



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в
Санкт-Петербурге»

Исполнитель Романов Александр Викторович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Ефимова Юлия Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

заведующий кафедрой

(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 09 » июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Циклоническая циркуляция.....	4
1.1 Классификация и стадии развития циклонов.....	4
1.1.1 Условия формирования и стадии развития фронтальных циклонов.....	5
1.1.2 Условия формирования нефронтальных циклонов	8
1.2 Погодные условия во внетропических циклонах	9
1.2.1 Погодные условия в зонах фронта	10
1.2.2 Погодные условия теплого фронта.....	10
1.2.3 Погодные условия холодного фронта	13
1.2.4 Погода фронта окклюзии	16
1.3 Опасные и неблагоприятные метеорологические явления.....	18
1.3.1 Опасные метеорологические явления	18
1.3.2 Неблагоприятные метеорологические явления	18
1.4 Аномальные осадки	20
2. Датчики атмосферных осадков OTT Pluvio ² 200; OTT Pluvio ² 200 RH и OTT Pluvio ² 400	22
2.1 Датчик измерения атмосферных осадков.....	22
2.2 Метеорологический радиолокатор	23
2.2.1 Методы измерения осадков	24
2.2.2 Доплеровские метеорологические радиолокаторы.....	24
2.2.3 Многопараметрические (поляриметрические) радиолокаторы.....	25
2.3 Создание автоматизированных метеорологических радиолокационных сетей с композитными картами	25
2.4 Точность измерений.....	26
3. Анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге	28
3.1 Обозначение цели и задач научно-исследовательской работы.....	28
3.2 Формирование архива данных.....	29
3.3 Анализ значений осадкомера и метеорологического радара	35
3.4 Анализ синоптической ситуации.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Прогноз сильных дождей всегда является задачей актуальной. Оперативные синоптики ориентируются на данные радара. Радар также делает прогноз на небольшой срок вперед. Существуют случаи, особенно при выпадении сильных, локальных дождей, что данные метеорологического радара и плювиографа расходятся. Задача анализа таких случаев, также синоптических ситуаций при большой разнице значений между данными метеорологического радара и плювиографом является задачей несомненно актуальной, практически значимой.

Целью работы был анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге. Работа состоит из трех глав.

В первой главе рассматривается циклонической циркуляция, а именно подробно рассмотрены особенности формирования и развития циклонов внетропических широт, погодные условия, связанные с ними, опасные явления погоды и аномальные осадки.

Во второй главе рассматриваются метеорологический радиолокатор и плювиограф, принцип их работы и способы измерения.

В третьей главе бакалаврской работы отображены результаты анализа сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге и проанализированы синоптические ситуации.

1. Циклоническая циркуляция

Одним из наиболее значимых погодообразующих барических образований является циклон. Циклон представляет собой огромный атмосферный вихрь с низким давлением в центре, восходящими движениями и конвергенцией воздушных потоков у земли. На барической карте циклон определяется как область относительно низкого давления с хотя бы одной замкнутой изобарой [4].

Циклоны могут быть разделены по широте образования на тропические и внетропические. Внетропические циклоны зарождаются на широте выше 30° . Чтобы дать более детальную характеристику конкретного циклона иногда указывается место его формирования [4].

1.1 Классификация и стадии развития циклонов

По условиям формирования, а именно по связи с атмосферными фронтами, циклоны внетропических широт могут быть разделены на фронтальные (большинство циклонов умеренных широт) и нефронтальные (тропические, полярные и термические депрессии) [3].

По району формирования (генуэзский, каспийский, мургабский, скандинавский и т.п.) [3].

По направлению движения (откуда идут): северный (ныряющий), западный, южный [3].

По вертикальному развитию: низкие (высота не более 3 км (700 гПа), по термической структуре – теплые, волновые и молодые фронтальные циклоны, а также термические депрессии) и высокие (высота 8-10 км (до тропопаузы),

по термической структуре – холодные, фронтальные циклоны в максимальной стадии развития и окклюдированные) [3].

