



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

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему «Особенности режима осадков на территории Санкт-Петербурга»

Исполнитель Григорьева Ксения Яковлевна

Руководитель к.г.н., Иошпа Александр Рувимович

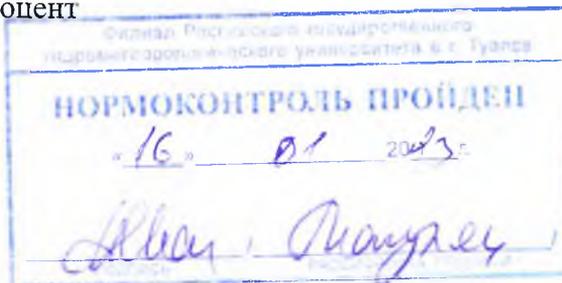
«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«24» января 2023г.



Туапсе
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Общие физико-метеорологические условия образования осадков.....	5
1.1 Основные условия образования облаков и их характеристика.....	5
1.2 Образование осадков в облаках.....	12
2 Физико-географическое положение и циркуляция атмосферы в районе Санкт-Петербурга	19
2.1 Физико-географическое положение Санкт-Петербурга	19
2.2 Особенности атмосферной циркуляции Санкт - Петербурга.....	26
3 Анализ города Санкт-Петербурга по режиму осадков.....	32
3.1 Основные климатические характеристики Санкт-Петербурга	32
3.2 Режим атмосферных осадков на территории г. Санкт-Петербурга.....	42
Заключение	52
Список использованной литературы.....	54

Введение

Основополагающее влияние на жизнедеятельность человека и природно-хозяйственные системы оказывает климат и его изменчивость.

Особенно, большое значение для жизнедеятельности человека оказывают атмосферные осадки и режим их выпадения.

В весенний период вследствие многоснежной зимы осадки нередко являются причиной высокого половодья, а в малоснежные зимы отсутствие осадков твердого вида приводит к вымерзанию озимых культур.

В теплое время года обильные осадки обуславливают возникновение паводков.

В холодное время года сильные снегопады нередко затрудняют работу служб жилищно-коммунального хозяйства, нарушают нормальное функционирование энергетических, транспортных и других отраслей экономики.

Вследствие высокой пространственно - временной неоднородности осадков, и большой их изменчивости, в настоящее время остаются определенные сложности при составлении региональных прогнозов осадков на любых временных масштабах.

В современное время информацию о структуре облаков, особенностях их развития, и образование в них осадков можно получить, применяя современные методы аэрологического зондирования атмосферы. Но, несмотря, на это, проблемы с получением полной информации о развитии облаков и выпадения осадков остаются.

Город Санкт-Петербург характеризуется большой изменчивостью метеорологических параметров, особенно осадков, что обусловлено физико-географическими особенностями и значительной протяженностью территории с запада на восток, а также наличием большого количества озер, разного масштаба.

Следовательно, тема исследования является актуальной, т.к., в работе

рассматривается влияние мезо - и микроклиматических особенностей территории города Санкт-Петербург на выпадение осадков и проводится анализ их режима.

Объектом исследования данной работы являются атмосферные осадки.

Предмет исследования - образование осадков и режим их выпадения на территории Санкт-Петербурга.

Цель работы – изучить условия образования осадков, провести анализ режима осадков в Санкт-Петербурге.

Для реализации поставленной цели решаются следующие задачи:

- изучить основные условия образования облаков и их характеристику;
- изучить образование осадков в облаках;
- рассмотреть физико-географическое положение Санкт-Петербурга;
- рассмотреть атмосферную циркуляцию на территории Санкт-Петербурга;
- рассмотреть климатические особенности Санкт-Петербурга;
- провести анализ режима осадков в Санкт-Петербурге.

1 Общие физико-метеорологические условия образования осадков

1.1 Основные условия образования облаков и их характеристика

Процесс конденсации или сублимации водяного пара обуславливает образование капель воды и ледяных кристаллов, находящихся в атмосфере во взвешенном состоянии, скопление которых приводит к образованию облаков [14, с.131].

Поэтому, можно сказать, что облака — это результат двух процессов - конденсации и сублимации.

Для того, чтобы процесс облакообразования начался, необходимо достаточное или даже избыточное увлажнение или, при отсутствии данных условий, понижение температуры воздуха.

Если наблюдаются сразу два фактора, то процесс конденсации займет меньше времени.

В слоях относительно высокой атмосферы, являющейся свободной, от внешних воздействий и различных сил, действующих в приземном слое, основными процессами, причастными к облакообразованию относятся восходящий объем воздуха и холодные адвекции.

Иногда на понижение вертикальной температуры может влиять радиационное излучение.

Турбулентность мало влияет на облакообразование, т.к., для относительно высоких слоев менее актуальна, чем другие процессы [17, с.88].

Важным, при рассмотрении облаков является то, что облака образуются исключительно в нижнем слое атмосферы - тропосфере, поэтому, когда мы говорим, что в относительно высоких слоях атмосферы, нужно понимать, что применительно к приземному слою.

Самым первым признаком, по которому рассматривают облака, является самый наглядный признак - внешний вид облаков.

Осиновыми являются три формы облаков

– кучевые (кучевообразные);

- слоистые (слоистообразные);
- волнистые (волнистообразные).

Описание облаков приводится в Атласе облаков, который иллюстрирован фотографиями облаков и содержит описание форм, видов и разновидностей облаков.

Для лучшего понимания вопроса в области облаков введен признак по их расположению в атмосфере, точнее в тропосфере [18, с.108].

Для этого, вводится понятие ярус – некий слой тропосферы, характерный для определенной формы облаков.

Группа кучевообразных облаков включает следующие виды облаков - кучевые, мощно- кучевые и кучево-дождевые облака.

Внешний вид кучевых облаков соответствует облакам практически белого цвета, по форме напоминающие купол с плоским основанием. Отличительной особенностью кучевых облаков является отсутствие осадков.

Кучево-дождевые облака, в отличие от кучевых сильно развиты в вертикальном направлении, что обусловлено их образованием, связанным с сильной конвекцией.

Из кучево-дождевых облаков выпадают осадки, которые отличаются малой продолжительностью и довольно сильной интенсивностью, нередко достигающие ливневого характера.

Данные облака имеют маленькое основание, поэтому осадки, выпадающие из них, горизонтально не могут распространяться на большие расстояния.

Малая продолжительность осадков обусловлено тем, что кучево-дождевые облака представляют собой отдельные облака.

Если под кучево-дождевым облаком, вершина которого находится на значительной высоте находится более теплая подстилающая поверхность, по сравнению с облаком, осадки из этого облака, имеющие ливневый характер, выпадают с большой интенсивностью за очень короткое время (несколько минут).

Если в теплое время года наблюдается неустойчивое состояние атмосферы, что чаще всего наблюдается при конвективных движениях над сушей, то происходит непрерывный процесс образования множества кучево-дождевых облаков, и, следовательно, продолжительность осадков будет значительно выше.

Таким же влиянием на образование облаков этих форм оказывает прохождение атмосферных фронтов, которые также обуславливают продолжительные ливневые осадки [20, с.121].

Если рассматривать кучево-дождевые облака и, а осадков, выпадающих из них с точки зрения влияния на различные сферы деятельности человека и определенные риски, то данные облака необходимо отнести к наиболее опасным облакам.

Это связано не только с ливневыми осадками, достигающих критериев опасных, но и в том числе, с другими явлениями погоды, сопутствующие ливням – грозы, град, шквалы.

В горных и предгорных районах, над горами, где время образования кучево-дождевой облачности значительно сокращается, причем, нередко данные более развиты по вертикали.

В кучевые мощные облака, которые наиболее развиты по вертикали, внутри самих облаков восходящие потоки продолжают рост этих облаков.

Нередко, скорости внутренних потоков достигают больших значений, до 15 м/с [1, с.309].

К фронтальным облакам относятся слоистые облака, которые приходят вместе с фронтами, причем, с теплыми фронтами они движутся более быстро, с холодными – более медленно.

Слоистые облака, образуясь над поверхностью раздела двух фронтов, своей нижней границей находятся на этой поверхности.

В группу слоистообразных облаков входят слоистые облака, принадлежащие к различным ярусам, в том числе облака верхнего яруса – перисто-слоистые, среднего яруса высокослоистые, нижнего – слоисто -

дождевые.

Исключение составляют только облака, которые входят в группу облаков вертикального развития.

Внешне облака представляют собой пелену, которая в зависимости от размера облачных элементов может иметь цвет от белесого (перистые облака) до более плотного (высокослоистые) и темного (слоисто-дождевые) [1, с.310].

Отдельные облака слоистой формы обычно собираются в систему облачности, которая в виде сплошной пелены над поверхностью земли охватывает огромные территории, нередко площадь достигает несколько тысяч квадратных километров.

Нижняя граница слоистообразной облачности зависит от удаленности от атмосферных фронтов, причем, чем ближе облачность располагается к фронтам, тем более низкие значения имеет высота основания облачности.

Самой низкой высотой основания характеризуются облака нижнего яруса – слоисто-дождевые, которые нередко начинаются практически на высоте 50 м от поверхности земли.

Эти облака, довольно протяженные в вертикальном направлении, верхняя граница слоистых дождевых может достигать 5 км, но еще более протяженные в горизонтальном направлении.

При опускании нижней границы ближе к поверхности земли, облака оказывают влияние на дальность видимости, значительно ухудшая ее, причем, в отдельных случаях, видимость может снижаться до критериев опасного явления, менее 50 м.

Если в атмосфере наблюдаются инверсии, и при этом, складываются благоприятные условия для образования облачности, т.е., воздух находится в состоянии близком к насыщению.

При этом отмечается низкий уровень конвекции, то в слоях под этой инверсией, могут образовываться слоистые облака нижнего яруса.

Инверсионную облачность достаточно трудно определить, т.к., она имеет вид серой пелены, не имеющей никаких границ и схожей по внешнему

признаку с туманом.

При этом, плотность слоисто-дождевой облачности увеличивается по мере поднятия вверх.

Волнистая форма облаков, включающая в свою группу все виды волнистообразных, актуальна для переходного и холодного времени года.

Также, как и слоистая облачность, волнистая облачность связана с атмосферными инверсиями, но в отличие от слоистой, располагаться волнистая облачность может как сверху инверсии, так и снизу. Благодаря этому, облачность внешне напоминает волны [21, с.134].

Слоистые и слоисто-кучевые облака, образованные под слоем инверсии, поэтому располагающиеся близко к поверхности земли, относятся к группе облаков нижнего яруса, и чаще всего имеют антициклоническое внутримассовое образование.

Стоит отметить, что на земном шаре имеется большое количество облаков, отличных друг от друга по внешнему виду, по условиям образования, по высоте расположения над поверхностью земли [4, с.334].

Самой удобной классификацией считается физическая, которая состоит из четырех больших групп облаков, обусловленных видом движения воздушных масс [23, с.78].

Основные виды движения воздушных масс:

- движение воздуха, связанное с орографическими условиями – обуславливают образование слоистых облаков;
- хаотичное движение воздуха – обуславливают образование слоистых облаков;
- медленное вертикальное движение воздуха - обуславливают образование волнистых облаков;
- поднятие объемов воздуха вертикально на большую высоту - обуславливают образование кучевых облаков.

По внешнему виду облаков существует метеорологическая классификация, имеющая международное значение.

В соответствие с ней различают слоистообразные, волнистообразные и кучевообразные облака.

Три группы облаков выделяют по ярусам, условно выделенные в атмосфере, и обусловленные высотой нижнего основания облачности: выше 6000м - облака верхнего яруса, на высоте 2000 -6000м - среднего яруса, от 50 м до 2000м - нижнего яруса.

Конвективные облака, которые развиваются в вертикальном направлении не классифицируются по этому признаку, в связи с особенностями развития (таблица 1.1).

Таблица 1.1 –Классификация облаков по основным признакам [23, с.79]

Группа облаков	Вид облаков
Нижний ярус Высота основания ниже 2000м	Слоистые Слоисто-кучевые Слоисто-дождевые
Средний ярус Высота основания выше 6000м	Высококучевые Высокослоистые
Верхний ярус Высота основания 2000 - 6000м	Перистые Перисто-кучевые Перисто-слоистые
Вертикальные облака	Кучевые Кучево-дождевые

Необходимо отметить, что в таблице 1.1 приведены данные только по основным группам облаков, в то время как в классификацию включены все виды и разновидности облаков.

Названия облаков введены ученым Л. Говард, который и определил три основных группы облаков, выделив их в классы [23, с.79].

Помимо морфологических признаков облака выделяются по геометрическим, характеризующих их основные размеры протяженность как вертикальную, так и горизонтальную, толщину слоя облака, предельные

значения высоты облаков, их количество на небосводе [23, с.80].

За нижнюю границу облака принимают атмосферный слой, в котором начинается процесс облакообразования, т.е., начинается рост облачных элементов, и, следовательно, влажность облака.

Нижняя граница облака является очень изменчивой характеристикой.

Высота нижней границы подвержена значительным изменениям, обусловленным процессами связанным с вертикальным переносом влаги.

Отмечается снижение ее высоты при росте температурных градиентов и уменьшения значений точки росы [22, с.143].

