-ти водохранилищ, расположен в северной части области. На территории насчитывается более двух тысяч озер разного происхождения (например, водно-ледникового или карстовые).

Основой особенностей растительности Московской области является то, что она лежит на слиянии зоны леса и лесостепи. 40% покрыто лесом.

На востоке (Шатура, Егорьевск, Орехово-Зуево) континентальность климата выражена сильнее. Погода здесь более холодная зимой и более теплая летом. На протяжении года преобладающими ветрами являются юго-восточные и западные, в зимние месяцы – южные и юго-западные.

2.4 Климат Московской области

Климат Московской области — умеренно континентальный, умеренно континентальный влажный с теплым летом, сезонность отчетливо выражена. В восточных и юго-восточных районах континентальность климата выше, что

выражается, в частности, в более низкой температуре зимой и более высокой температуре летом. Климат умеренно-континентальный. Он определен расположением области в центре Русской равнины. Континентальность усиливается с северо-запада на юго-восток. Выраженная сезонность.

Климат на западе Московской области (Можайск, Волоколамск, Истра, Руза, Лотошино, Шаховская) характеризуется относительно холодной зимой и теплым летом. Преобладают южные и западные ветры, штиль наблюдается не часто (повторяемость не более 18 %). Устойчивый снежный покров на западе Московской области наблюдается с декабря по март, включительно.

Северная часть (Дубна, Клин, Дмитров, Сергиев-Посад, Зеленоград) - умеренно-континентальный. Летом преобладают западные ветры, осадков выпадает больше, чем в любое другое время года. Зимой арктические антициклоны могут вызывать похолодания до -40 градусов и ниже.

Южная часть (Кашира, Серпухов, Чехов, Подольск, Коломна) отличается теплым летом и умеренно холодной зимой. Средняя высота снежного покрова 30-50 см.

Самый холодный месяц — январь (средняя температура на западе области -9 °C, на востоке -12 °C). С приходом арктического воздуха наступают сильные морозы (ниже -25 °C), которые длятся до 30 дней в течение зимы (но обычно морозные периоды намного менее продолжительны); в отдельные годы морозы достигали -45 °C (самый низкий абсолютный минимум температур был отмечен в Наро-Фоминске -54 °C). В декабре и феврале часты оттепели, вызываемые атлантическими и (реже) средиземноморскими циклонами; они, как правило, непродолжительны, средняя длительность их 4 дня, общее число с ноября по март — до 50. Летом вторжения арктического воздуха способствуют установлению ясной, безоблачной, обычно тёплой погоды. В случаях длительной задержки антициклона происходит сильное прогревание поверхности и повышение температуры воздуха, что является причиной сильной засухи, возникновения лесных и торфяных пожаров (как, например, в 2010 году). Летом нередко также проникновения тропических воздушных масс

с юга. Вообще характер лета из года в год может существенно меняться: при повышенной циклональной активности лето бывает прохладное и влажное, при устойчивых антициклонах (как арктического, так и тропического происхождения) — сухое и жаркое.

Появление снежного покрова наблюдается в ноябре (хотя иногда он появлялся в конце сентября и в декабре), исчезает он в середине апреля (может и ранее, в конце марта). Постоянный снежный покров устанавливается обычно в конце ноября; высота его составляет 25—50 см; наибольшая высота снежного покрова — на востоке области (Орехово-Зуево и Шатура), а наименьшая — на западе (под Волоколамском) и на юге (к югу от Оки). Промерзание почвы происходит на глубину 65—75 см.

Июль является самым теплым месяцем (средняя температура +18 °С на северо-западе и +20 °С на юго-востоке). Среднегодовое количество осадков 500—700 мм. Наиболее увлажнены северо-западные районы, наименее — юго-восточные. В среднем за каждый летний месяц выпадает 75 мм осадков, однако раз в 25—30 лет в Московской области случаются сильные засухи, когда осадков летом может практически не выпадать. Формирующиеся на Атлантикой, Средиземноморьем, Арктикой циклоны при взаимодействии приходящих с западных воздушных масс непосредственно над Русской равниной, связаны с выпадением осадков. Летом помимо циклональных осадков могут иметь место также конвективные.



Рисунок 2.2 Схема Московской области на карте

Глава 3. Анализ температурного режима и режима осадков на территории Москвы и Московской области 2017-2019 гг.

3.1 Исходные данные

Для исследования выбраны 8 метеорологических станций – 1 станция находится в центре г. Москва (Балчуг), 4 станции расположены в Московской области и еще 4 - в Тверской, Владимирской и Смоленской областях. Для более полного анализа посты выбирались примерно в соответствии со сторонами света и расстоянием от центра столицы. Дополнительные станции не Московской агломерации выбраны с целью продемонстрировать отличие результатов анализа по сравнению с территорией исследования.

Таблица 3.1

Список анализируемых станций

Номер станции	Станция	Сторона света	Расстояние от Москвы, км
27419	Дмитров	север	66
27316	Кашин		178
27523	Павловский Посад	восток	64
27523	Владимир		178
27618	Серпухов	юг	94
27719	Тула		173
27509	Можайск	запад	104
27507	Гагарин		166

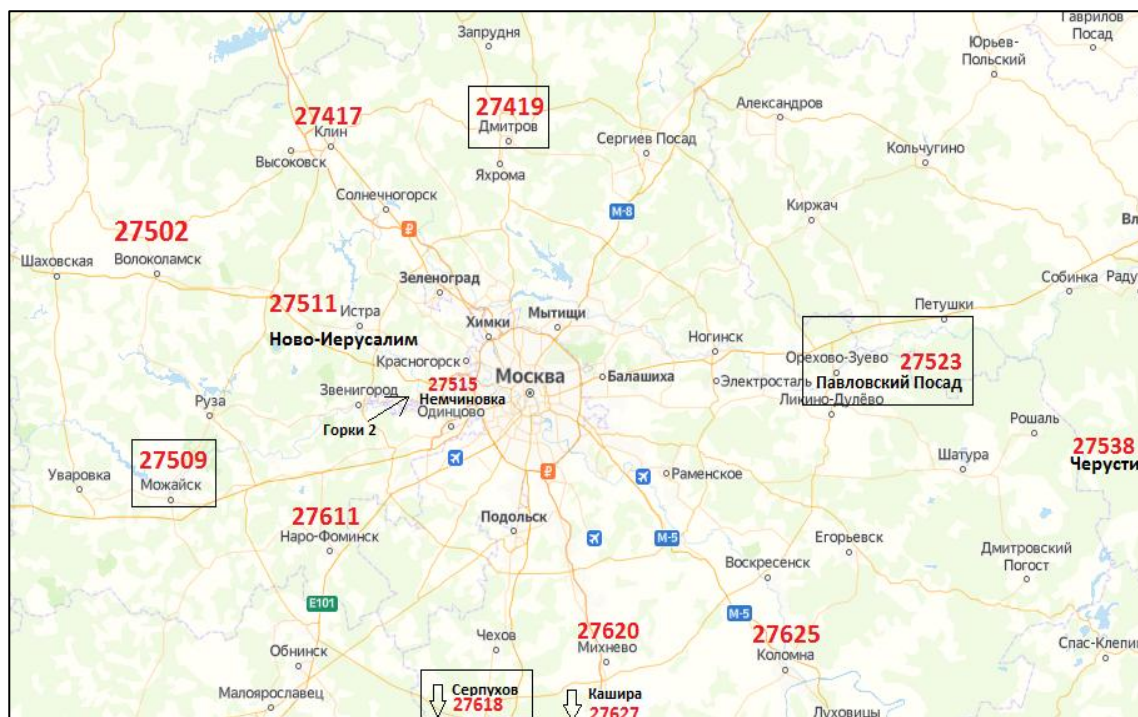


Рисунок 3.1 Схема расположения станций на карте (Подмосковье)