1.1.1 Условия формирования и стадии развития фронтальных циклонов

Фронтальные циклоны чаще всего образуются на основных атмосферных фронтах (полярном или арктическом). К этому типу относится большая часть внетропических циклонов [3].

Главные атмосферные фронты имеют большую протяженность (горизонтальную и вертикальную), поэтому на них часто образуется не один фронтальный циклон, а серия циклонов. Серией циклонов называется несколько циклонов, образовавшихся на одном атмосферном фронте и следующих друг за другом [4].

Для фронтальных циклонов характерны определённые стадии развития, представленные на рисунке 1.1.

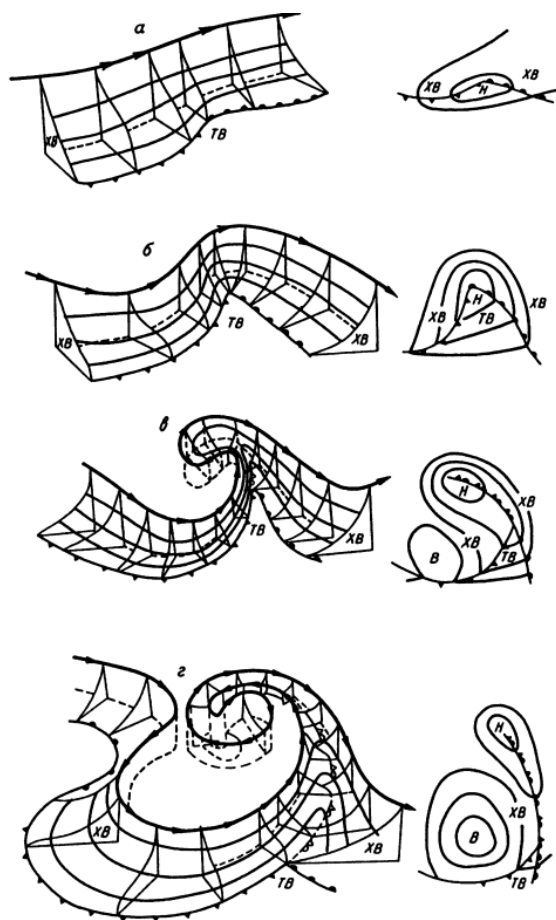


Рисунок 1.1 Стадии развития фронтального циклона; а – стадия волны, б – стадия молодого циклона, в – стадия максимального развития, г – стадия заполнения.

а) Стадия волны (начальная стадия) длится от момента проявления первых признаков зарождения нового циклона до первой замкнутой изобары [5].

На главном атмосферном фронте появляется волна, длина которой может составлять 1000 км и больше. Условиями возникновения такой волны на фронте являются контрасты температур и циклонический сдвиг ветра [3].

Образовавшаяся волна распространяется вдоль фронта обычно по направлению с запада на восток. При этом приземная линия фронта испытывает волнообразную деформацию, как и сама фронтальная поверхность. На этой стадии циклон имеет вид волнообразного возмущения

на квазистационарном главном атмосферном фронте. Стоит заметить, что амплитуда волнового возмущения довольно небольшая в сравнении с длиной волны [3].

В передней части волны происходит перемещение более тёплого воздуха в сторону более холодного. В тыловой части волны наблюдается обратная ситуация, холодный воздух смещается в сторону более тёплого [3].

У земли атмосферное давление у гребня волны падает до значений 1000–1010 гПа. На приземной карте давления наблюдается замкнутая изобара. На высотных картах замкнутых изобар не наблюдается, они имеют волнообразный изгиб [3].

Развитие циклона из волны на главном атмосферном фронте возможно только в том случае, если длина волны больше или равна 1000 км, так как только в этом случае волна обладает достаточной неустойчивостью. В этом случае давление продолжает понижаться, и образуется циклоническая циркуляция ветра вокруг центра нового циклона [3].