Второй важной геометрической характеристикой облака является его верхняя граница, которая отмечается в слое атмосферы, в котором облачные элементы прекращают рост.

Находится в зависимости от группы облаков и их яруса, причем на ее значения оказывает влияние географическая широта – увеличивая высоту границы в направлении к низким широтам.

Толщина облака, характеризующая его вертикальную протяженность, называется мощностью облака. Измеряется размером облака между нижней границей и верхней.

Протяженность облака по горизонтали – площадь его распространения на территории земли. Зависят от формы облаков и условий их образования.

Самыми протяженными из всех облаков являются системы слоистообразных облаков, которые могут распространяться на расстояние несколько тысяч километров [1, с.308].

Такие протяжённые облака чаще всего обусловлены прохождением теплых атмосферных фронтов

При холодных фронтах протяженность облачных систем снижается и не превышает 200 км.

С облаками связаны значительные особенности распределения температуры с высотой, а повторяемость тех или иных типов стратификации зависит от формы облаков.

1.2 Образование осадков в облаках

Атмосферные осадки — это водные капли, и ледяные кристаллы, которые на земную поверхность выпадают из атмосферы [14, с.178].

Для того чтобы осадки начали образовываться в облаках, капелькам воды необходимо достичь определенных размеров, чтобы начался процесс облакообразования.

Основными процессами, участвующими в облакообразовании, обуславливающих достижение зародышевыми капельками нужного размера, являются:

- процесс коагуляции;
- процесс диффузии водяного пара с последующей конденсацией на поверхность.

Данные процессы помогают капелькам воды, которые движутся по броуновскому типу движения, преодолеть влияние всех сил, действующих в атмосфере, в том числе гравитационную [25, с.226].

После достижения определенного размера, водные капельки вследствие влияния силы тяжести выпадают из облаков в виде осадков различного вида.

Следует отметить, что конденсация относится к наиболее важным процессам, участвующим в росте водных капель, особенно для капель, которые имеют маленький размер и, следовательно, малой энергией.

Также, процесс конденсация является важным для роста зародышевых капель, т.к., способствует устойчивости процесса облакообразования и повышению кинетической энергии, что впоследствии приводит к перерождению из водяного пара в полноценные капли воды или ледяные кристаллы.

Относительно второго процесса, участвующего в росте водных капель — коагуляции, можно отметить, что данный процесс заключается в слиянии соседних капель между собой, путем соударения водных капель.

Чем больше число соударения, тем больше капель коагулируется, и тем

быстрее происходит сам процесс коагуляции.

В результате, по окончании данного процесса, первоначальное число водных капель уменьшается, но, их первоначальные размеры становятся значительно больше, что ускоряет процесс укрупнения капель до образования облачных элементов, и приводит к более крупным осадкам, выпадающим из облаков.

В процессе коагуляции, при слиянии водных капель происходит их соударение, которое обусловит в дальнейшем рост капель со скоростью [25, с.229]:

$$dm/dt = 4\pi R^2 \rho \, dr/dt = E_1 E_2 \pi R^2 w (V - \dot{V}'') \quad (1.1)$$

где, E_1 – коэффициент, описывающий столкновения;

E_2 – коэффициент, описывающий слияние;

w -водность капли;

V – скорость падения капли более крупного размера;

\dot{V}'' – скорость падения капли более мелкого размера.

Коэффициентом эффективности столкновения характеризуется произведение двух коэффициентов, описывающих столкновение E_1 и слияние E_2 [25, с.230].

С точки зрения физики, коэффициент эффективности столкновения, также, как и скорость падения капель относятся к возрастающим функциям R , и, следовательно, уже в самом начале коагуляции, будет отмечаться рост капель разного диаметра, причем, в дальнейшем процессе, он будет только усиливаться.

При рассмотрении процессов, обуславливающих рост капель, необходимо учитывать, что для малых водных капель, с радиусом, не превышающим 20 мкм, основным процессом является все-таки процесс конденсации, т.к., капли этих размеров не обладают достаточной энергией для столкновения.

В дальнейшем же, уже водные капли, подвергшиеся коагуляции, и

увеличившиеся в диаметре, продолжают свой рост, но уже под действием другого

До радиуса 20 мкм к основному процессу, оказывающему влияние на рост облачных капель, относится конденсация, при дальнейшем росте капель преобладающая роль принадлежит уже коагуляционному процессу [25, с.232].

Важным моментом при рассмотрении процесса облакообразования является температура слоев атмосферы, на которых зарождается облако.

В случае, если облако, или его верхняя граница находится в слое с температурой выше 0°C, то облачные элементы будут смешанными и состоять из водных капель и ледяных кристаллов.

Смешанные элементы обуславливают неустойчивое состояние облака, особенного его структуру.

Состояние атмосферы будет сильно неустойчивым в случае, если, в облаке находится большое количество переохлажденных капель окружающих ледяной кристалл.

Неустойчивость атмосферы объясняется разницей в равновесном давлении при одной и той же температуре, для различного фазового состояния пара - над льдом и над водой, а капли будут испаряться, восполняя убыль пара.

Равновесное давление пара над льдом меньше, чем над водой при одной и той же температуре и, следовательно, ледяной кристалл будет расти за счет диффузии пара, а для восполнения потерянного пара, происходит испарение водных капель.

При условии наличия ледяного кристалла большего размера, чем окружающие его водные капли, кристалл начинает падение, при котором может произойти его столкновение с каплями воды.

Если происходит столкновение ледяных кристаллов между ледяными кристаллов, происходит образование снежинок, при этом кристаллы могут столкнуться с водными каплями и тогда образуется снежная крупа и даже град [14, с.178].

При опускании ледяных кристаллов ниже изотермического уровня, кристалл начинает таять и тогда, из облака выпадает капля, по своим размерам сопоставимая каплями, образованными в результате коагуляции.

Усиливает образование водных капель и ледяных кристаллов, наличие в облаках аэрозолей, которые для процесса образования облака являются важными элементами, выполняя функцию ядер конденсации.

В зависимости от места образования, осадки делятся на атмосферные, которые образуются в облаках и наземные, образующиеся на подстилающей поверхности и других наземных предметах [25, с.237].

Согласно существующей классификации, осадки, которые относятся к атмосферным включают следующие: дождь, морось, ледяной дождь, град, снег, снежная крупа, ледяная крупа, снежные зерна, ледяные иглы.

Осадки, которые относятся к наземным видам: роса, иней, кристаллическая изморозь.

Нередко, атмосферные осадки, при выпадении из облаков, не долетают до поверхности земли, т.к., в процессе, выпадения, практически все осадки могут испариться.

При определении такого вида осадков техник – метеоролог видит на небосводе полосы падения осадков, о чем производится запись в метеорологической книжке.

К основным характеристикам атмосферных осадков, имеющих наибольшее значение для формирования климатических условий в различных районах земного шара, относят количество осадков измеряемое в мм за определенный промежуток времени.

За количество атмосферных осадков принимается количество слоя воды, который образуется на поверхности земли как результат выпадения жидких осадков.

При выпадении снежных осадков, их измеряют после таяния в естественной среде.

Важным условием является недопущение потери воды, которое может

произойти в результате стока, испарения и просачивания.

Обычно при проведении описания климата используют среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения осадков.

Второй характеристикой осадков является их скорость выпадения на земную поверхность, т.е. интенсивность выпадения, которое является показателем количества осадков, выпавших за определенный промежуток времени. Обычно за время берется одна минута, (мм/мин) [25, с.239].

Фазовое состояние водных капель, составляющих осадки разделяет их на: жидкие, к которым относят дождь и морось, твердые, включающие снег, крупу и град, и смешанные, состоящие из снега с дождем и дождя с градом.

На режим выпадения осадков, их количество и интенсивность, также, немаловажное влияние оказывают циркуляционные движения атмосферы, которые в первую очередь оказывают влияние на образование облачности, замедляя или наоборот, ускоряя ее развитие.

Помимо этого, циркуляция воздуха влияет на размеры облачности, водность и время ее существования.

Также, при процессе облакообразования воздушное движение оказывает влияние на процессы укрупнения облачных элементов, и как следствие, может оказывать влияние на размер капель воды или кристаллов льда.

Уже при начавшемся процессе выпадения осадков циркуляция воздуха влияет на скорость и характер выпадения осадков из облаков, причем, характер выпадения осадков в значительной мере связан еще и формами облаков, в которых образовались осадки и в последующем, выпали.

Обложные осадки, малой интенсивности, в том числе морось, выпадают преимущественно из слоистообразных облаков, т.к., они имеют большую горизонтальную протяженность.

Ливневые осадки, отличающиеся большой интенсивностью, выпадают из кучевообразных форм облаков, т.к., эти облака, имея малую горизонтальную протяженность, сильно развиты в вертикальном направлении и обладают большей кинетической энергией [1, с.156].

В целом, образование осадков обложного характера связано с адиабатическим охлаждением поднимающегося воздуха в вертикальном направлении, обусловленном восходящим движением теплого воздуха.

Чаще всего, причиной такого движения воздуха является циклоническая деятельность атмосферы и приход атмосферных фронтов на территорию.

Обложные осадки могут выпадать как в виде жидких, твердых осадков, так и в виде смешанных осадков, причем, основной их отличительной чертой является монотонность выпадения, и длительность по времени [25, с.242].

В отличие от обложных, ливневые осадки, выпадающие из кучевой облачности, чаще всего вертикального развития, реже - высококучевой, выпадают на сравнительной небольшой территории, но, при этом, имеют большую интенсивность выпадения, которая к тому, же постоянно меняется.

В теплое время года, ливни выпадают каплями довольно крупного диаметра. Отмечаются отдельные случаи, когда, ливни сопровождаются грозами и градом.

В холодное время года иногда ливни выпадают в твердом виде, крупными хлопьями снега, образуя снегопад.

Иногда, ливни бывают очень кратковременными и отличаются малой интенсивностью, но осадки состоят из очень крупных капель воды.

Самыми незначительными осадками являются морозящие, являющиеся следствием турбулентного переноса водяного пара от подстилающей поверхности вверх на небольшое расстояние в пределах пограничного слоя.

Данный вид осадков связан с отсутствием процесса адиабатического охлаждения воздуха при образовании слоистых и слоисто-кучевых облаков, из которых преимущественно выпадают морозящие осадки, причем в летний период это морось, в зимний – отдельные кристаллы льда.

Отличительной особенностью морозящих осадков является их мало меняющаяся интенсивность. Чаще всего морось наблюдается в зонах активной адвекции теплого влажного воздуха.

На сегодняшний день при определении видов осадков пользуются шкалой

их интенсивности.

Если, при выпадении осадков отмечается интенсивность менее 0,6 мм/ч – осадки морозящие, интенсивность в пределах 0,6 – 3,0 мм/ч – обложные, более 3,0 мм/ч – осадки ливневого характера [25, с.250].

Вследствие синоптической принадлежности и генетической классификации морозящие осадки являются внутримассовыми, обложные фронтальные.

2 Физико-географическое положение и циркуляция атмосферы в районе Санкт-Петербурга

2.1 Физико-географическое положение Санкт-Петербурга

На северо-западе Восточно-Европейской равнины, на пересечении всех видов транспортных путей расположена Ленинградская область, которая с севера, северо-запада и северо-востока граничит с водными объектами различных видов - Балтийским морем, Финским заливом и двумя озерами - Ладожским и Онежским [2, с.34].

Территория площадью почти 84 км² вытянута по широте в направлении с запада на восток на расстояние 446 км, в направлении с севера на юг 325 км.

Соседними областями, граничащими с Ленинградской областью, являются Новгородская и Псковская области с южной стороны, Республика Карелия с северной стороны, Вологодская область с восточной.

Также граница Ленинградской области проходит по двум соседним странам Эстонией и Финляндией. Город Санкт-Петербург является столицей Ленинградской области (рисунок 2.1).