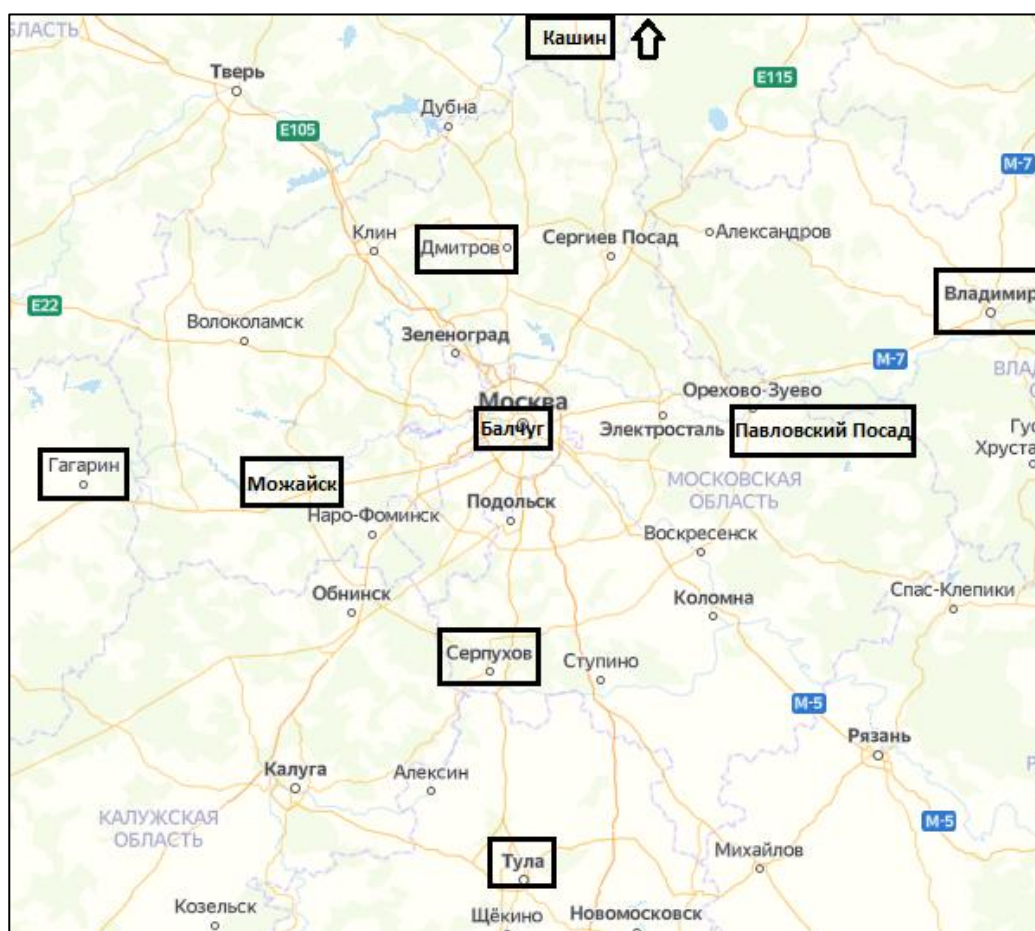


Рисунок 3.2 Схема расположения станций на карте (Области)

3.2 Анализ температурного режима на территории Москвы и Московской области 2017-2019 гг

Рассмотрим годовой ход среднемесячной температуры за каждый выбранный для исследования год (2017 – 2019 гг.).

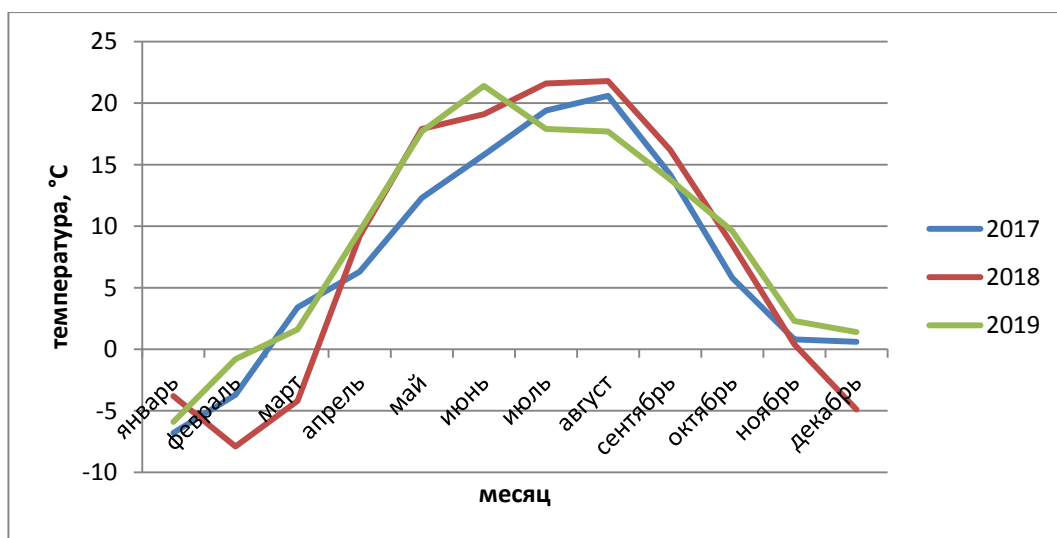


Рисунок 3.3 Годовой ход среднемесячной температуры г. Москва (Балчуг)