б) Стадия молодой циклон длится от образования первой замкнутой изобары у земли до начала окклюдирования циклона [5].

В передней части циклона продолжается продвижение тёплого воздуха на север, а в тыловой — холодного воздуха на юг. При этом основной атмосферный фронт, на котором происходит образование нового циклона, в передней его части принимает свойства тёплого фронта, а в тыловой части — холодного. Между тёплым и холодным фронтам образуется область, называемая тёплым сектором циклона, куда циклоническими потоками вовлекается тёплый воздух [3].

В течение этой стадии происходит углубление циклона. Однако, в свободной атмосфере ещё не наблюдается замкнутой циркуляции [3].

в) Стадия максимального развития характерна наиболее низким давлением в центре циклона. Центр циклона окружен множеством замкнутых изобар. Скорость ветра в центре циклона также достигает максимальных значений. На этой стадии циклон является высоким барическим образованием и прослеживается на высотах 5000 км и выше [3].

Облачные системы холодного и тёплого фронтов сливаются, формируя фронт окклюзии.

г) Стадия заполнения длится от начала роста давления в центре до полного исчезновения циклона. В этой стадии развития циклон является малоподвижным высоким барическим образованием. Давление в центре циклона растёт, циклон заполняется [3].

Центральная часть циклона у земли заполняется холодным воздухом, а тёплый воздух выдавливается в верхние слои тропосферы. При этом фронты и тёплый сектор смещаются на периферию циклона [3].

В классификации стадий развития циклона, основанной на его фронтальной природе, последние две стадии развития объединяют в одну — стадию окклюдирования. Они длятся от начала окклюдирования до полного исчезновения циклона [5].

Продолжительность жизни фронтальных циклонов обычно составляет 5-7 дней [3].

Стоит отметить, что циклон не обязательно должен проходить все обозначенные стадии развития. Он может начать заполняться, находясь только в стадии молодого циклона или волна на фронте вовсе не получит дальнейшего развития [5].

1.1.2 Условия формирования нефронтальных циклонов

Нефронтальные циклоны во внетропических широтах представлены, в основном, термическими или местными циклонами. Они возникают в тёплый период в сильно прогретом воздухе над поверхностью суши. Для термических циклонов обычно характерны небольшие горизонтальные и вертикальные размеры. Их вертикальная мощность достигает всего 1-1,5 км [5].

Причиной формирования термических циклонов является неравномерный прогрев подстилающей поверхности суши и неравномерный прогрев воздуха. Если это явление наблюдается на обширной территории (в радиусе 100-200 км) со сравнительно однородным рельефом, то над ней формируются устойчивые местные восходящие воздушные потоки и появляются локальные области падения давления. Если такие условия наблюдаются в малоградиентном поле давления, то они с лёгкостью способны привести формирования замкнутой циклонической циркуляции [5].

В холодное полугодие термические циклоны могут формироваться над тёплой поверхностью морей [4].

Иногда термические циклоны могут иметь довольно большие горизонтальные размеры и несколько замкнутых изобар. Если в систему термического циклона входит фронт, то такой циклон может в дальнейшем развиваться во фронтальный [5].

1.2 Погодные условия во внетропических циклонах

Циклоны способны проходить большие расстояния, принося воздушные массы из других регионов и меняя погодные условия по пути следования. С прохождением циклона связано усиление ветра и изменение его направления в зависимости от части циклона. Изменение направления ветра

обуславливает изменение температуры воздуха за счёт более холодных или более тёплых потоков [3].

Циклонические области характеризуются увеличенной облачностью и осадками [3].

1.2.1 Погодные условия в зонах фронта

С прохождением фронта связано образование облачности, осадки, изменение температуры воздуха в пункте наблюдения, усиление ветра и изменение его направления.

Во фронтальном циклоне различают тёплый фронт, холодный фронт и фронт окклюзии. Эта классификация основана на термодинамических характеристиках воздушных масс, которые разделяет фронт и направлении их перемещения. Для каждого из них характерны особые погодные условия.