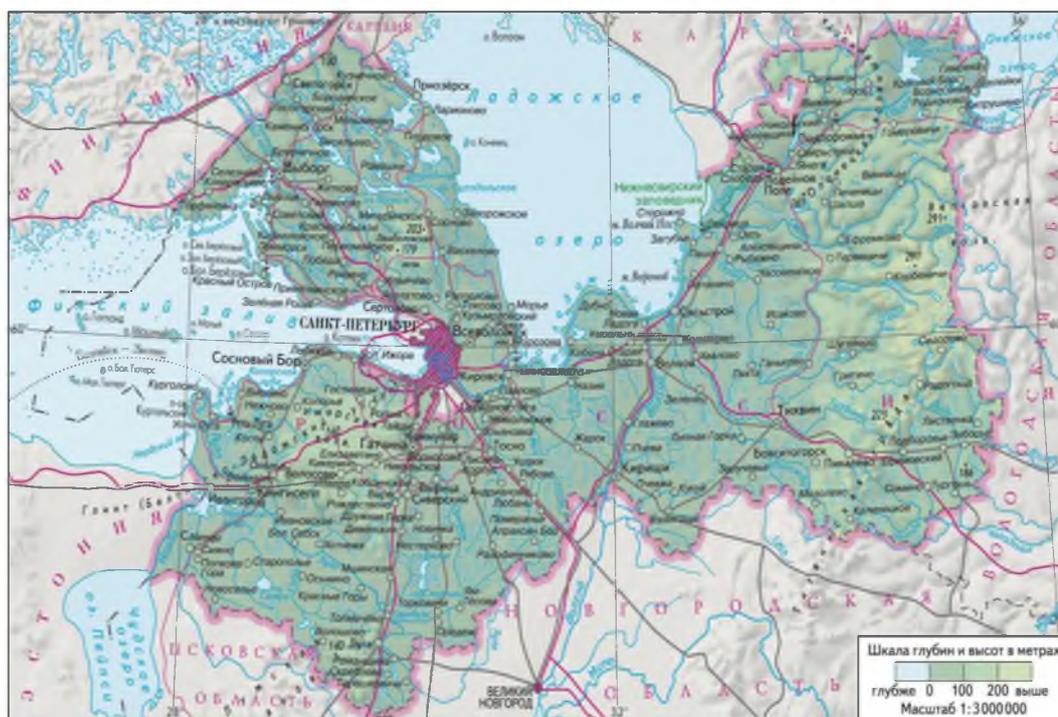


Рисунок 2.1 – Карта города Санкт-Петербурга

Важным географическим фактором, обуславливающим экономическое развитие города Санкт - Петербурга является Финский залив, в акватории которого построено два больших порта Усть-Луга, через который осуществляется выход Балтийскому морю [6, с.24].

Также, в городе Санкт-Петербург налажено речное сообщение, не только в самом городе, но и с городами Российской Федерации.

Геологическом развитие г.Санкт-Петербурга началось еще архейскую и протерозойскую эры, когда образовалась часть северо-запада территории, на которой расположились современный Карельский перешеек и береговая часть Финского залива.

Центральная и южная части города сложились в палеозойскую эру, относящиеся к кембрийскому, каменноугольному периодам. Некоторую роль в образовании территории сыграли периоды ордовика и девона.

На определенной глубине основанием территории является кристаллический фундамент, который сверху покрыт осадочными породами, залегающими небольшим слоем [2, с.34].

На границах территории города южной окраиной заходит небольшой участок Балтийского кристаллического щита, который большей своей частью располагается в северных районах Карельского перешейка. Отличительной особенностью Карельского перешейка является сильно отличающаяся от других регионов Русской платформы геологическое строение

Местами фундамент Балтийского щита вышел на поверхность, особенно в северных районах города, а в юго-восточных районах, наоборот, углубляется на значительную глубину.

Карельский перешеек характеризуется видоизмененными горными породами, в основном кристаллическими сланцами, относящиеся к архейской и нижнепротерозойской возрастной группе.

Помимо них на территории перешейка встречаются минералы, содержащие слюду, биотитового и амфиболо-биотитового происхождения. Реже встречаются слюдяные гнейсы.

Отличительной особенностью территории Ленинградской области, включая Санкт-Петербург является отсутствие сейсмичности и вулканической активности [10, с.164].

Береговая территория Финского залива со стороны западной части Карельского перешейка характеризуется гранитами верхнепротерозойского происхождения, большое количество которых образуют на этой территории плитообразное интрузивное плато, мощной протяженностью.

Древнее гранитное плато протянулось с юго-востока на северо-запад, и только в южной части сильно опущено, прикрытое горными породами осадочного происхождения.

В целом, нужно отметить, что практически вся территория, относящаяся к северо-западной части Русской плиты, сложена осадочными породами, разного происхождения включая верхнепротерозойские и пермские. Общая мощность осадочных отложений составляет порядка 2500 м.

Геологическая структура Ленинградской области и города Санкт-Петербурга представляется относительно пологое залегание горных пород, имеющих наклон в сторону юго-востока и юга.

В вертикальном разрезе имеется слоистое строение, и наблюдается чередование осадочного слоя древнего происхождения и более молодого, которые местами выходят на поверхность.

На территории пригорода имеется около 30 видов полезных ископаемых, больше всего наблюдается горючих сланцев, глин огнеупорного и цементного вида, карбонатные породы, фосфориты, известняк и др.

Самое известное в России месторождение фосфоритов находится в Ленинградской области в Кингисеппском районе, горючих сланцев в г. Сланцы. На территории области отмечено большое количество месторождений торфа,

В современное время ведутся работы по разработке месторождений алмазов и золота. В перспективе разработка месторождений нефти и полиметаллов.

Характерным рельефом местности Санкт-Петербурга является

равнинный, с небольшими высотами, которые не превышают 100 м над уровнем моря.

Местами, однородность равнинного рельефа нарушают небольшие возвышенности, не превышающие 200 м.

Возвышенности хаотично разбросаны по территории области: Ижорская возвышенность, расположенная в южной части Финского залива в центре Карельского перешейка, Олонецкая возвышенность, расположенная на Онежско-Ладожском перешейке [9, с.65].

Самыми высокими возвышенностями Ленинградской области являются Тихвинская и Вепсовская возвышенности, которые находятся на востоке и относятся к Валдайской группе. Эти возвышенности имеют высоту 290 м.

Помимо невысоких возвышенностей, на территории области расположены отдельно возвышающиеся формы рельефа, которые возвышаются над однородным рельефом небольшими горками с высотами от 140м до 175м.

Однородность равнинного рельефа помимо возвышенностей нарушают рельефные впадины, имеющие высоту не более 30м, которые образовались в прибрежных районах Финского залива и озерами Ладожским и Онежским.

Такие же впадины отмечаются и в низинах – Приневской, Верхнеевирской и Приволховской.

Часть территории области и города сформировалась еще во времена таяния последнего (валдайского) ледника, благодаря чему образовалась Довалдайская поверхность, имеющая ступенчатое строение, равнину которой пересекают узкие и глубокие долины рек.

Результатом древних ледников является сформировавшийся и дошедший до современного времени ледниковый снос, расположенный на Балтийском кристаллическом щите, на севере Карельского перешейка и юго-западе Прионежья. Аккумуляция ледниковых сносов, образованная 50 млн. лет назад наблюдается и в других районах территории Русской плиты [5, с.87].

Обусловленные расположением в относительно высоких широтах, на территории области и города характерным типом почвенного покрова являются

подзолистые почвы, высокой кислотности и бедные перегноем.

Среднеподзолистые почвы характерны для территорий, имеющих большую высоту над уровнем моря, которые менее благоприятны для накопления влаги.

В песчаных и сосновых районах, отличающихся недостатком влаги, наблюдаются слабоподзолистые почвы.

В районах, с редкими смешанными или лиственными лесами, занятых травяной растительностью характерными являются почвы дерново-подзолистого типа [7, с.43].

На горных породах, содержащих известь, в районе Ижорской возвышенности, сформировались дерново-карбонатные почвы, которые являются самыми плодородными почвами по сравнению с другими почвами области, т.к., содержат перегной и минеральные вещества в большом количестве. При этом, данные дерново-карбонатные почвы имеют комковатую структуру.

Благодаря извести, содержащейся в горных породах кислотность таких почв значительно ниже, чем в других районах.

Низинный рельеф, характерный для прибрежных районов Финского залива и озер, и имеющий плохой сток атмосферных вод, приводит к образованию большого слоя воды на поверхности, что обуславливает образование в этих районах торфяников и даже болотистых почв.

Небольшую площадь занимают аллювиальные почвы, содержащие перегной, образованные из речных наносов в районах рек - Волхову, Луге и обусловленных половодьем.

По ландшафту территория Ленинградской области и города Санкт-Петербурга относится к зоне тайги средней подзоне, характерной для северных районов и южной подзонах, характерной практически для всей территории области. Исключение составляет зона смешанных лесов в южных районах.

Небольшие местечковые вкрапления смешанных лесов встречаются в районе Ижорской возвышенности и Путиловском плато.

Смешанные леса встречаются в пригороде Санкт-Петербурга, и представлены сосной, елью и березой.

В районе Ижорской возвышенности, встречаются широколиственные деревья, такие как клены, липы и дубы, которые хорошо растут на плодородных почвах, поэтому, иногда в этих лесах встречаются даже вязы и ясени [11, с.54].

Леса отличаются большим разнообразием ягод, таких как черника, брусника, клюква, малина, из растений встречаются ландыш майский, толокнянка, багульник, можжевельник, лапчатка прямостоящая.

Гидрографическая сеть Ленинградской области и города отличается развитостью, с большим количеством рек различного размера, коротких протоков, которые соединяют множество озер.

Несмотря на внушительное количество рек области, всего более 1700, они имеют незначительную общую суммарную длину всего 2563 км [12, с.193].

Стоит отметить, что 97% рек Ленинградской области имеют длину не превышающие 10 км,

Все реки области характеризуются медленным течением и небольшими уклонами (до 20-40 см/км). В летнее время года температура большинства рек выше 20° С. В зимнее время года все реки области покрываются льдом.

Река Нева, которая является главной рекой города Санкт-Петербург и Ленинградской области берет свое начало в Ладожском озере, и является единственной рекой, берущей начало в этом озере.

На своем пути река Нева соединяет Ладожское озеро с восточной частью Финского залива - Невской губой.

Площадь бассейна Невы более 280 тыс. км, длина реки составляет 74 км, что характеризует ее как самую протяженную и водную реку области.

Нева относится к судоходным рекам и входит в состав Волго-Балтийского водного пути.

Практически все реки области и города берут начало из озер, которых на территории области и города много.

Особенности гидрологического режима, характеризующиеся большим разнообразием водных ресурсов, обусловлено влиянием Атлантики, откуда на территорию приходит большое количество влажных потоков воздуха, в том числе, вместе с циклонами.

Малое количество приходящей солнечной энергии обуславливает слабое испарение, поэтому избыток влаги направляется на образование большого количества рек, озер и болот [15, с.47].

Большая часть городской территории, почти 20% занята болотами, которые формируют на территории Санкт-Петербурга мелкие реки и ручьи.

Болота на территории области связаны с расположением грунтовых вод близко к поверхности почвы и высокой влажностью. Самыми заболоченными территориями являются районы Ладожского озера, Финского залива и бассейна р.Невы.

Болота, в зависимости от расположения имеют питание атмосферными осадками и паводковое, причем, первый тип болот более распространен по территории. Только для приозерных территорий области типичными являются низинные болота [19, с.74].

Большинство подземных вод на территории области относятся к четвертичным и дочетвертичным периодам, и характеризуются низкой минерализацией.

На Карельском перешейке имеются большое количество ключей и родников, которые вышли на поверхность, в более глубоких слоях грунта имеются артезианские воды, отличающиеся ростом минерализации с глубиной.

Больше всего подземных источников располагается практически на всей территории Карельского перешейка, а также в юго-западных и юго-восточных районах Ленинградской области [16, с.74].

Центральные и восточные районы области отличаются низким содержанием запасов подземных вод

Менее всего подземных источников наблюдается в прибрежных районах Финского залива и Ладожского озера.

2.2 Особенности атмосферной циркуляции Санкт - Петербурга

На северо - западе европейской части России, где расположена город Санкт-Петербург, основной чертой циркуляционных процессов является возникновение, перемещение и эволюция крупномасштабных атмосферных вихрей — циклонов и антициклонов.

Основными чертами общей циркуляции атмосферы, обуславливающей погодные и климатические условия на территории города Санкт-Петербурга, являются воздушные массы, разного происхождения и обладающие различными свойствами [10, с.67].

Зона сходимости воздушных масс, движущихся из разных районов земли, наблюдается именно над территорией Санкт – Петербурга, что обуславливает над регионом частые атмосферные фронты и активную циклоническую деятельность.

Благодаря атмосферным фронтам территория Санкт – Петербурга характеризуется погодными условиями, сложного вида – нередки сильные порывистые ветры, низкая протяженная облачность, обложные длительные осадки.

В холодное время года практически во все месяцы отмечается слоистая облачность, из которой выпадают морозящие осадки, солнечных ясных дней отмечается мало.

В теплое время года характерным является образование кучевой облачности разных видов и сильные ливни с грозами. Ветры в это время года нередко достигают критериев шквала.

При антициклонической погоде, наблюдается малооблачная погода, с пониженной влажностью воздуха и слабыми ветрами.

Основное влияние на погодные условия при циклонической деятельности, независимо от значения давления высокого или низкого, оказывают воздушные массы, участвующие при формировании барических систем.

Также, погодные условия зависят от времени года, характера подстилающей поверхности, но стоит отметить, что при установлении над территорией антициклонов складываются более комфортные погодные условия.

Основными воздушными массами, формирующими погодные условия Санкт-Петербурга, являются массы, приходящие с Атлантического океана, поэтому для данного района определяющим фактором погодных условий является мористость климата [2, с.48].

Циклоны на территории Санкт-Петербурга наблюдаются в течение всего года, с максимальной циклонической деятельностью в холодное полугодие, в теплое время года циклоны ослабевают, но, несмотря на это, неустойчивый характер погоды остается характерным.

Именно, расположение города Санкт-Петербурга в зоне сходимости воздушных масс, как еще говорят, на дороге циклонов, обуславливает их неустойчивость.

В свою очередь, неустойчивость погоды на данной территории в течение года обусловлена частой сменой воздушных масс над территорией.