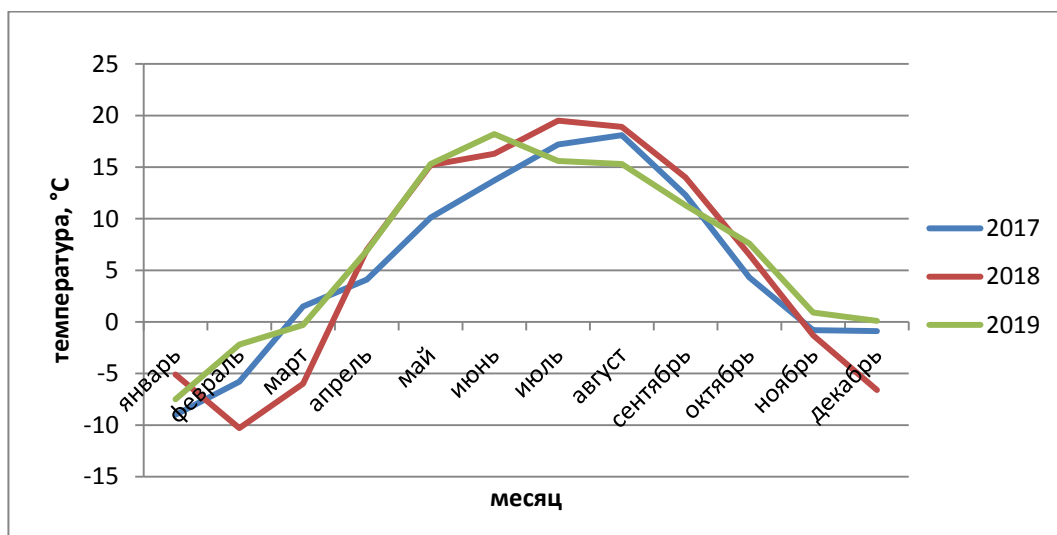


Рисунок 3.4 Годовой ход среднемесячной температуры г. Дмитров

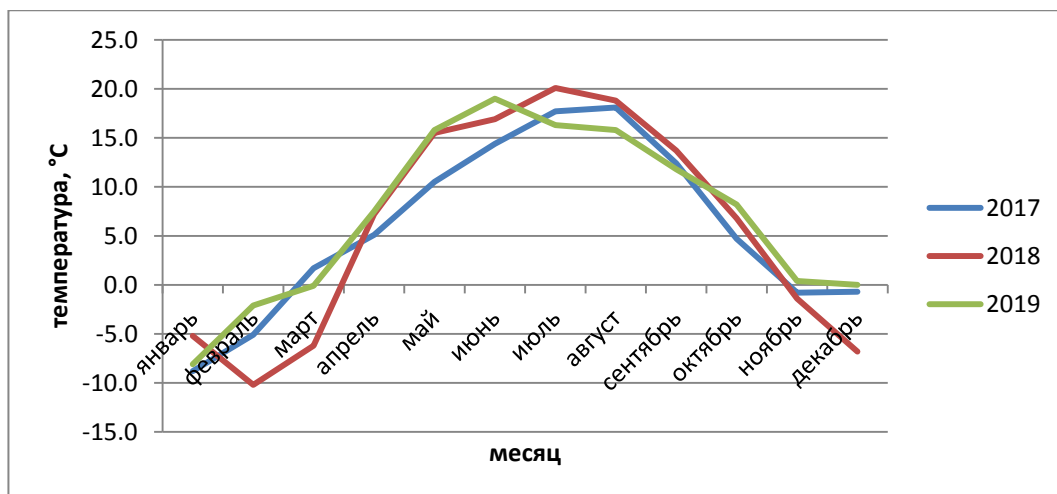


Рисунок 3.5 Годовой ход среднемесячной температуры г. Павловский Посад

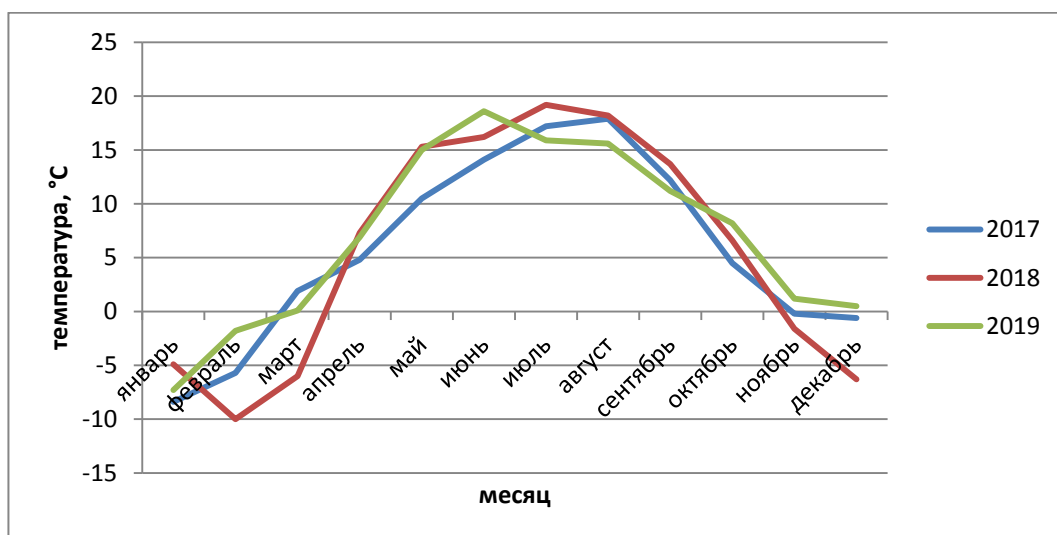


Рисунок 3.6 Годовой ход среднемесячной температуры г. Можайск

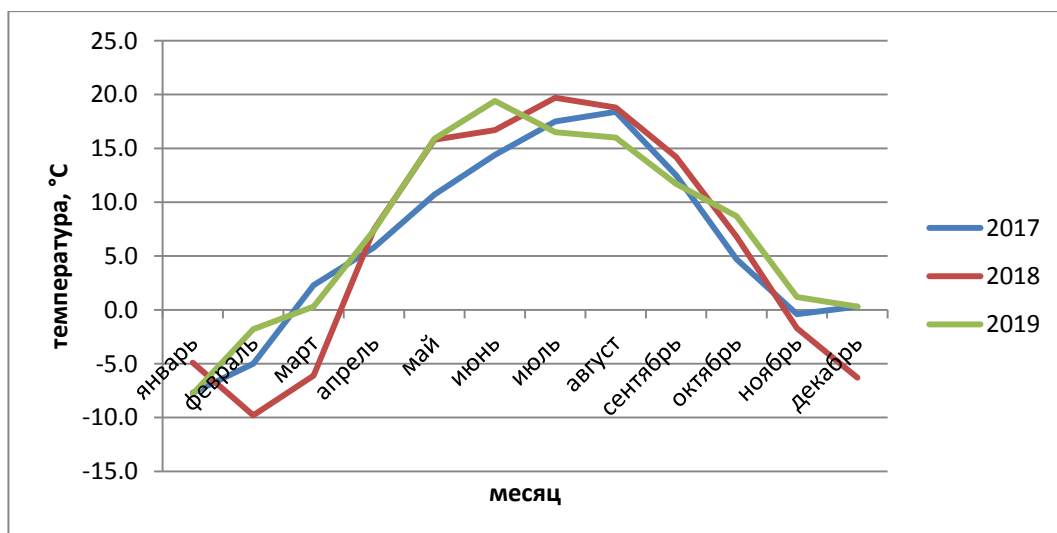


Рисунок 3.7 Годовой ход среднемесячной температуры г. Серпухов

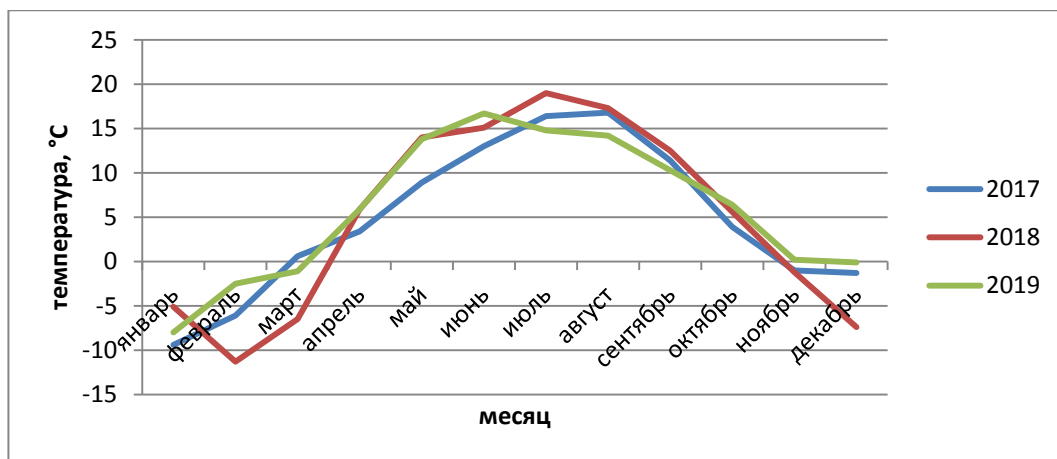


Рисунок 3.8 Годовой ход среднемесячной температуры Кашин

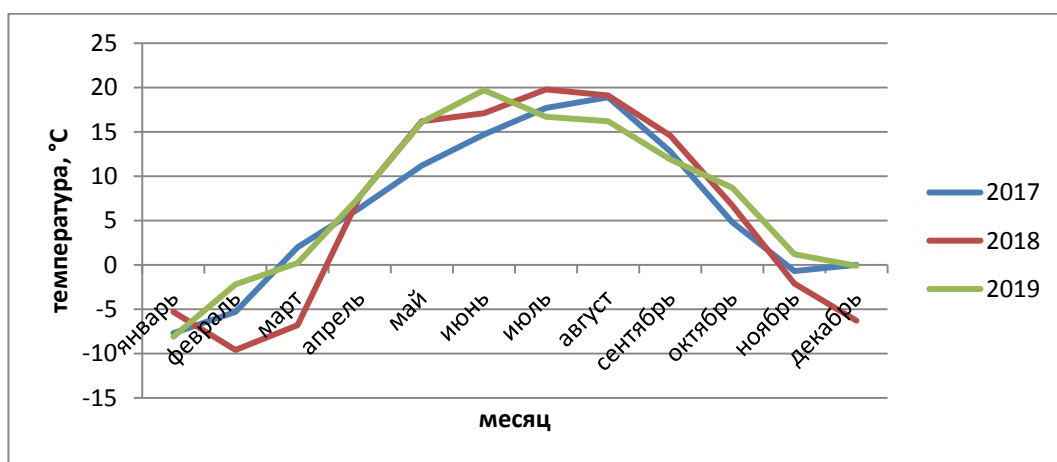


Рисунок 3.9 Годовой ход среднемесячной температуры г. Тула

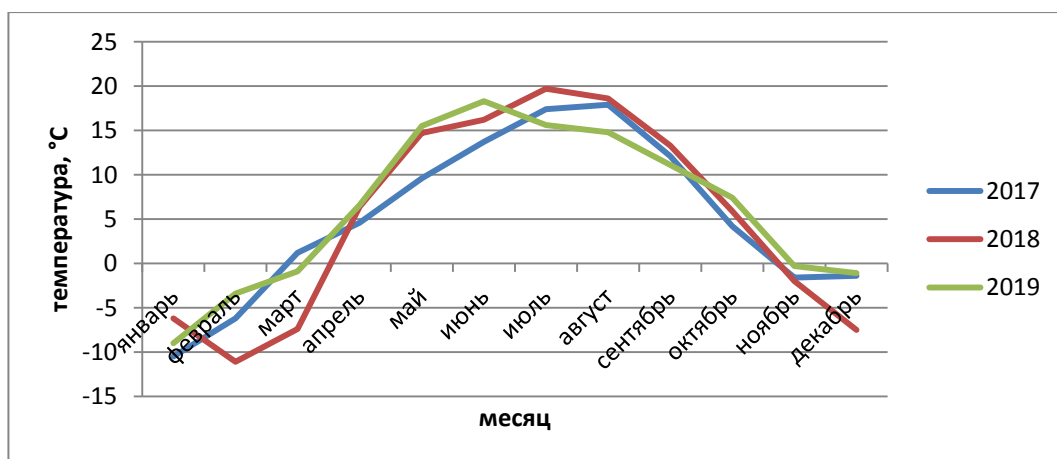


Рисунок 3.10 Годовой ход среднемесячной температуры г. Владимир

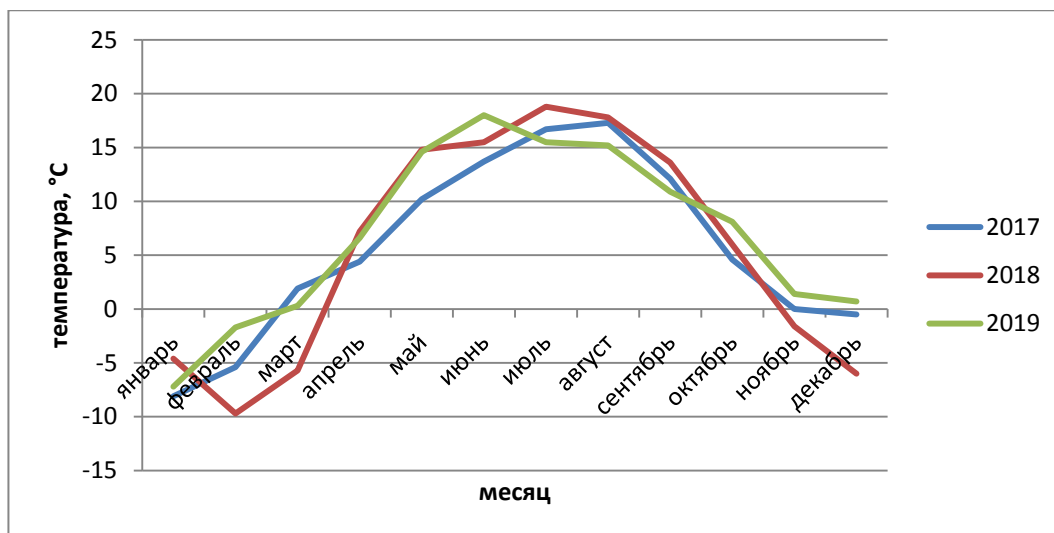


Рисунок 3.11 Годовой ход среднемесячной температуры г. Гагарин

Таблица 3.2

Среднемесячные температуры воздуха за 2017 г.

	Балчуг	Дмитров	Посад	Серпухов	Можайск
январь	-6,8	-9,0	-8,8	-7,7	-8,4
февраль	-3,7	-5,8	-5,1	-5,0	-5,7
март	3,4	1,5	1,7	2,3	1,9
апрель	6,3	4,1	5,1	5,8	4,8
май	12,3	10,1	10,5	10,7	10,5
июнь	15,8	13,7	14,4	14,4	14,1
июль	19,4	17,2	17,7	17,5	17,2
август	20,6	18,1	18,1	18,4	17,9
сентябрь	14,2	12,3	12,4	12,5	12,2
октябрь	5,8	4,3	4,7	4,7	4,5
ноябрь	0,8	-0,8	-0,8	-0,4	-0,2
декабрь	0,6	-0,9	-0,7	0,3	-0,6

Продолжение таблицы 3.2

	Кашин	Тула	Владимир	Гагарин	
январь	-9,4	-7,7	-10,5	-8,1	
февраль	-6,1	-5,3	-6,2	-5,4	
март	0,6	2,0	1,2	1,9	
апрель	3,4	6,4	4,6	4,4	
май	8,9	11,2	9,6	10,2	
июнь	13,0	14,7	13,7	13,7	
июль	16,4	17,7	17,4	16,7	
август	16,8	18,9	17,9	17,3	
сентябрь	11,4	12,8	12,1	12,1	
октябрь	3,9	4,8	4,2	4,6	
ноябрь	-1,0	-0,7	-1,6	0,0	
декабрь	-1,3	0,0	-1,4	-0,5	

Таблица 3.3

Среднемесячные температуры воздуха за 2018 г.