Преобладающие на территории города в течение года циклоны уменьшают свою повторяемость только в мае и июле, уступая место антициклонам и малоградиентным барическим полям, повторяемость которых в эти месяцы превышает 50 %.

Основным направлением всех циклонов наблюдающихся на территории Санкт-Петербурга является траектория их движения - с запада, в холодное время года составляющая направления смещается к северу, что обуславливает поступление на территорию северо-западных циклонов, в теплое время года (весной и летом) смещение происходит к южной четверти, и приходят юго-западные циклоны.

Также, как и циклоны, антициклоны поступают на территорию Санкт-Петербурга с запада или северо-запада, антициклоны других направлений наблюдаются значительно реже.

Отличительной особенностью холодного периода является периодическое увеличение повторяемости основных атмосферных фронтов, обуславливающая, в свою очередь, усиление циклонической деятельности над территорией города.

Теплый период года отличается более спокойной синоптической обстановкой, т.к., отмечается снижение повторяемости основных атмосферных фронтов, на смену которым вместе с юго-западными циклонами в их тыловой части приходят вторичные холодные фронты [10, с.98].

С их приходом наблюдается резкая смена погоды, сопровождающаяся понижением температуры воздуха и обильными осадками.

Характер атмосферных осадков, выпадающих на территории города, является отличительной особенностью климата Санкт-Петербурга, т.к., более 80 % осадков являются фронтального происхождения.

Причем, в холодный период года фронтальные осадки выпадают как обложные, в теплое время года - большинство фронтальных осадков имеет ливневый характер.

Повторяемость осадков, выпадающих в районе Санкт-Петербурга из однородных воздушных масс вне зоны фронтов, незначительна.

Благодаря большой повторяемости атмосферных фронтов, на территории Санкт-Петербурга наблюдаются частые сильные ветры порывистого характера, в теплое время года шквалистого характера с грозами.

В среднем, можно отметить, что на территории Санкт-Петербурга, независимо от времени года, происходит частая смена воздушных масс.

Преобладающий воздух, поступающий с Атлантического океана, и имеющий черты морского сменяется на воздух Арктического происхождения, с континентальными чертами.

Проведенный анализ повторяемости переноса воздушных масс в районе Санкт-Петербурга выявил, что несмотря на то, что основным направлением воздушных масс является воздух западной составляющей, на территорию города нередко приходят воздушные массы других направлений (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Средняя многолетняя повторяемость переноса воздушных масс в районе Санкт-Петербурга [10, с.102]

сезон	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	слабый перенос
зима	2	3	4	18	15	12	18	18	10
весна	4	11	9	15	6	12	13	12	17
лето	5	11	9	9	5	13	14	13	22
осень	3	4	10	15	11	19	18	14	6
год	4	8	8	14	9	15	15	13	14

Преобладающими для зимнего периода являются воздушные массы западной и северо-западной составляющей (18%), что обуславливает на территории города умеренную влажную погоду с температурами в пределах от 0°С до 12,0°С [10, с.103].

При смене воздушных масс на воздух северных широт арктического происхождения, погода меняется на холодную и сухую с более низкими отрицательными температурами, достигающими -20,0°С.

Средняя повторяемость воздушных масс северного и северо-восточного направлений не превышает 5%.

С атлантическими циклонами на территорию города поступает теплый влажный воздух, обуславливающий в холодное время года повышение температуры воздуха до положительных значений до 6°С и обильными осадками. Средняя повторяемость воздуха с юго-запада около 12 %.

Теплое время года, под влиянием западных воздушных масс на территории города устанавливается температура воздуха около 20,0°С [10, с.108].

При проникновении на территорию Санкт-Петербурга разогретых континентальных юго-восточных масс воздуха температура воздуха сильно повышается и достигает значений более 26,0°С, а иногда, в отдельные годы выше 30,0°С.

В теплое время года на территорию города с воздушными массами северо-западной составляющей, в данный район приходят циклоны, в тылу которых расположился арктический воздух, что приводит к резкому похолоданию, причем, нередко, температура воздуха может опуститься до значений менее $10,0^{\circ}\text{C}$, а иногда и до $5, 0^{\circ}\text{C}$ [13, с.44].

Повторяемость северо-западного воздуха в теплое время года около 13%.

Самым неустойчивым временем года для Санкт-Петербурга является переходное.

Частая смена воздушных масс на территории Санкт-Петербурга приводит к большой изменчивости температуры воздуха на территории, причем, ее отклонения от средних многолетних наблюдается независимо от времени года.

Длительные периоды, от нескольких дней до нескольких недель с аномальными температурами воздуха является волнами холода или тепла.

Западный атлантический воздуха приводит к повышению температуры в холодное время и обуславливает в это время года волны тепла [13, с.44].

Арктический северный воздух, наоборот понижает температуры в холодное время и обуславливает в это время года волны холода.

В теплое время года, в июле возможны и волны холода, если вторгается арктический холодный воздух, и волны тепла – при южных воздушных массах воздуха.

Причем, теплый период года характеризуется чередованием волн тепла с волнами холода. Обычно длительность волн в теплое время года составляет 3- 5 дней, иногда продолжительность волны достигает 7 дней.

Наиболее длительными волны тепла бывают при поступлении на территорию северо-западного региона сухих и теплых воздушных масс из Средней Азии.

Самым длительным периодом теплой волны на территории Санкт-Петербурга и всей Ленинградской области был отмечен в 2006г, обусловленный воздушными массами из Средней Азии, которые проникли в северо-западный регион через районы Нижнего Поволжья.

В это время был отмечен абсолютный максимум температуры воздуха (33,6 °С) для Ленинградской области за весь многолетний период наблюдений (рисунок 2.2).

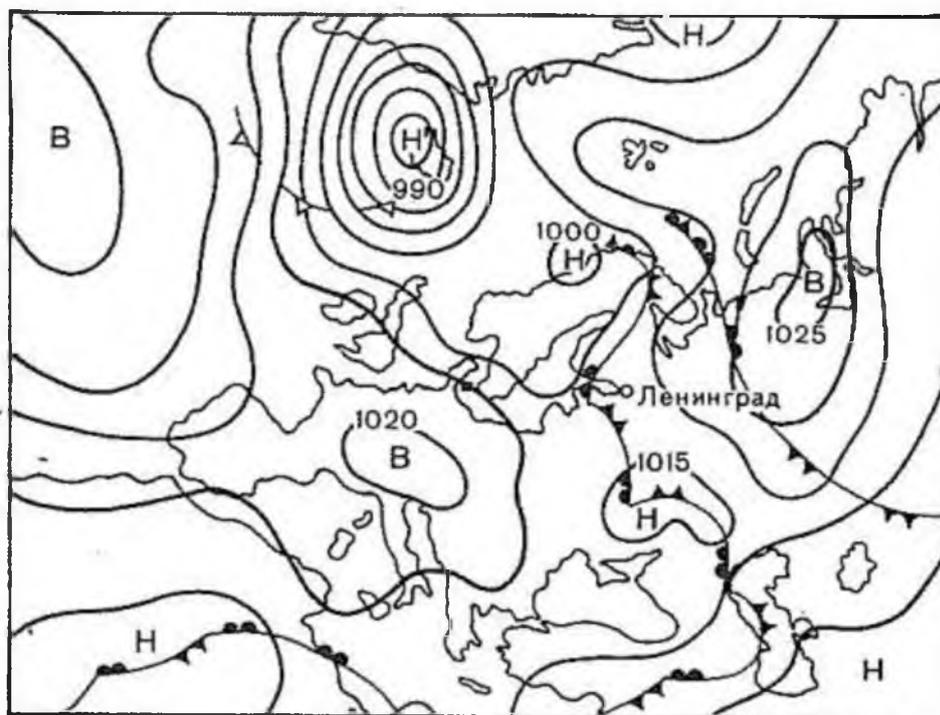


Рисунок 2.2. – Карта синоптической ситуации 8 июля 2006 г [10, с.104]

В результате проанализированной атмосферной циркуляции, можно отметить, что, при формировании климата Санкт-Петербурга определяющая роль принадлежит циркуляции атмосферы, которая обуславливает резкие изменения погодных условий на территории города.

В течение всего года в Ленинградской области преобладают воздушные массы западной составляющей, приносящие с собой Атлантический воздух, который обуславливает на территории Санкт-Петербурга морской тип климата с относительно мягкой зимой и прохладным летом, и частым выпадением осадков [10, с.105].

Наибольшее влияние на климат оказывает циклоническая деятельность, особенно в холодное время года, в теплое время года циклоническая деятельность ослабевает.

3 Анализ города Санкт-Петербурга по режиму осадков

3.1 Основные климатические характеристики Санкт-Петербурга

Климат Санкт-Петербурга характеризуется высокой влажностью воздуха, умеренно теплым и влажным летом и довольно продолжительной умеренно холодной зимой с частыми оттепелями.

В связи с особенностями циркуляции атмосферы зимой наиболее холодными районами Санкт-Петербурга являются восточные и северо-восточные районы, а самыми теплыми – юго-западные.

Летом изменчивость значений температуры воздуха по территории невелика [13, с.46].

Особенностью климатических условий на территории Санкт-Петербурга является неоднородность погодных условий, обусловленная большой протяженностью с запада на восток, разнообразием ландшафтов и близостью крупных водоемов (Финский залив Балтийского моря, Ладожское и Онежское озера).

Немалую роль в формировании климата на территории Санкт-Петербурга играют местные факторы, к которым относятся регулирующая роль крупного водоема (Финский залив), а также мелких озер, болотных массивов и характер рельефа.

Влияние Финского залива проявляется в изменении суточного и годового хода температуры воздуха, когда минимум температуры смещается с января на февраль, и в сглаживании различий в температурном фоне между июлем и августом.

Разнообразие синоптических процессов и частая смена воздушных масс являются причиной больших межсуточных колебаний метеорологических параметров.

Отличительной особенностью режима давления в Санкт-Петербурге, как и на всем северо-западе Европейской территории России, является большая изменчивость во времени, особенно в холодный период, что обусловлено

интенсивной циклонической деятельностью. Причем диапазон изменения атмосферного давления очень широкий — от 953,8 гПа (декабрь 1902 г.) до 1064,3 гПа (январь 1907 г.) [10, с.116].

В городе Санкт-Петербурге изменение значений атмосферного давления от месяца к месяцу невелики. Максимум давления воздуха 1014,6 гПа отмечается в мае, минимум, равный 1010,1 гПа, приходится на июль.

Годовая амплитуда атмосферного давления близка к значениям над океаном — всего 4,5 гПа (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Среднее многолетнее атмосферное давление в Санкт-Петербурге за период с 1991 по 2020гг, гПа

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1013,4	1013,7	1013,3	1013,6	1015,6	1011,4	1010,1	1010,6	1012,5	1013,6	1013,7	1013,3	1012,8

С октября по апрель среднее месячное давление воздуха почти не меняется и колеблется от 1013,3 до 1013,7 гПа (рисунок 3.1).

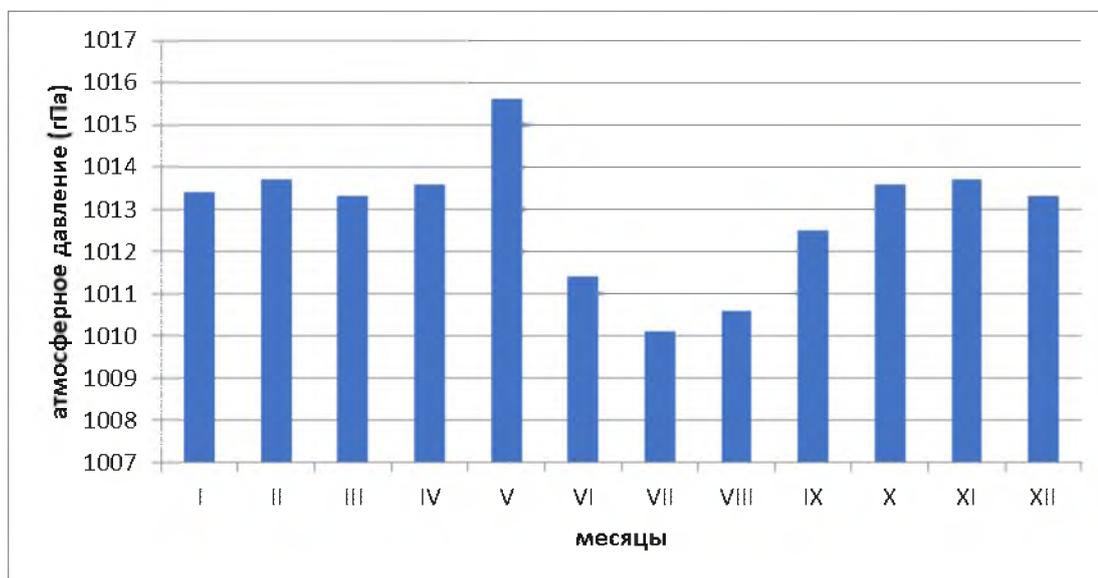


Рисунок 3.1– Среднее многолетнее значение атмосферного давления в Санкт-Петербурге, гПа

В это время года над Санкт-Петербургом располагается северо-западная окраина области повышенного давления в азиатском антициклоне, охватывающая почти всю территорию РФ.

В мае происходит перестройка барического поля атмосферы с зимнего режима на летний. Начинается прогревание континента, азиатский антициклон исчезает. Океан и морские побережья, в том числе и район Санкт-Петербурга оказываются холоднее внутренних районов.

Перепады температуры воздуха, обусловленные сменой воздушных масс, могут значительно превышать амплитуду суточных колебаний и нередко достигают $\pm 20^{\circ}\text{C}$ и более (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Средняя и экстремальная температура воздуха на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг, $^{\circ}\text{C}$

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$												
-4,3	-5	-1	5,4	10,9	15,9	18,8	17,1	11,8	6,2	0,0	-3	6,1
Абсолютный максимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$												
8,6	10,2	14,9	25,3	30,9	34,6	34,3	33,5	30,4	21,0	12,3	10,9	34,6
Средний максимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$												
-0,5	-0,4	4,5	10,2	16,1	20,6	22,9	21,3	15,4	9,1	1,9	0,2	10,1
Средний минимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$												
-6,1	-6,7	-2,5	2,6	7,1	11,9	14,7	13,7	8,8	4,3	-2	-5,5	3,4
Абсолютный минимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$												
-35,9	-35,2	-29,9	-21,8	-6,6	0,1	4,9	1,3	-3,1	-12,9	-22,2	-34,4	-35,9

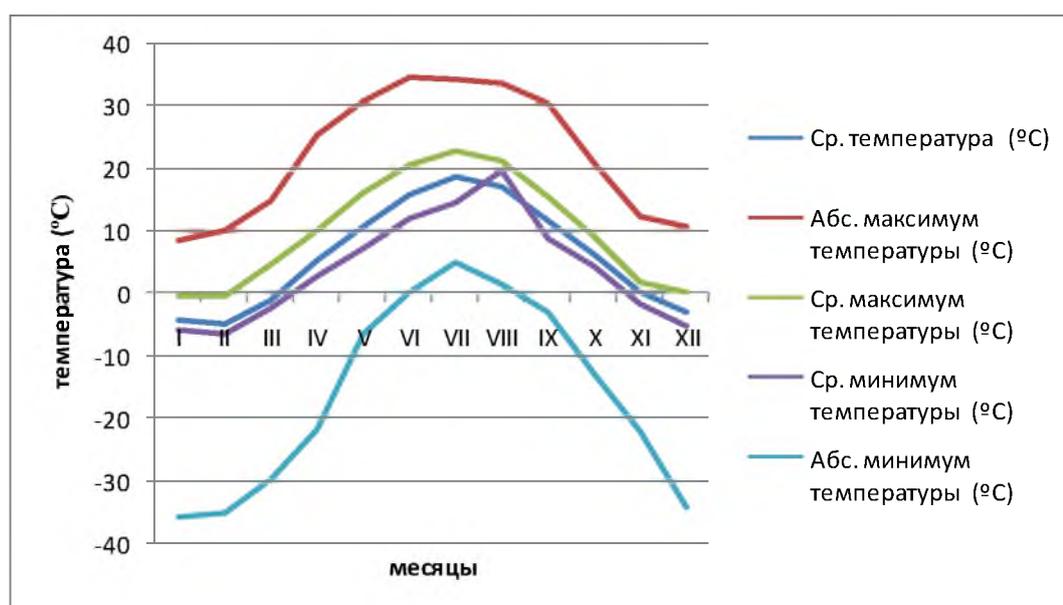


Рисунок 3.2– Средняя и экстремальная температура воздуха на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг, $^{\circ}\text{C}$

Годовой ход относительной влажности противоположен ходу температуры воздуха, т.е., с ростом температуры воздуха относительная влажность уменьшается.

Вследствие преобладания в течение всего года морских воздушных масс, поступающих с Атлантики, относительная влажность на территории Ленинградской области во все месяцы высокая - примерно 74... 90%.

В период с сентября по январь даже наименьшие ее значения не опускаются ниже 75... 80 % [10, с.119].

Наименьшая относительная влажность, равная 56 % отмечается в мае и не совпадает с наступлением максимума температуры воздуха. В это время в район Санкт-Петербурга часто приходят холодные, содержащие мало влаги, воздушные массы (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг, %

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
78	65	68	56	56	61	62	66	73	78	82	83	75

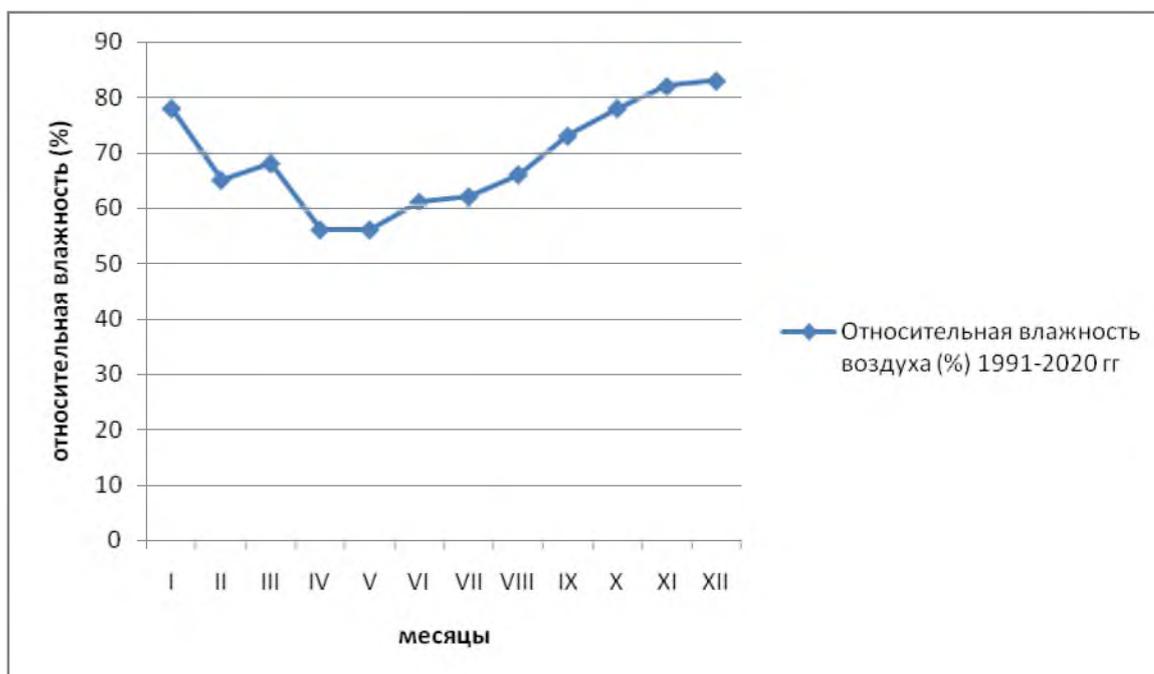


Рисунок 3.3 – Годовой ход влажности воздуха на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг

В Санкт-Петербурге преобладают ветры западного, юго-западного и Южного направлений. Повторяемость их в среднем за год превышает 50%. (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Средняя повторяемость направлений ветра (1990—2020гг), %

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	5	10	9	13	10	18	15	11	9
II	6	10	11	14	18	15	17	9	11
III	8	15	11	8	12	15	22	9	14
IV	6	13	9	10	15	15	23	9	12
V	8	23	9	7	8	11	24	10	12
VI	9	13	6	8	10	15	28	11	10
VII	9	19	9	8	8	15	22	10	15
VIII	7	15	8	11	12	21	18	8	13
IX	7	9	5	10	17	22	18	12	17
X	9	6	7	11	18	21	15	13	11
XI	4	6	10	16	24	21	9	10	8
XII	5	7	9	15	20	21	12	11	8
Год	7	12	9	11	15	17	19	10	12

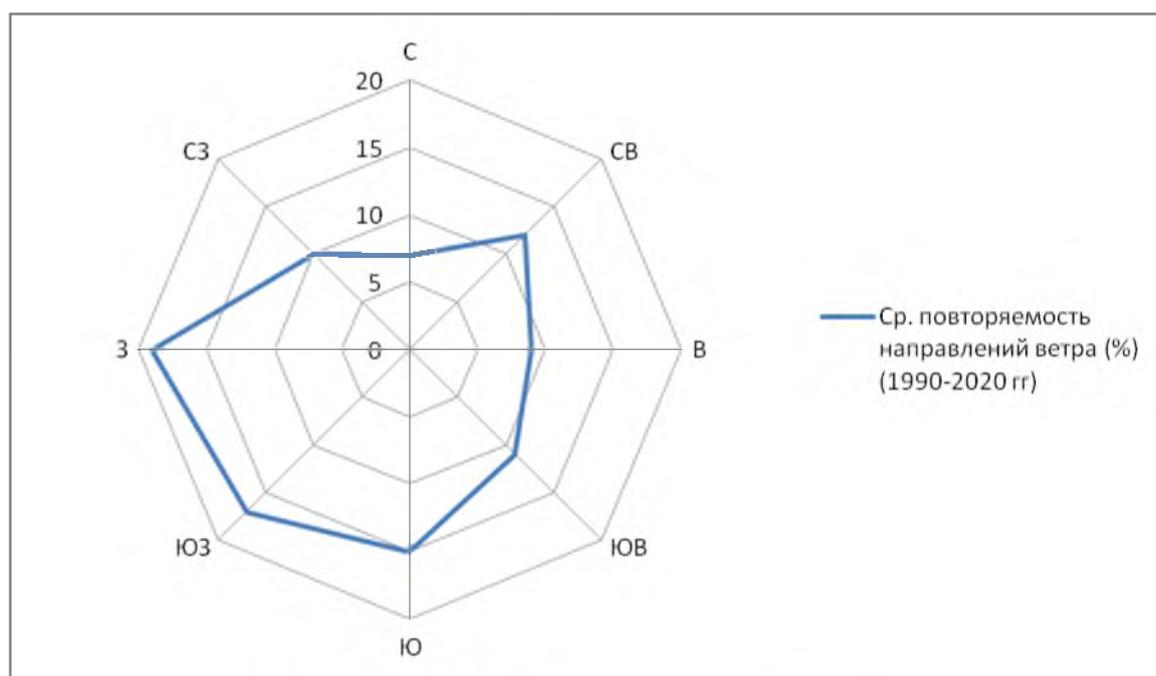


Рисунок 3.4 – Роза ветров Санкт-Петербурга

Ветры преобладающих направлений, как это обычно бывает, являются и наиболее сильными: 3,3 ... 3,7 м/с. Реже наблюдаются восточные и северные ветры, средняя скорость их не превышает 3 м/с. Изменение направления ветра по сезонам невелико. Осенью и зимой, когда сильно развита циклоническая деятельность, чаще всего отмечаются ветры западной, южной и юго-западной четверти горизонта со средними месячными скоростями более 4 м/с [10, с.124].

Менее характерны в это время ветры северного, северо-восточного и восточного направлений, средняя месячная скорость которых не превышает 3 м/с. Самые существенные изменения в ветровом режиме обнаруживаются при переходе от зимы к лету.

Циклоническая деятельность в теплый период заметно ослабевает, и скорости ветра в Санкт-Петербурге в целом уменьшаются. Однако сохраняется преобладание западного ветра, а его скорость даже летом составляет 3,3 ... 3,5 м/с. Зато повторяемость северо-восточного ветра > от зимы к лету возрастает в два раза. В мае, июле и августе северо-восточный ветер бывает так же часто, как и западный. Летом повторяемость штилей в полтора раза выше, чем зимой.

В теплый период имеет место суточная периодичность изменения направления ветра, связанная с бризовым эффектом. Многолетняя средняя месячная скорость ветра в Ленинградской области не остается постоянной в течение года, но изменения эти незначительны. Годовая амплитуда составляет всего 1 м/с.

Самые большие средние месячные скорости отмечаются в осенне-зимний период (максимум 3,4 м/с в декабре, январе) (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Средняя многолетняя скорость ветра в Ленинградской области за период наблюдений с 1991 по 2020гг, м/с

скорость ветра	I	II	III	IV	V	VI	VI	VIII	IX	X	XI	XII	Год
средняя	3,4	3,1	3,0	2,9	2,8	2,9	2,6	2,4	2,7	3,2	3,3	3,4	3,0
максимальная	12	12	17	12	17	12	12	12	17	14	12	17	17
порывы	19	20	18	18	20	20	18	18	20	20	18	22	22

В теплый период ветер слабее, минимальные значения скорости приходятся на самые теплые месяцы — июль и август (рисунок 3.5).