	Балчуг	Дмитров	П. Посад	Серпухов	Можайск
январь	-3,8	-5,1	-5,2	-4,9	-4,9
февраль	-7,9	-10,3	-10,2	-9,8	-10,0
март	-4,2	-6,0	-6,2	-6,1	-6,0
апрель	9,2	7,0	7,2	7,5	7,3
май	17,9	15,2	15,5	15,8	15,3
июнь	19,1	16,3	16,9	16,7	16,2
июль	21,6	19,5	20,1	19,7	19,2
август	21,8	18,9	18,8	18,8	18,2
сентябрь	16,2	14,0	13,7	14,2	13,7
октябрь	8,5	6,5	6,8	6,8	6,6

Продолжение таблицы 3.3

ноябрь	0,4	-1,3	-1,4	-1,7	-1,6
декабрь	-4,9	-6,6	-6,8	-6,3	-6,3
	Кашин	Тула	Владимир	Гагарин	
январь	-5,1	-5,3	-6,2	-4,6	
февраль	-11,3	-9,6	-11,1	-9,7	
март	-6,5	-6,8	-7,4	-5,7	
апрель	5,9	7,7	6,4	7,2	
май	14,0	16,2	14,7	14,8	
июнь	15,1	17,1	16,2	15,5	
июль	19,0	19,8	19,7	18,8	
август	17,3	19,1	18,6	17,8	
сентябрь	12,5	14,6	13,3	13,6	
октябрь	5,6	6,7	5,9	6,0	
ноябрь	-1,2	-2,1	-2,0	-1,6	
декабрь	-7,4	-6,3	-7,5	-6,0	

Таблица 3.4

Среднемесячные температуры воздуха за 2019 г.

	Балчуг	Дмитров	Посад	Серпухов	Можайск
январь	-5,9	-7,5	-8,1	-7,8	-7,3
февраль	-0,8	-2,2	-2,1	-1,8	-1,8
март	1,6	-0,3	-0,1	0,3	0,1
апрель	9,6	6,9	7,5	7,4	6,9
май	17,7	15,3	15,8	15,9	15,0
июнь	21,4	18,2	19,0	19,4	18,6
июль	17,9	15,6	16,3	16,5	15,9
август	17,7	15,3	15,8	16,0	15,6

Продолжение таблицы 3.4

сентябрь	13,8	11,3	11,8	11,7	11,2
октябрь	9,6	7,6	8,2	8,7	8,2
ноябрь	2,3	0,9	0,4	1,2	1,2
декабрь	1,4	0,1	0,0	0,3	0,5
	Кашин	Тула	Владимир	Гагарин	
январь	-8	-8,1	-9	-7,2	
февраль	-2,5	-2,2	-3,4	-1,7	
март	-1,1	0,2	-0,9	0,3	
апрель	5,9	7,7	6,6	6,6	
май	13,8	16,1	15,5	14,6	
июнь	16,7	19,7	18,3	18	
июль	14,8	16,7	15,6	15,5	
август	14,2	16,2	14,8	15,2	
сентябрь	10,3	11,9	11,1	10,9	
октябрь	6,4	8,7	7,4	8,1	
ноябрь	0,2	1,2	-0,3	1,4	
декабрь	-0,1	-0,1	-1,1	0,7	

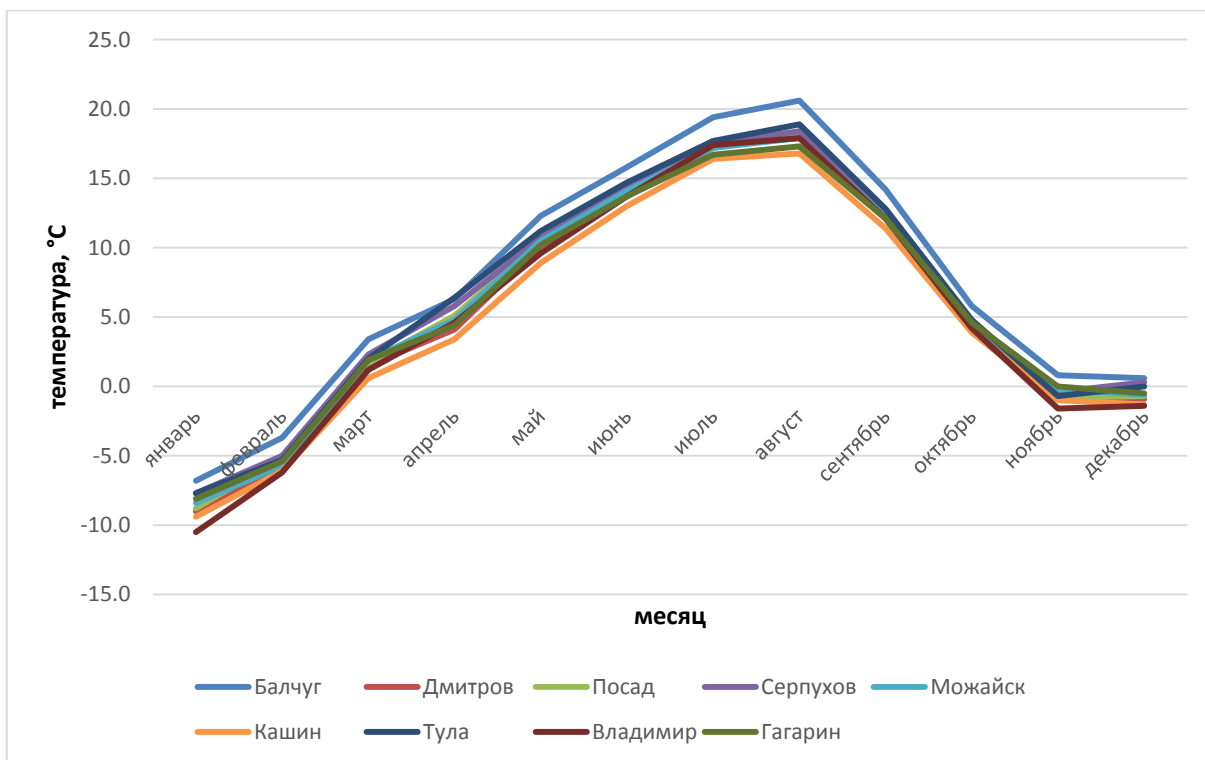


Рисунок 3.12 График хода среднемесячной температуры 2017 г.