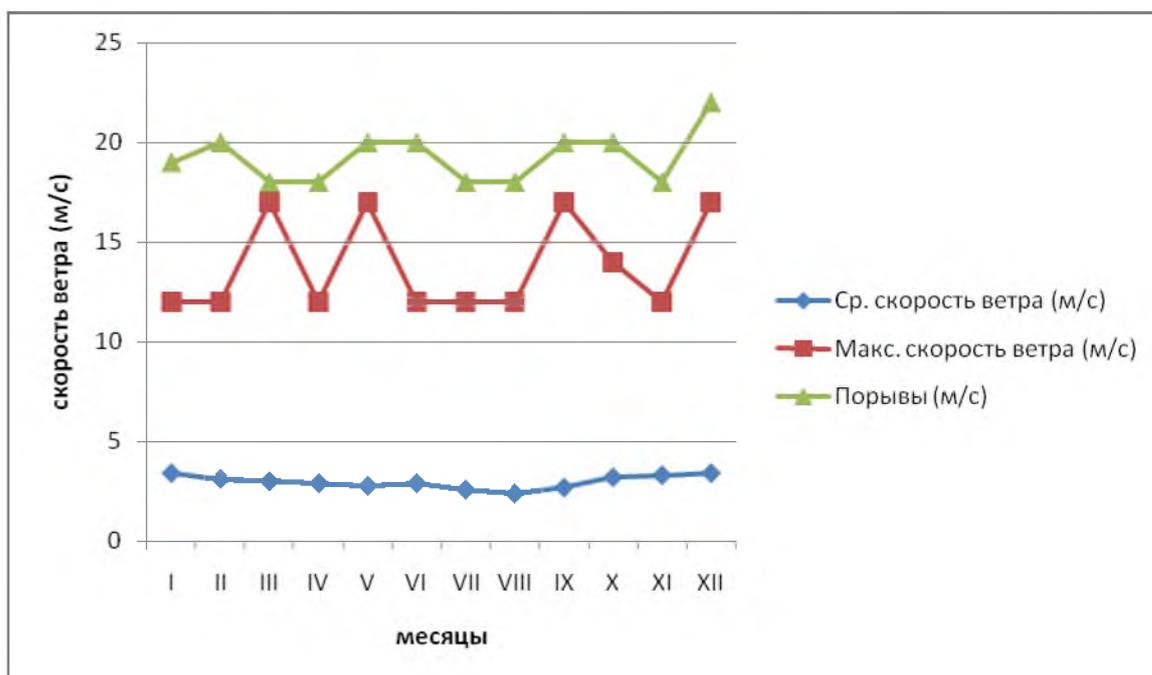


Рисунок 3.5 – Годовой ход скорости ветра на территории Санкт-Петербурге за период с 1991 по 2020гг, м/с

В районах Ленинградской области, находящихся вблизи Финского залива, в малооблачную погоду на фоне слабых барических градиентов формируется дневной бриз — ветер со скоростью 2 ... 3 м/с, направленный с прохладной водной поверхности на прогретое солнцем побережье [10, с.118].

В пасмурную ветреную погоду разность температур вода — суша бывает незначительной, и бризовая циркуляция отсутствует.

На территории Санкт-Петербурга наблюдаются практически все опасные метеорологические явления: сильные ветры, в т.ч. шквалы и смерчи, снегопады, метели, гололед, туман, сильные морозы, кратковременные интенсивные ливни и продолжительные дожди, грозы, град, лесные пожары, засуха и наводнения.

Вследствие многообразия процессов смены погоды границы сезонов выражены неотчетливо и могут значительно отличаться от года к году.

В таблице 3.6 приводятся осредненные значения дат начала и конца сезонов и их продолжительность для всего региона.

Таблица 3.6 – Средняя многолетняя граница климатических сезонов и их продолжительность [10, с.121]

	Начало сезона	Окончание сезона	Продолжительность, дни
зима	5.XII	16.III	102
весна	17.III	2.VI	77
лето	2.VI	12.IX	102
осень	12.IX	4.XII	84

Зима на территории города продолжается в среднем 3,5 месяца (с начала декабря до середины марта). Первый снег обычно выпадает в середине октября и, как правило, быстро тает.

Снежный покров в Санкт-Петербурге появляется в среднем 1 ноября, что на 2... 6 дней позже, чем в пригородах. На побережье Финского залива его появление задерживается на 4... 7 дней по сравнению с городом (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Средние многолетние даты появления и схода снежного покрова

МС	Число дней со снежным покровом	Даты появления снежного покрова			Даты схода снежного покрова		
		средняя	самая ранняя	самая поздняя	средняя	самая ранняя	самая поздняя
Санкт Петербург ИЦП	133	1.XI	3.X	27.XI	15.IX	25.III	9.V
Токсово	147	29.X	10.X	4.XII	17.IX	30.III	9.V
Ломоносов	126	8.XI	13.X	5.XII	12.IX	8.III	1.V
Ропша	142	30.X	2.X	9.XII	19.IX	23.III	19.V
Любань	140	30.X	22.X	24.XI	17.IX	24.III	6.VI

Образовавшийся снежный покров из-за частых оттепелей неоднократно стаивает и вновь появляется. Этот период иногда называют предзимьем и длится он около месяца. С наступлением устойчивых морозов в первой декаде декабря залегание снежного покрова становится постоянным.

Для первой половины зимы, вследствие преобладания западного переноса

воздушных масс, характерна пасмурная, ветреная, с частыми осадками и оттепелями погода.

Во второй половине зимы зональная циркуляция чаще нарушается вторжениями арктического воздуха - холодного и сухого. Облачность заметно уменьшается, оттепели отмечаются реже.

В зависимости от особенностей атмосферной циркуляции отдельные зимы могут быть как экстремально теплыми, так и экстремально холодными.

Средняя многолетняя температура зимой понижается от -5°C в декабре до $-8,5^{\circ}\text{C}$ в феврале.

Изменчивость средних месячных температур от года к году может существенно превышать их средние многолетние значения. Так, например, январь 1987 г был на 10°C ниже нормы, а февраль 1990г почти настолько же выше нормы [10, с.126].

Весна продолжается в среднем с середины марта до начала июня. Характерной особенностью весеннего периода являются волны тепла и волны возвраты холода.

Во второй половине апреля – в начале мае с выносом воздуха из южных широт на некоторое время может установиться летняя жара с температурой до $25^{\circ}\text{-}30^{\circ}\text{C}$, а при вторжениях арктического воздуха, даже в конце мая - начале июня, наблюдаются заморозки и может образоваться кратковременный снежный покров.

Относительная влажность и число дней с осадками в это время года - наименьшие, а количество ясных дней - наибольшее в году. Продолжительность осадков уменьшается от 130 час в марте до 60 час в мае. Усиления ветра наблюдаются значительно реже, чем зимой.

Лето — умеренно теплое и длится в среднем от начала июня до конца первой декады сентября.

Средняя многолетняя температура летних месяцев составляет от 14 до 17°C . Самый теплый месяц - июль. За весь имеющийся период наблюдений наиболее теплым было лето 1972 г., когда средняя месячная температура была

на 3-4°C выше средней многолетней в каждом месяце, а самым холодным - лето 1976 г, когда все летние месяцы были на 1-3°C холоднее обычных [10, с.129].

Количество осадков в этот период является самым большим по сравнению с другими сезонами.

Большинство опасных явлений (ливни, грозы, град, шквалы) связаны с конвективной облачностью, развивающейся как на атмосферных фронтах, так и внутри неустойчивых влажных воздушных масс.

Значительные усиления ветра в основном кратковременны и имеют шквалистый характер, а повторяемость штилей - наибольшая.

Для осени характерны длительные периоды ненастной и дождливой погоды. Продолжительность осадков увеличивается в 2-3 раза, а продолжительность солнечного сияния сокращается от 140 часов в сентябре и до 25 - в ноябре [10, с.132].

В сентябре и октябре за счет интенсивных волн тепла часто бывает период солнечной и теплой погоды, называемый «бабьим летом».

В годы, когда наблюдается это явление, осень бывает теплой и сравнительно сухой. Морозная погода и устойчивый снежный покров иногда устанавливаются в конце октября, особенно в годы с интенсивными и частыми вторжениями арктического воздуха.

Средняя многолетняя температура воздуха понижается от +11°C в сентябре и до 0°C - в ноябре.

Самой теплой за последние 30 лет была осень 1974 г, когда средняя месячная температура всех месяцев была на 2-3°C выше нормы, а самой холодной - осень 1993 г, когда все месяцы оказались на 1-5°C ниже нормы [10, с.136].

Самым холодным месяцем на большей части территории является январь, в восточной части области, температура которого колеблется от -8 в западной до -11 довольно близка к нему температура февраля, который является самым холодным месяцем на Карельском перешейке. Самым жарким месяцем является июль.

3.2 Режим атмосферных осадков на территории г. Санкт-Петербурга

Ленинградская область, включая столицу г. Санкт-Петербург по своему географическому местоположению попадает в зону избыточного увлажнения.

Выпадение осадков в Санкт-Петербурге определяется главным образом интенсивностью циклонической деятельности, которая заключается в чередовании воздушных масс с Атлантического океана и холодных из района Арктики [8, с.118].

Интенсивная циклоническая деятельность определяет режим осадков в течение года и даже летом, когда она ослабевает, осадки внутримассового характера составляют незначительную часть.

По многолетним данным, за год выпадает 618 мм осадков (таблица 3.8, рисунок 3.6).

Таблица 3.8 – Среднее многолетнее количество атмосферных осадков на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг, мм

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
39	36	32	37	48	65	65	84	66	56	48	42	618

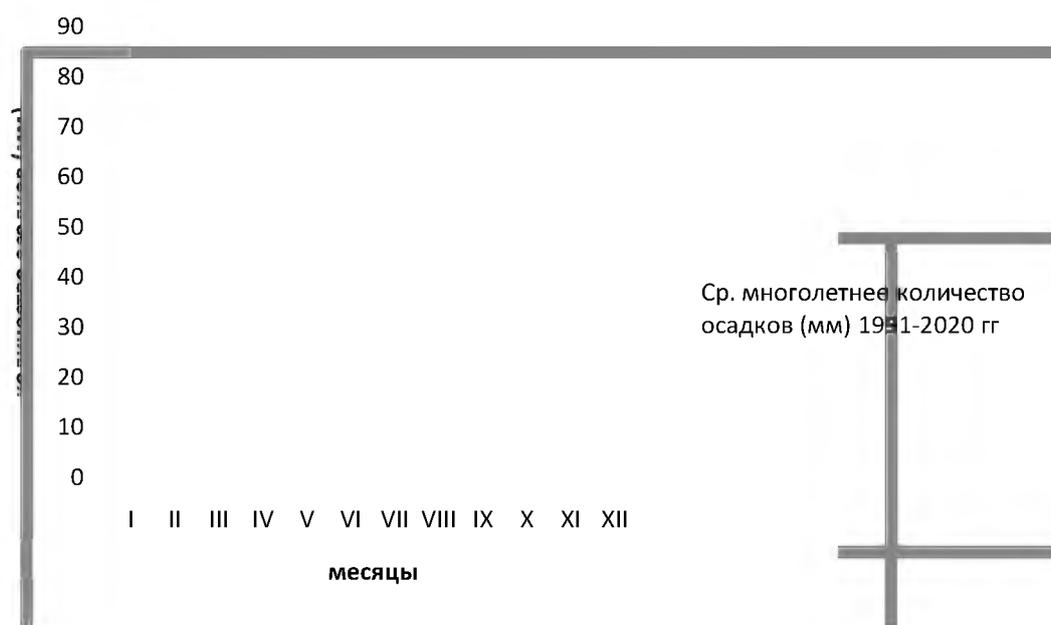


Рисунок 3.6 – Годовой ход атмосферных осадков на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг, мм

В годовом ходе минимальное осадков наблюдается в феврале-апреле, максимальное в июле-августе. Максимум осадков в Санкт-Петербурге приходится обычно на август - 84 мм, а минимум на март 32 мм.

Более половины выпадающих осадков являются жидкими (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Доля твердых, жидких и смешанных осадков от общего количества, выпавших на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг, %

вид	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
твердые	68	69	60	27	1					8	32	46	26
жидкие	4	2	5	48	88	100	100	100	99	72	27	14	55
смешанные	28	29	25	25	11				1	20	41	40	19

Твердые осадки в городе не наблюдаются лишь с июня по сентябрь, а смешанные не бывают только в июле и августе. В июне, например, мокрый снег выпадал в 1991 и 1998 г (рисунок 3.7).

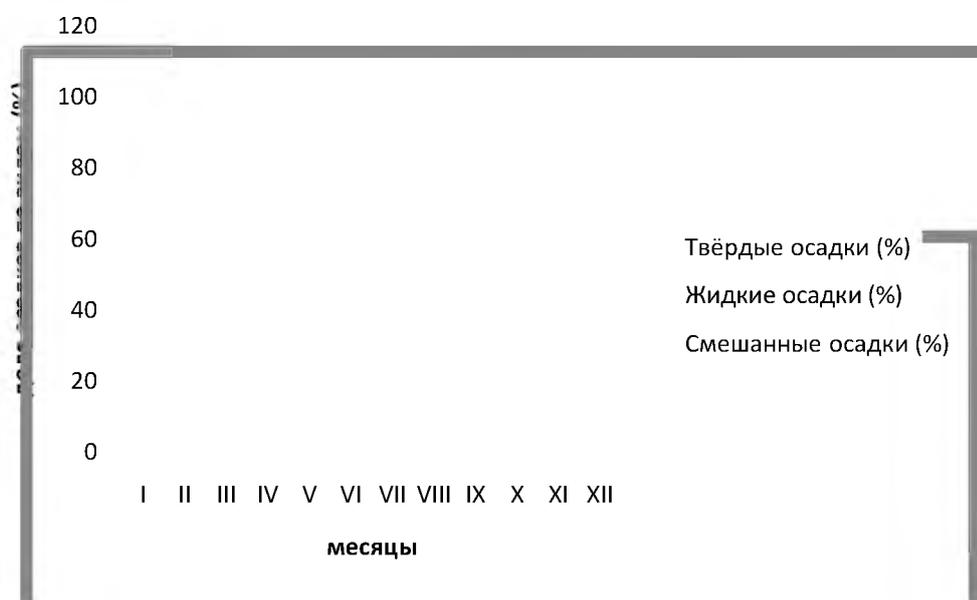


Рисунок 3.7– Доля твердых, жидких и смешанных осадков, %

Несмотря на преобладание летних осадков, число дней с осадками зимой больше, чем летом, т.е. годовой ход повторяемости осадков противоположен годовому ходу их количества.

Зимой преобладают осадки обложного характера и преимущественно в твердом виде, но часто в периоды оттепелей наблюдаются дожди (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Среднее число дней с осадками различного вида на территории Санкт-Петербурга за период с 1991 по 2020гг, дни

вид	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
твердые	16	14	10	4	0	0	0	0	0	2	7	11	65
жидкие	1	1	1	7	10	13	14	14	16	12	6	3	95
смешанные	5	4	4	4	1	0	0	0	0	3	6	6	34
всего	22	19	15	15	11	13	14	14	16	17	19	20	194

Осадки в Санкт-Петербурге выпадают довольно часто: больше половины дней в году (194 дня) дни с осадками различного вида (рисунок 3.8).

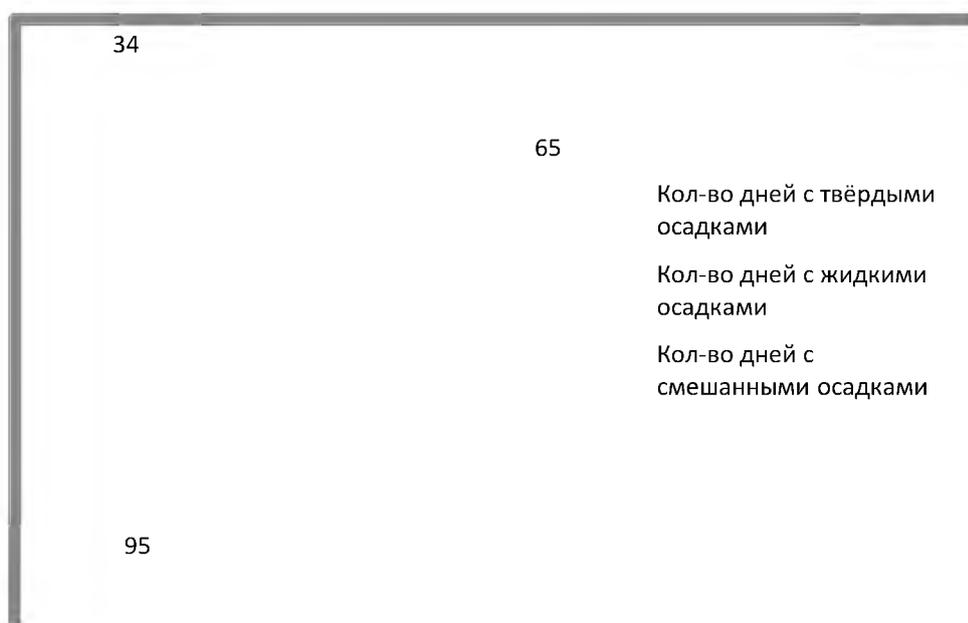


Рисунок 3.8 – Среднее число дней с осадками различного вида на территории Санкт-Петербурга, дни

В Санкт-Петербурге в течение года преобладают обложные осадки, на долю которых приходится 70 % годовой суммы осадков. С одинаковой

вероятностью они выпадают как днем, так и ночью.

Значительно реже бывают ливневые осадки, которые с небольшим преимуществом несколько чаще отмечаются днем.

Непрерывная длительность обложных осадков обычно (77%) не превышает 12 ч, а примерно один раз в два года они могут идти 60 ч подряд.

Ливневые осадки в большинстве своем (80%) непрерывно длятся 2 ч и менее (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Повторяемость осадков в Санкт-Петербурге по их видам за период с 1991 по 2020гг, %

Обложные		Ливневые		Обложные и ливневые	
Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День
71	66	16	20	13	14

Изменчивость месячных сумм осадков из года в год довольно велика, особенно в теплый период.

В теплое время года бывают периоды, когда на продолжительное время устанавливается пасмурная, ненастная погода, и дожди идут 6... 7 и даже более дней подряд [24, с.26].

Отдельные случаи выпадения дождей бывают даже зимой, и их доля в месячной сумме осадков с декабря по февраль составляет 2... 14 %.

Абсолютный максимум осадков за весь период наблюдений представлен в таблице 3.12 и рисунке 3.9.

Таблица 3.12 – Абсолютный максимум и минимум атмосферных осадков за период с 1991 по 2020гг, мм

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
мах	92	67	72	72	115	146	154	203	178	110	106	93	825
мин	5	8	1	8	3	11	5	1	11	11	9	11	417

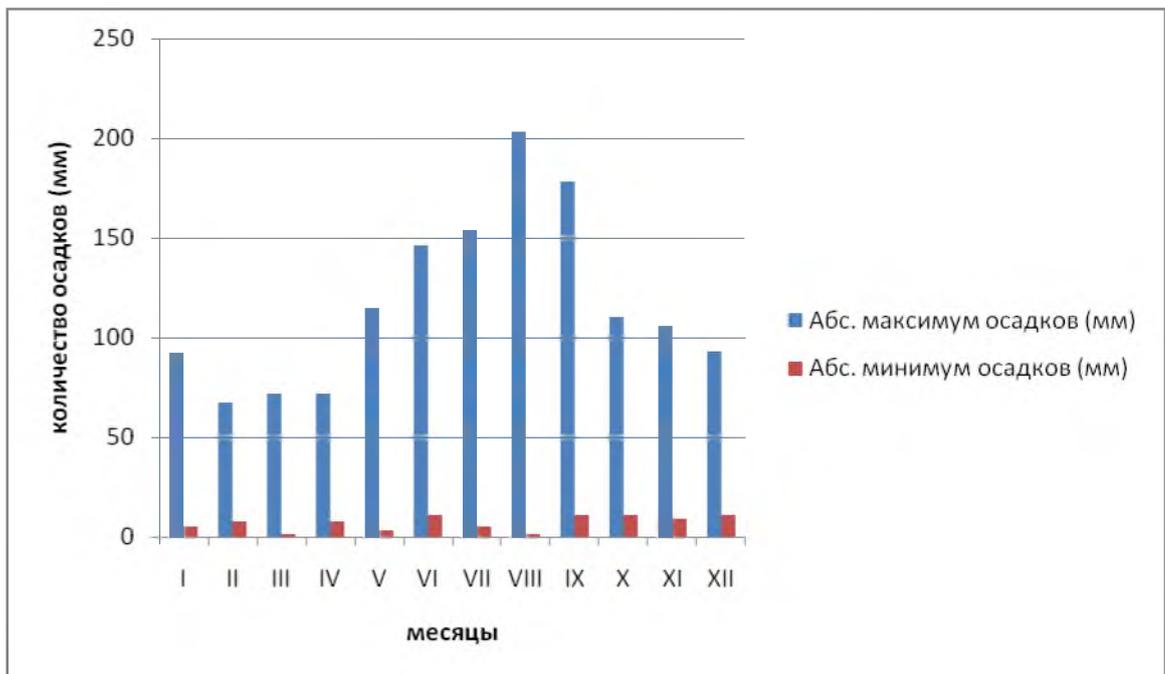


Рисунок 3.9 – Абсолютный максимум и минимум атмосферных осадков, мм

Для большинства месяцев суммы осадков в отдельные годы чаще всего находятся в пределах нормы или с отклонениями от нее не более чем на $\pm 25\%$

Более значительное отклонение количества осадков от нормы в сторону увеличения отмечается обычно в теплое время года с июня по сентябрь, с максимумом повторяемости в августе, когда выпавшие осадки превышают норму почти в 40 % лет [24, с.32].

Отклонение количества осадков от нормы в сторону уменьшения наблюдается в холодное время года (с января по апрель), с минимумом повторяемости в марте, когда выпавшие осадки ниже нормы почти в 25 % лет (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Повторяемость годового максимума и минимума осадков за период с 1991 по 2020гг, %

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
мах	0	0	1	1	5	13	21	39	12	5	2	1
мин	10	20	25	16	7	2	5	1	2	2	6	4

Осадки, отличаясь большой изменчивостью во времени и пространстве

крайне неравномерно выпадают и в течение месяца. В летние месяцы средний суточный максимум имеет наибольшие значения 17.....23 мм, но один раз в год.

Летом в Санкт-Петербурге может выпасть за одни только сутки половина месячной нормы осадков (30...40 мм). В холодный период суточный максимум не превышает 7...10 мм, а в отдельные годы возможно выпадение 20....30 мм осадков (таблица 3.14, рисунок 3.10).

Таблица 3.14 – Средний многолетний суточный максимум количества осадков в Санкт-Петербурге за период с 1991 по 2020гг, мм

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
средний	7	7	7	10	14	17	19	23	15	12	10	8
абсолютный	23	13	26	26	56	42	56	76	34	28	28	17

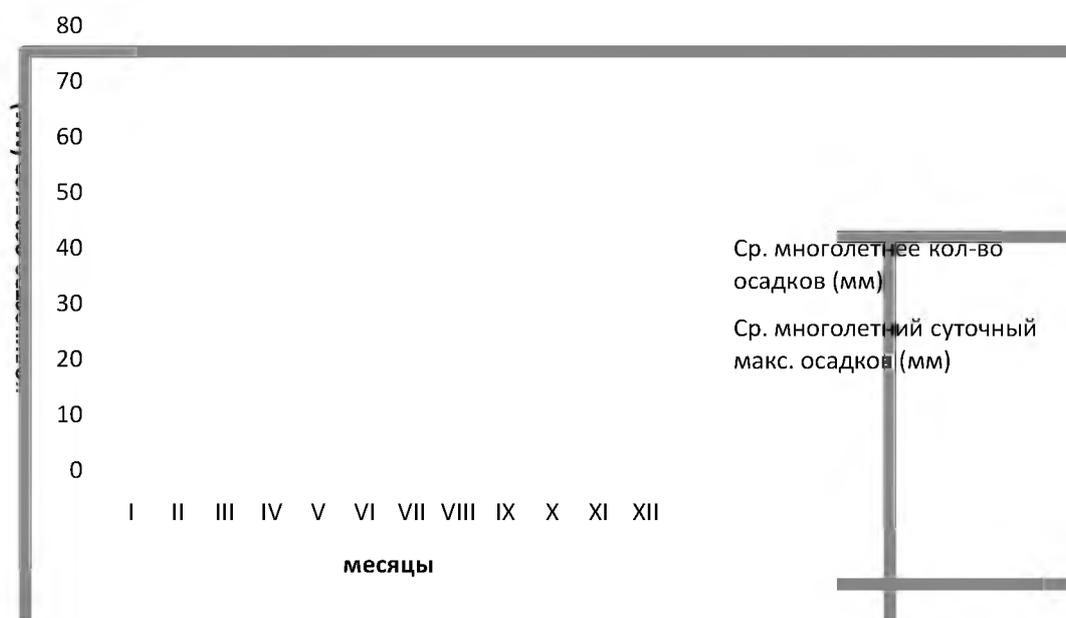


Рисунок 3.10 – Средний многолетний суточный максимум атмосферных осадков, мм

Суточный максимум отражает всего лишь кратковременное состояние режима увлажнения и относится к такой изменчивой в пространстве и во времени характеристике, как ливни. Даже в пределах города при одной и той же синоптической ситуации поле ливневых осадков оказывается очень

неоднородным и количество выпавших осадков в ближайших пунктах существенно различаются между собой.

Одной из основных характеристик осадков является их интенсивность.