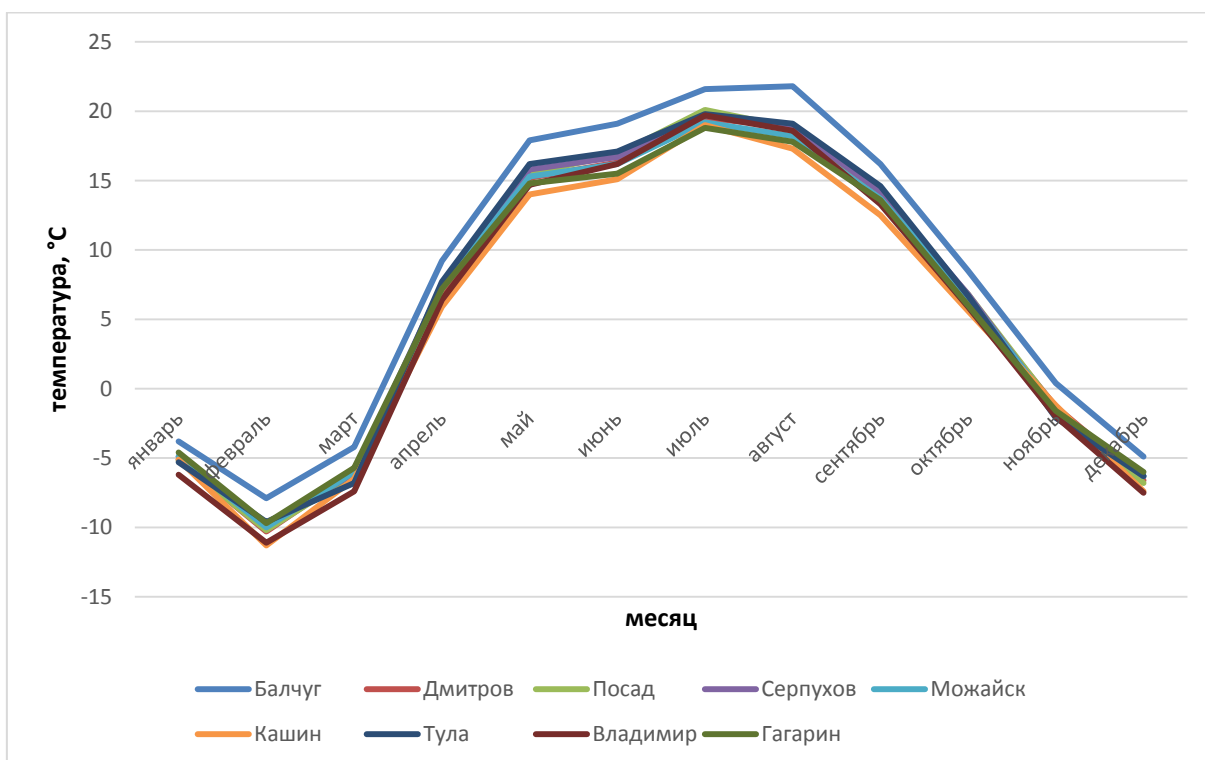


Рисунок 3.13 График хода среднемесячной температуры 2018 г.

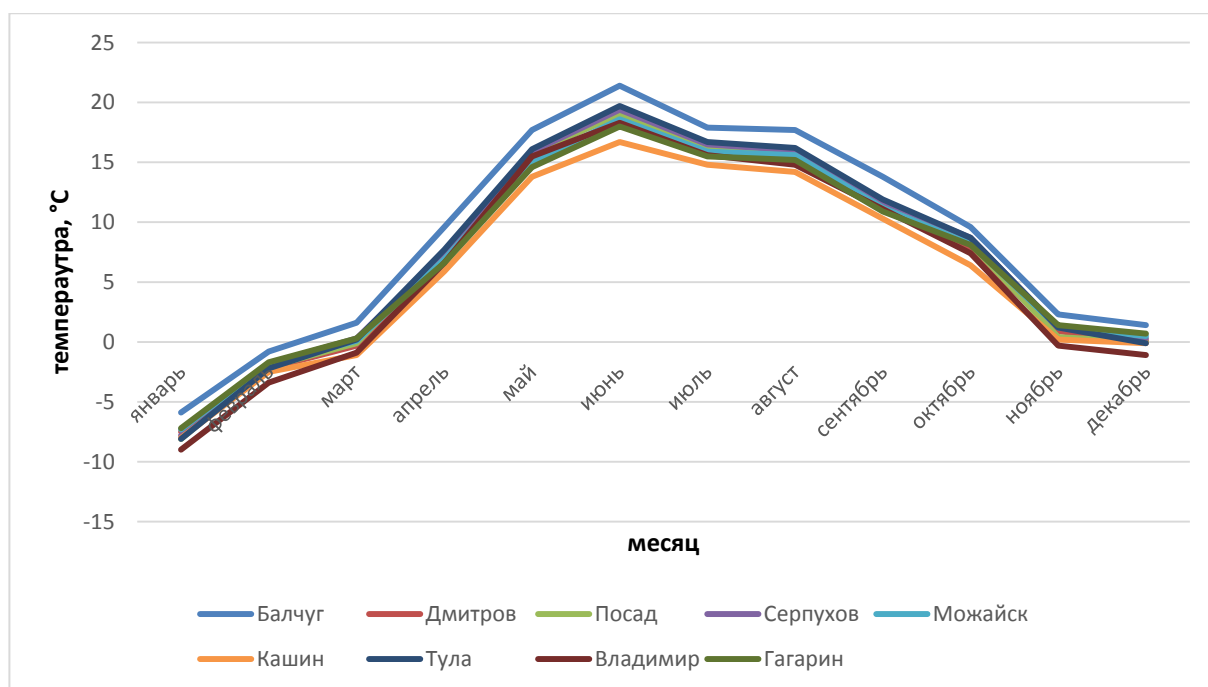


Рисунок 3.14 График хода среднемесячной температуры 2019 г.

Можем отметить, значения имеют общий ход, однако показания станции Балчуг явно выше по сравнению со станциями Московской и других областей, что подтверждает наличие острова тепла на территории города.

Далее приведены таблицы со значениями минимальных и максимальных ежемесячных температур за трехлетний период.

Таблица 3.5

Максимальные и минимальные значения ежемесячных температур

	минимум			максимум		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Балчуг	-27,5	-17,3	-15,1	30,7	30,3	31,1
Дмитров	-33,8	-26,4	-14,2	29,8	29,0	30,0
Посад	-29,6	-23,6	-19,5	30,2	30,8	30,7
Серпухов	-26,7	-26,4	-24,3	29,0	31,3	30,2
Можайск	-31,6	-29,9	-24,1	31,1	31,4	31,9
Кашин	-33,4	-26,5	-20,2	28,1	30,9	29,3
Тула	-26,4	-26,4	-25,7	31,3	32,4	31,9

Продолжение Таблицы 3.5

Владимир	-33,4	-27,9	-21,6	33,1	32,6	31,2
Гагарин	-32,6	-29,0	-25,1	27,9	29,0	29,1
	-33,8	-29,9	-25,7	33,1	32,6	31,9