В холодный период года, когда в Санкт-Петербурге преобладают продолжительные обложные осадки, интенсивность их не велика, в среднем 0.2...0.4 мм/ч. В летние месяцы интенсивность возрастает до 1.1...1.3 мм/ч за счет ливневых осадков (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Средняя многолетняя интенсивность осадков в Санкт-Петербурге за период с 1991 по 2020гг, мм/ч

Месяц	Интенсивность		Месяц	Интенсивность	
	мм/ч	мм/мин		мм/ч	мм/мин
I	0,2	0,003	VII	1,3	0,021
II	0,2	0,003	VIII	1,3	0,021
III	0,3	0,005	IX	0,8	0,013
IV	0,5	0,008	X	0,5	0,008
V	0,7	0,011	XI	0,4	0,006
VI	1,1	0,018	XII	0,3	0,005

Интенсивность осадков - величина очень изменчивая. В течение одного дождя, особенно летом, независимо от его продолжительности она может меняться в широких пределах (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Средняя многолетняя максимальная интенсивность осадков в теплый период года за период с 1991 по 2020гг, мм/мин

Характеристика	Интервал времени					
	мин			час		
	10	20	30	1	12	24
макс	2,1	1,5	1,2	0,7	0,1	0,05
Дата	13. VII	13. VII		12. VII	7-8. VIII	7-8. VIII
Год	1999	1999		2000	2000	2000
Слой воды	21	30	36	42	72	72

Максимальная интенсивность осадков вблизи Финского залива по сравнению с районами, удаленными от него, несколько уменьшается, что хорошо видно в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Максимальная интенсивность осадков для различных интервалов времени в разных районах г. С-Петербург за период с 1991 по 2020гг, мм/мин

Район города	Интервал времени						
	мин				час		
	5	10	20	30	1	12	24
Центральная часть, старая застройка	2,5	2,1	1,5	1,2	0,7	0,1	0,05
Западная окраина побережье Финского залива	1,8	1,3	1,0	0,7	0,4	0,05	0,03

Показательной характеристикой режима увлажнения является число дней с осадками (таблица 3.18).

Таблица 3.18 – Число дней с осадками различной величины в Санкт-Петербурге за период 1990 - 2020гг, дни

Месяц	Градация осадков, мм					
	$\geq 0,1$	$\geq 0,5$	≥ 1	≥ 5	≥ 10	≥ 20
I	9,1	7,5	6,4	3,3	1,8	0,8
II	7,2	5,9	5,1	2,9	1,6	0,5
III	7,6	6,1	5,0	2,4	1,1	0,4
IV	11,9	9,9	9,3	5,1	3,3	1,0
V	10,5	8,8	7,3	3,3	2,2	0,7
VI	8,5	7,4	6,6	3,6	2,5	1,3
VII	7,4	6,3	5,9	3,7	2,5	1,5
VIII	7,3	6,5	6,2	4,2	3,1	1,8
IX	8,3	7,3	6,6	4,3	3,1	2,0
X	11,2	8,8	7,4	3,2	1,4	0,3
XI	11,0	8,9	7,5	3,5	1,9	0,6
XII	10,9	8,9	7,8	4,0	2,0	0,7

С учетом количества осадков и термических условий число дней с осадками позволяет судить о том, какой климат сухой или дождливый.

За день с осадками принято считать сутки, в течение которых выпадает 0,1 мм и более осадков.

Наиболее часто, до 18...21 дня в месяц, осадки бывают с ноябрь по февраль, при этом только в одном-двух днях выпавшие осадки составляют 5 мм и более.

Летом они идут реже, 14...16 дней в месяц, но число дней с осадками 5 мм и более увеличивается до 4...5.

Общая продолжительность осадков в Санкт -Петербурге за год составляет 1559 час, а максимальное число часов возможно до 2000.

Наиболее продолжительные осадки зимой, в среднем за месяц до 220...240 ч, а в отдельные годы-до 350...400 час (таблица 3.19, рисунок 3.19).

Таблица 3.19 – Средняя и максимальная суммарная продолжительность осадков по месяцам и в год, в Санкт-Петербурге за период 1990 - 2020гг, час

вид	I	II	III	IV	V	VI	VI	VI	IX	X	XI	XII	Год
средняя	241	216	132	95	66	60	52	64	79	120	179	227	1559
макс	352	396	239	187	140	172	98	107	217	224	389	370	1985

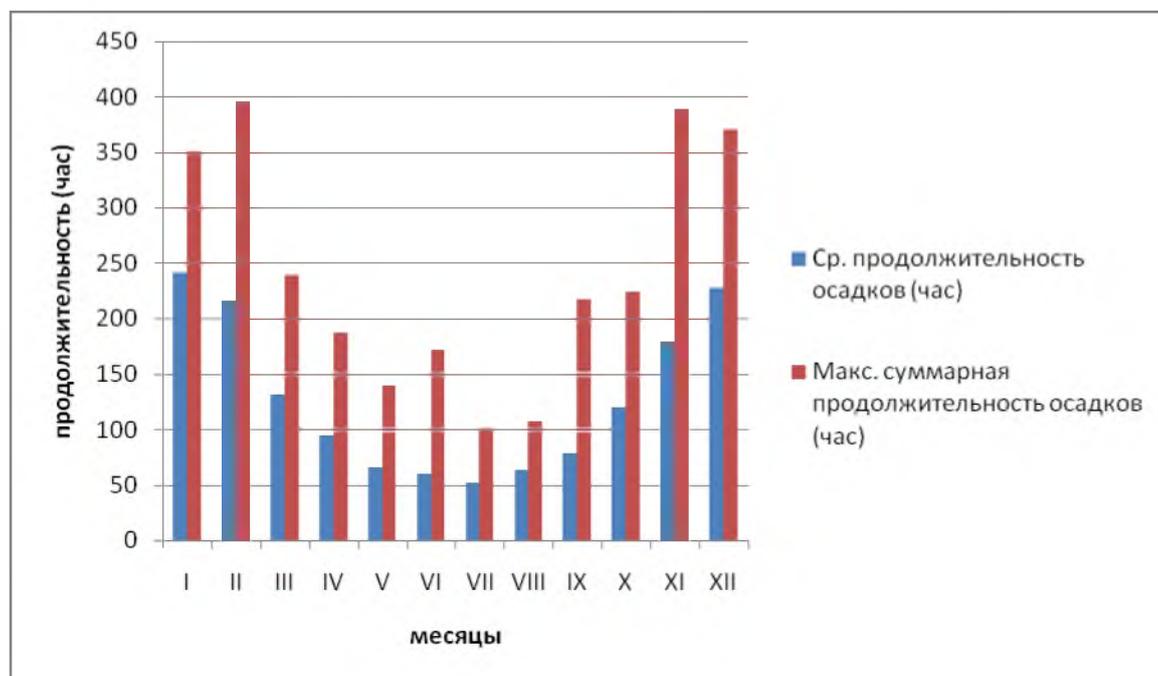


Рисунок 3.11 – Средняя и максимальная суммарная продолжительность осадков по месяцам и в год, час

Летом, несмотря на то, что месячные суммы осадков почти в два раза больше, чем зимой, осадки, как правило, кратковременны и в сумме за месяц продолжительность их составляет только 50... 60 ч, но в отдельные годы может увеличиваться до 100... 170 ч.

Средняя продолжительность выпадения осадков в день с осадками уменьшается от зимы (10... 11 ч) к лету - около 4 час (таблица 3.20).

Таблица 3.20 – Средняя продолжительность осадков в день, час

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10,4	11	8,4	6,4	5,1	4,2	3,7	4,3	5,0	6,9	8,4	11.1

Вовремя медленно движущихся глубоких и обширных циклонических систем непрерывно выпадающие осадки бывают очень длительными.

Даже в июле, в самом жарком месяце года, максимальная непрерывная продолжительность осадков достигает 22 ч, а в другие месяцы теплого периода - 46 час (таблица 3.21).

Таблица 3.21 – Максимальная непрерывная продолжительность осадков в теплый период года, час

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
35	39	40	22	46	36	34

Несмотря на то, что Санкт-Петербург находится в зоне избыточного увлажнения, здесь имеют место периоды бездождья (период, когда в течение 10 дней и более осадки не выпадали совсем или их суточное количество не превышало 1 мм).

За теплый период в Санкт-Петербурге и его пригородах в среднем наблюдается до трех таких периодов с непрерывной продолжительностью 14... 15 дней.

В некоторые сырые, дождливые годы бездождных периодов совсем не бывает.

Заключение

Климат Санкт-Петербурга характеризуется высокой влажностью воздуха, умеренно теплым и влажным летом и довольно продолжительной умеренно холодной зимой с частыми оттепелями.

На территории Санкт-Петербурга характерным является частая смена погодных условий, обусловленная расположением территории на пути сходимости различных воздушных масс.

Выпадение осадков в Санкт-Петербурге определяется главным образом интенсивностью циклонической деятельности, которая заключается в чередовании воздушных масс с Атлантического океана и холодных из района Арктики.

На основании проделанной работы сделаны следующие выводы:

1. Интенсивная циклоническая деятельность определяет режим осадков в Санкт-Петербурге в течение всего года и даже летом, когда она ослабевает, осадки внутримассового характера составляют незначительную часть.

2. По многолетним данным, среднегодовое количество осадков на территории Санкт-Петербурга составляет 618 мм.

3. В годовом ходе минимальное осадков наблюдается в феврале-апреле, максимальное в июле-августе.

4. Более половины выпадающих осадков являются жидкими, зимой преобладают осадки обложного характера и преимущественно в твердом виде.

5. Несмотря на преобладание летних осадков, число дней с осадками зимой больше, чем летом, т.е. годовой ход повторяемости осадков противоположен годовому ходу их количества.

6. Осадки в Санкт-Петербурге выпадают довольно часто: больше половины дней в году (194 дня) дни с осадками различного вида.

7. В Санкт-Петербурге в течение года преобладают обложные осадки, на долю которых приходится 70 % годовой суммы осадков.

8. В холодный период года, когда в Санкт-Петербурге преобладают

продолжительные обложные осадки с малой интенсивностью.

9. Наиболее продолжительные осадки зимой, в среднем за месяц до 220...240 ч, а в отдельные годы продолжительность увеличивается до 350...400 час.

10. Летом, несмотря на то что месячные суммы осадков почти в два раза больше, чем зимой, осадки, как правило, кратковременны и в сумме за месяц продолжительность их составляет только 50... 60 ч, но в отдельные годы может увеличиваться до 100... 170 ч.

11. Вовремя медленно движущихся глубоких и обширных циклонических систем непрерывно выпадающие осадки бывают очень длительными.

Список использованной литературы

1. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616с.
2. Даринский, А.В. Ленинградская область – Л., Лениздат, 1985. – 384 с.
3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 г. – М.: Изд-во МГУ, 2022. – 104 с.
4. Дроздов, О.А., Васильев, В.А., Кобышева, Н.В. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.– 568с.
5. Исаченко, А.Г., Дашкевич, З.И., Карноухова, Е.В. Физико-географическое районирование Северо-Запада СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.– 214с.
6. Карлин, Л.Н., Ефимова, Ю.В., Никифоров, А.В. Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления // Ученые записки РГГМУ. – 2005. – № 1. – С. 22-29.
7. Кулешова, Н.В. Климат Ленинграда. – Л.: Гидрометеиздат, 1992. –265 с.
8. Кислов, А.В. Климатология: учебник / А.В. Кислов, Г.В. Суркова. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 324 с.
9. Климат Ленинграда / [Выполн. Е.В. Алтыкисом, И.М. Белявской, В.Г. Бодриной и др]; под ред. Ц.А. Швер и др. – Л.: Гидрометеиздат. 1982. – 252 с.
10. Климат Санкт-Петербурга и его изменения / Л.В. Луцько, Е.Л. Махоткина, А.Б. Лукин и др.; под ред. д.ф.-м.н. В.П. Мелешко. – СПб: ГФО, 2010. – 254 с.
11. Любов, М.С. Физическая география России: общая и региональная часть: учеб. пособие. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2015. – 183 с.
12. Малинин, В.Н., Гордеева, С.М. Североатлантическое колебание и увлажнение европейской территории России / В.Н. Малинин, С.М. Гордеева // Общество. Среда. Развитие. – Вестник СПбГУ. – СПб. – 2014. – № 2 (31) – С. 191-198.
13. Малинин, В.Н., Гордеева, С.М., Гурьянов, Д.А. Особенности температурного режима Санкт-Петербурга в современный период / В.Н.

- Малинин, С.М. Гордеева, Д.А. Гурьянов // Нерешенные проблемы климатологии и экологии мегаполисов. – Вестник СПбГУ. – СПб. – 2013. – № 1. – С. 43-46.
14. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 2006. – 380 с.
15. Неелов, А. В. Природа Ленинградской области. – Л.: Лениздат, 1987. – 131 с.
16. Павловский, А.А., Менжулин, Г.В. О динамике Санкт-Петербургских наводнений в различные климатические периоды и оценка изменений уровня Финского залива при ожидаемом глобальном потеплении // Вестник СПбГУ. – СПб. – № 2 (7) – 2009. – С. 71–83.
17. Переведенцев, Ю.П. Теория общей циркуляции атмосферы: учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, И.И. Мохов, А.В. Елисеев и др.; науч. ред. Э.П. Наумов. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 224 с.
18. Пиловец, Г.И. Метеорология и климатология: учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 399 с.
19. Покровская Т.В., Бычкова А.Т. Климат Ленинграда и его окрестностей // Т.В. Покровская, А.Т. Бычкова / – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 199 с.
20. Русин, И.Н., Арапов, П.П. Основы метеорологии и климатологии. – СПб: Гидрометеиздат, 2008. – 198с.
21. Семенченко, Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 416 с.
22. Сидорова, Л.П. Метеорология и климатология. Часть 1. Метеорология / Н.В. Лутова. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2015. – 198 с.
23. Сидоров, В.В., Климатология и метеорология. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2006. – 146 с.
24. Справочник по климату СССР. Вып. 3. Часть IX. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 327с.
25. Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов М.А. Петросянц. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 582 с.