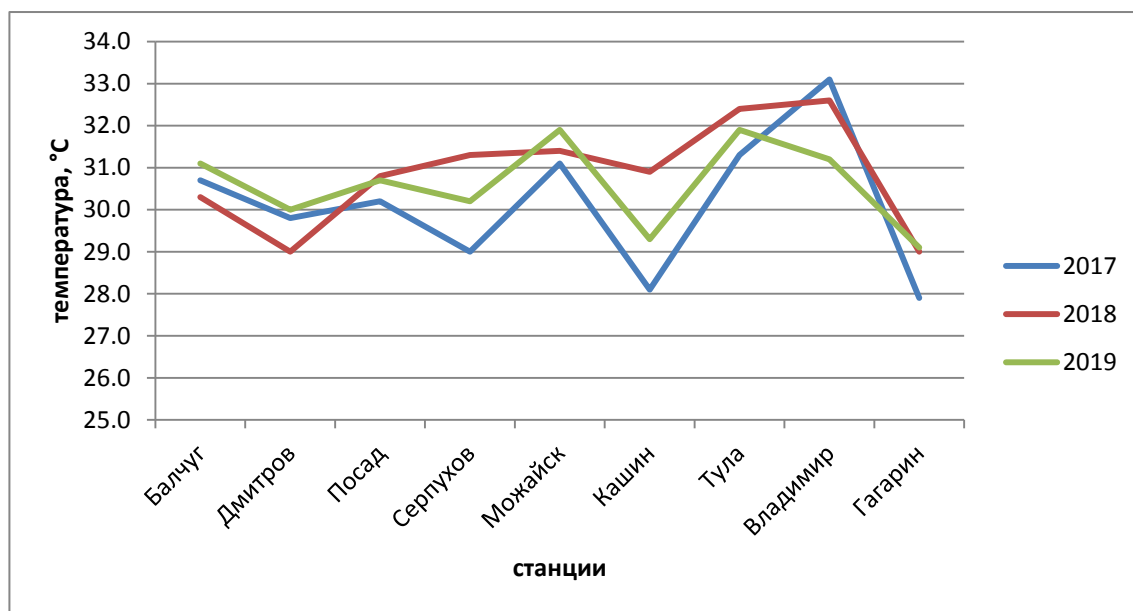


Рисунок 3.15 График хода максимальной температуры

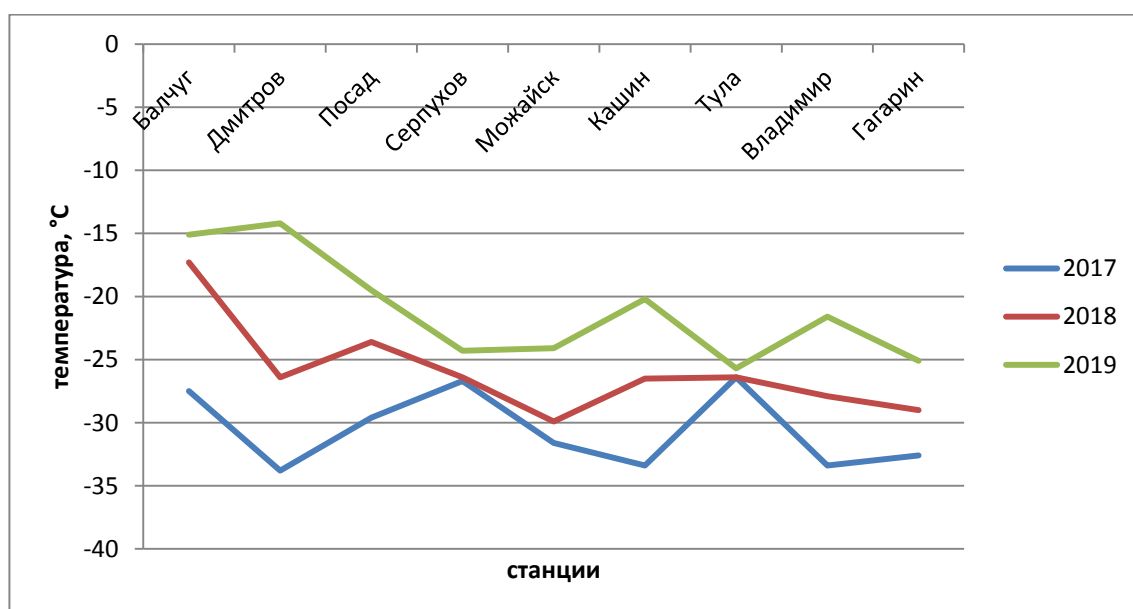


Рисунок 3.16 График хода максимальной температуры

Исходя из данных таблиц, минимальная температура -33,8°С наблюдается в Дмитрове (январь, 2017 год), максимальная 33,1°С во Владимире (январь, 2017 год). По первому графику тенденция на уменьшение, по второму – на увеличение.

3.3. Анализ режима осадков на территории Москвы и Московской области 2017-2019 гг

Таблица 3.6

Суммы осадков за каждый месяц 2017 г.

	Балчуг	Дмитров	Посад	Серпухов	Можайск
январь	45	35	38	35	24
февраль	26	28	28	19	24
март	52	55	57	43	37
апрель	54	89	46	38	65
май	91	52	58	54	63
июнь	116	117	88	76	111
июль	128	87	100	88	88
август	99	27	63	58	36
сентябрь	30	36	44	20	55
октябрь	79	73	61	58	97
ноябрь	38	43	37	29	38
декабрь	86	69	73	67	85
	Кашин	Тула	Владимир	Гагарин	
январь	21	47	25	28	
февраль	28	23	30	23	
март	29	37	53	25	
апрель	56	29	35	92	
май	29	43	60	71	
июнь	86	54	92	112	

Продолжение таблицы 3.6

июль	90	118	114	141	
август	22	60	22	43	
сентябрь	43	49	57	47	
октябрь	78	74	83	87	
ноябрь	33	40	68	53	
декабрь	72	86	76	71	

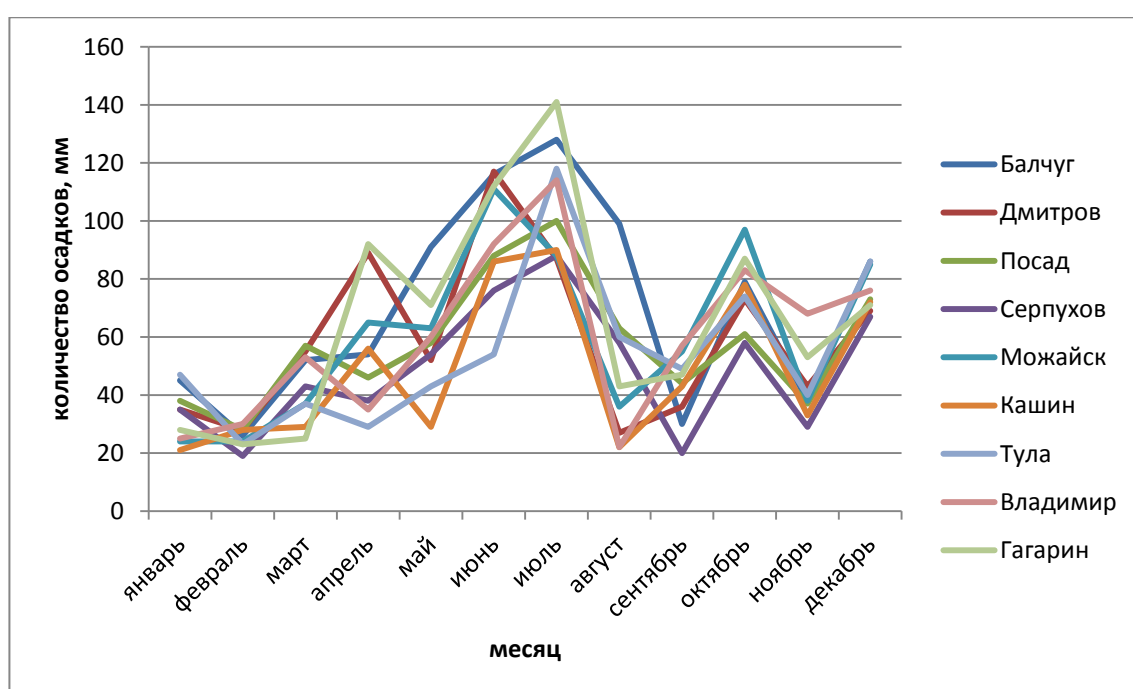


Рисунок 3.17 График распределения осадков по месяцам за 2017 год

Наибольшее количество осадков за месяц было зарегистрировано на станции Гагарин (июль, 141 мм), а наименьшее – в Серпухове (февраль, 19 мм).

Таблица 3.7

Суммы осадков за каждый месяц 2018 г.

	Балчуг	Дмитров	Посад	Серпухов	Можайск
январь	64	41	49	43	37

Продолжение таблицы 3.7

февраль	57	48	44	42	45
март	31	30	26	21	32
апрель	31	45	56	67	21
май	51	54	95	37	26
июнь	24	43	41	18	35
июль	107	61	100	116	134
август	41	25	54	27	70
сентябрь	74	89	69	45	53
октябрь	46	63	38	40	30
ноябрь	13	16	13	15	15
декабрь	52	45	45	48	40
	Кашин	Тула	Владимир	Гагарин	
январь	40	44	41	46	
февраль	21	37	55	47	
март	15	39	26	35	
апрель	42	50	51	23	
май	52	59	25	30	
июнь	38	15	23	70	
июль	75	105	126	102	
август	34	19	16	16	
сентябрь	81	50	50	56	
октябрь	49	42	39	41	
ноябрь	17	14	20	22	
декабрь	34	54	51	42	

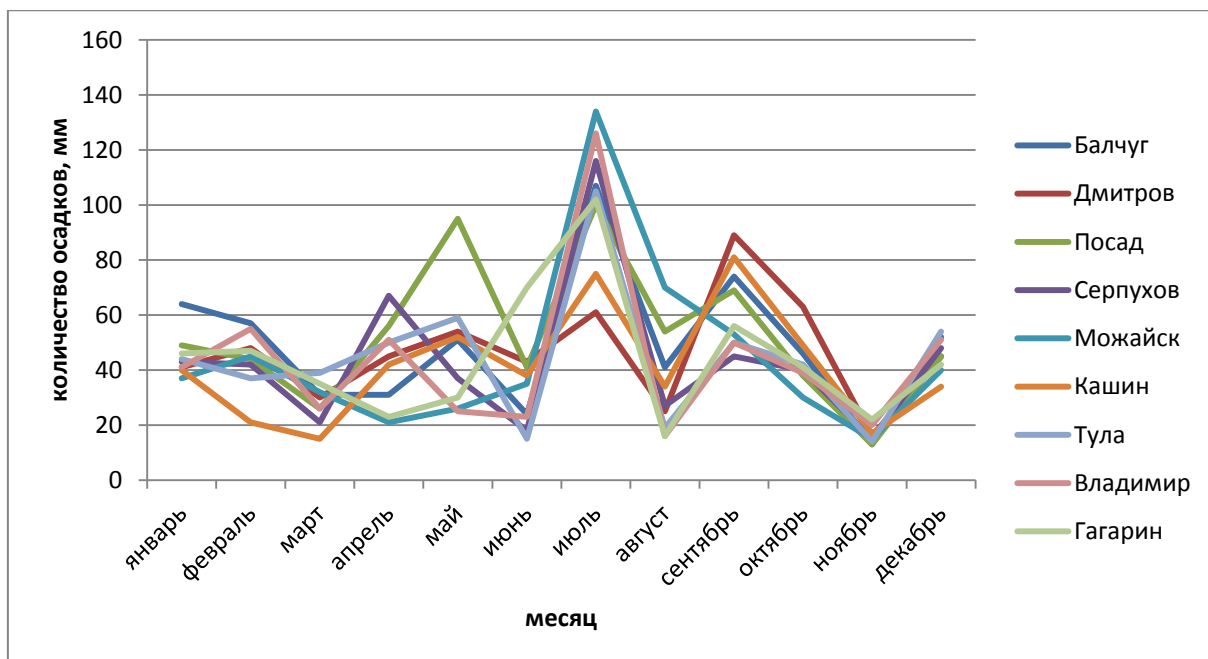


Рисунок 3.18 График распределения осадков по месяцам за 2018 год

Анализируя этот график, наибольшее количество осадков за месяц было зарегистрировано на станции Можайск (июль, 134 мм), а наименьшее – на Балчуге и Павловском Посаде (ноябрь, 13 мм).

Таблица 3.8

Суммы осадков за каждый месяц 2019 г.

	Балчуг	Дмитров	Посад	Серпухов	Можайск
январь	61	52	58	38	46
февраль	35	41	30	34	21
март	38	46	37	19	39
апрель	9	9	15	48	17
май	64	55	62	23	60
июнь	54	87	69	69	53
июль	72	107	105	94	131
август	42	61	63	71	46
сентябрь	18	28	25	20	36
октябрь	51	67	65	61	38

Продолжение таблицы 3.8

ноябрь	29	27	22	21	35
декабрь	24	25	20	16	18
	Кашин	Тула	Владимир	Гагарин	
январь	62	42	54	45	
февраль	25	34	41	22	
март	27	32	31	47	
апрель	26	42	25	18	
май	31	41	35	44	
июнь	80	83	54	90	
июль	98	69	111	112	
август	101	37	87	68	
сентябрь	46	23	35	34	
октябрь	114	50	93	54	
ноябрь	59	19	26	41	
декабрь	30	26	26	37	

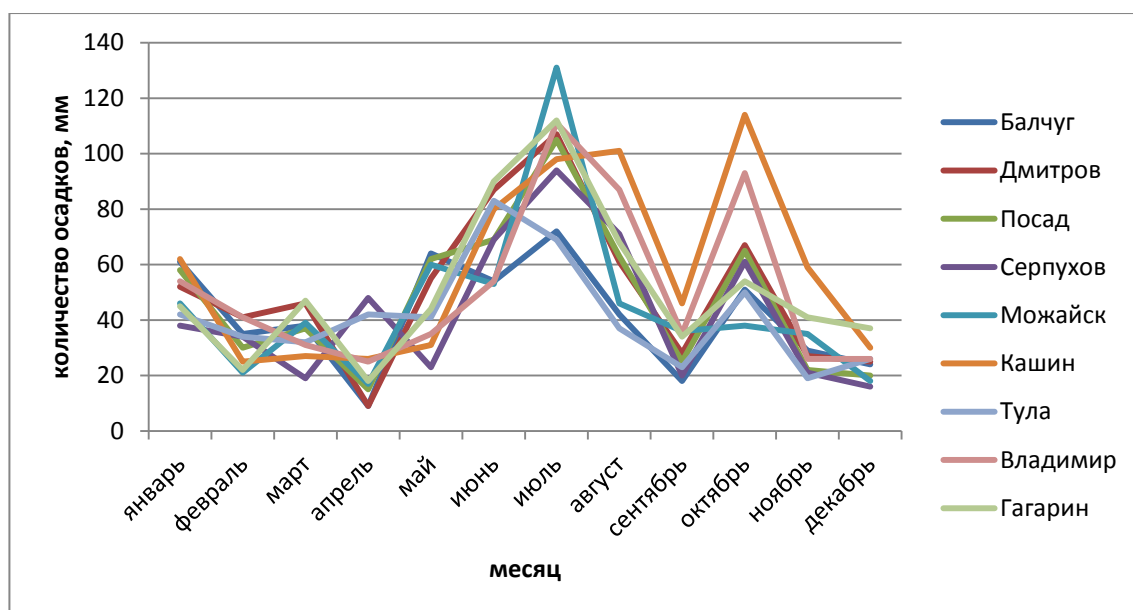


Рисунок 3.19 График распределения осадков по месяцам за 2019 год

Наибольшее количество осадков за месяц наблюдалось в Можайске (июль, 131 мм) и в Кашине (октябрь, 114 мм). Наименьшее количество - на Балчуге и в Дмитрове в апреле - 9 мм.

Делая общие выводы, можно выделить пики, приходящиеся на летние месяцы, на втором месте находится осенний период, а третий – на весну.

Таблица 3.9

Месячные и годовые суммы выпавших осадков

	2017	2018	2019
Балчуг	843	591	497
Дмитров	709	560	604
Посад	693	629	573
Серпухов	583	519	514
Можайск	725	535	545
Кашин	586	499	700
Тула	659	528	498
Владимир	715	522	617
Гагарин	792	522	610
Максимум	843	629	700
Минимум	583	499	497

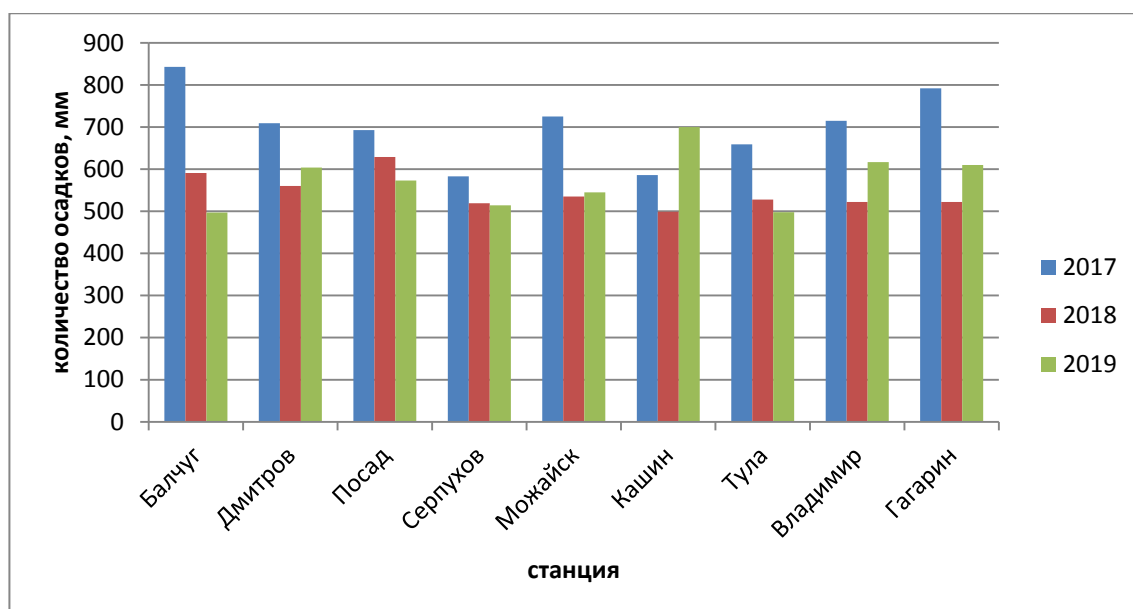


Рисунок 3.20 Гистограмма годового распределения сумм осадков

Как видно из гистограммы, наибольшее количество осадков наблюдалось в 2017 году в Москве - 843 мм, наименьшее – 497 мм, там же в 2019.

3.3 Анализ особенностей острова тепла на территории Москвы за 2017-2019 гг

Таблица 3.10

Количество дней с воздухом, близкому к состоянию насыщения (90-99%)

	2017		2018		2019	
	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00
Балчуг	13	3	8	1	5	3
Дмитров	80	45	86	61	75	44
Посад	49	27	48	26	40	24
Серпухов	52	25	60	35	42	21

Можайск	64	21	56	36	53	21
Кашин	242	94	214	62	238	101
Тула	178	68	132	43	167	61
Владимир	183	93	114	53	160	70
Гагарин	234	85	197	73	222	84

Результаты анализа показали, что чем дальше пункт исследования от центра Москвы, чем больше дней с близким к насыщению воздухом.

На основе данных искусственных спутников Земли серии «MetOp» за 2015-2017 гг. исследованы вертикальная структура и годовой ход острова тепла и островов сухости влажности в мегаполисе. Показано, что для Москвы характерно преобладание вечернего максимума в в суточном ходе интенсивности острова тепла, однако в холодный сезон усиление интенсивности в основном происходит днем. Согласно спутниковым данным, максимальное развитие ОТ наблюдается в январе в предполуденные часы. В целом в теплый период влияние города распространяется до высоты примерно 2000 м, в холодный период – до 1250 м и в предполуденные часы и до 800 м – вечером. В теплый период ОТ сопровождается островом сухости в предполуденные часы и островом влажности на высотах –вечером [2].

Далее представлена таблица, содержащая в себе количество суток теплого и холодного периодов.

Таблица 3.11

Количество суток теплого и холодного периодов

	2017		2018		2019	
	теплый	холодный	теплый	холодный	теплый	холодный
Балчуг	300	64	252	111	297	68
Дмитров	278	86	241	121	285	80
Посад	287	78	247	118	280	84
Серпухов	293	71	243	120	281	83
Можайск	289	76	245	120	290	75
Кашин	270	94	238	127	276	88
Тула	293	72	238	127	284	80
Владимир	267	98	229	136	268	95
Гагарин	290	75	243	122	288	76

Теплый период - температура больше или равно 0 °С, а холодный – меньше 0 °С. По итогам таблицы мы можем сделать вывод, что в Москве наиболее число суток в теплый период, что в очередной раз подтверждает наличие острова тепла.

Заключение

В данной работе был проведен анализ особенностей температурного режима и режима осадков на территории Москвы и Московской области. Главной из них является наличие острова тепла, влияющий на климат города и агломерации его окружающей. Мы подтвердили его наличие наглядно на таблицах и графиках.

Выявлены особенности и проведен мониторинг температурного режима и режима осадков на территории исследования.

Выполнены задачи по сбору данных с 2017 по 2019 года. Они обработаны, представлены графически и в виде таблиц.

Изменения климата затрагивают все сферы человеческой жизнедеятельности. Именно поэтому необходимо как можно более подробно анализировать накопленные данные, а также предпринимать решительные действия для улучшения сложившейся ситуации.

В совокупности с прогнозируемым предстоящим потеплением, а также увеличением столичной агломерации, все без исключения данные условия демонстрируют важность замечаемых тенденций для населения и хозяйства мегаполиса и четко доказывают значимость, важность наиболее подробного исследования наблюдаемых и прогнозируемых перемен климата.

Уменьшить эффект от климатической урбанизации можно посредством озеленения, сохранения снежного покрова и полива территории в жаркие дни. Грамотная градостроительная политика также имеет важное не только эстетическое, но и экологическое значение[15].

Из-за негативных последствий ученые говорят, что городские жители, архитекторы и дизайнеры должны работать над тем, чтобы уменьшить влияние людей на городские районы. Использование зеленых крыш, которые являются крышами зданий, покрытых растениями, помогает охлаждать. Растения

поглощают углекислый газ, основной загрязнитель атмосферы. Они также уменьшают тепло окружающих помещений.

Решения для уменьшения влияния городского острова тепла:

1. Использование светлого бетона и белых кровель. Было установлено, что использование светлого и белых крыш эффективно отражает до 50% больше света и снижает температуру окружающей среды.

2. Зеленые крыши и растительный покров. Зеленые кровля – это практика посадки растений на крыше, точно так как они высаживаются в саду. Они являются отличными изоляторами в летнее время и уменьшают общий эффект нагрева. Также улучшается качество воздуха.

3. Посадка деревьев в центре и агломерациях является невероятным способом отражения солнечной радиации. Деревья дают тень, поглощают углекислый газ, выделяют кислород, обеспечивают охлаждающий эффект.

4. Зеленые парковочные места защищают от повышения температуры дорожного покрытия, что может значительно предотвратить тепловое загрязнение, возникающее в результате ливневого стока. Благодаря этому снижается опасность, создаваемая для водных систем.

5. Внедрение и повышение осведомлённости о политике и правилах сокращения выбросов тепла.

Несомненно, при исследовании метеорологических режимов мы должны учитывать так параметры как ветер и давление, но это тема для дальнейших работ.

Список использованной литературы

1. Алексеева Л.И. Климат Москвы в условиях глобального потепления [Текст] / Л. И. Алексеева [и др.] -Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2017. - 287 с.
2. Алексеева Л. И., Горлач И. А., Кислов А. В. Вертикальная структура и сезонные особенности острова тепла и распределения влажности над Москвой по спутниковым данным // Метеорология и гидрология. — 2019. — № 8. — С. 107–118.
3. Варенцов М.И. Анализ и моделирование мезоклиматических особенностей Московской агломерации – М.И. Варенцов – М.: МГУ им. Ломоносова –Москва, 2018.
4. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 424 С.
5. Глаз Н.В. Изменение климата [Текст] / Н.В. Глаз, А.А. Васильев. // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №4(48) – 2 с.
6. Дмитриева А.А. Климат Москвы [Текст] : (Особенности климата большого города) / Под ред. д-ра физ.-мат. наук. - А. А. Дмитриева, Н. П. Бессонова - Ленинград :Гидрометеиздат, 1969. - 323 с.
7. Дроздов, О.А. Климатология [Текст] /О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева, А.Н. Раевский. — Л.: Гидрометеиздат Ленинград, 1989. — 568с.
8. Информационный выпуск. «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2016 г.». - Министерство экологии и природопользования Московской области. - г. Красногорск, 2017 - 182 с.
9. Лаппо, Г.М. География городов /Г.М. Лаппо. — Москва: 1997.
- 10.Озерова, Г.Н. География мирового процесса урбанизации /Г.Н. Озерова, В.В. Покшишевский. — Москва: 2001.

- 11.Петросян, М.А. Климат Москвы за последние 30 лет /М.А. Петросян. — М.: Изд-во Московского университета: 1989.
- 12.Сапожникова С.А. Микроклимат и местный климат [Текст] / С.А. Сапожникова – Л.: Гидрометеиздат Ленинград, 1950. — 241 с.
- 13.Ушковец Е.Н., Инновационный климат мегаполиса и принципы его развития // Известия СПб гос.экон.университета. 2015. №5 (95) С.151-154.
14. Географическое положение. Московская область. // Система обмена туристской информацией URL:
<https://www.nbcrs.org/regions/moskovskaya-oblast/geograficheskoe-polozhenie>
15. Городской остров тепла: что это такое? // GisMeteo URL:
<https://www.gismeteo.ru/news/weather/gorodskoj-ostrov-tepla-chto-eto-takoe/>