1.2.2 Погодные условия теплого фронта

Тёплым фронтом называется граница раздела между относительно тёплой и относительно холодной воздушной массой, смещающаяся в сторону холодной воздушной массы. Тёплый воздух легче и менее плотный, чем холодный, поэтому он натекает на холодную воздушную массу.

В результате адиабатического охлаждения возникает облачная система, которая состоит из слоисто-дождевых (Ns), высокослоистых (As) и перисто-слоистых (Cs) облаков.

На рисунке представлена облачность тёплого фронта.

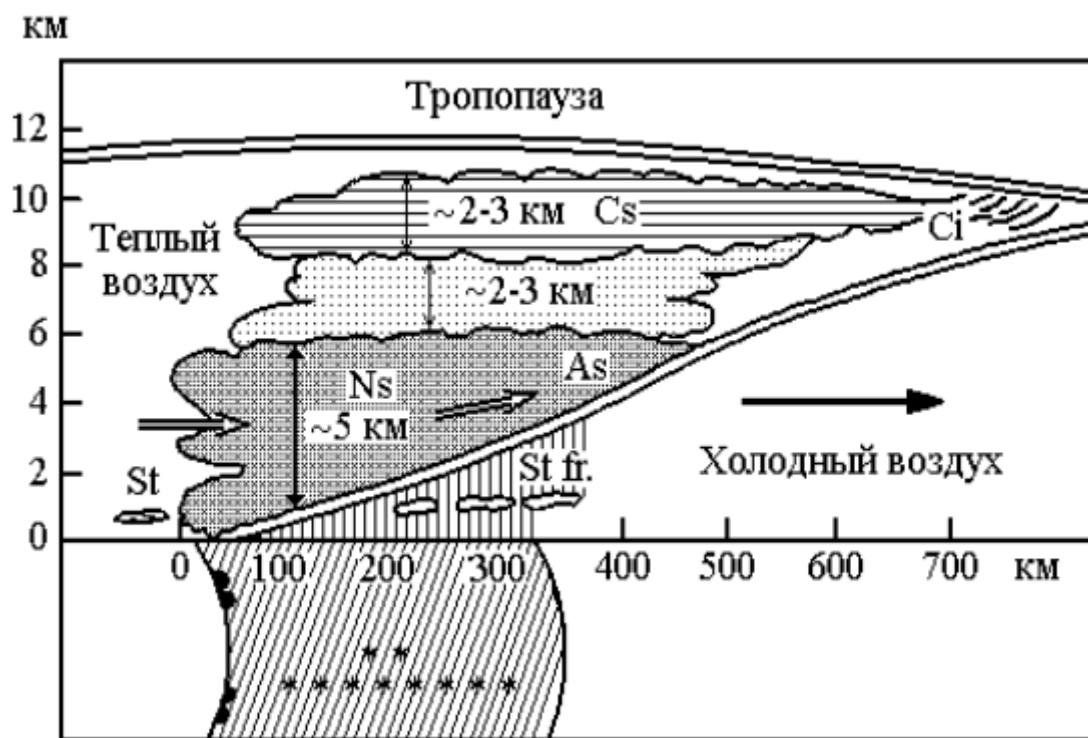


Рисунок 1.2. Облачность теплого фронта

Ширина системы облаков теплого фронта может достигать 1000 км. Из слоисто-дождевой облачности тёплого фронта выпадают обложные осадки. Ширина зоны осадков в теплый период — 300-400 км, а в холодный — 400-500 км [2].

Погода теплого фронта

Метеовеличины Явления	Расстояние до приземной линии фронта (км) и время до ее прихода (часы)				
	600 (17 час)	500 (14 час)	400 (11 час)	300 -100 (8 – 3 час)	Фронт
Ветер	В	ЮВ	ЮВ	Ю-ЮВ	Ю
Облачность	Ci	Cs	As	As-Ns	Ns, Cb
Осадки	–	–	Морось	Морось Обложные	Обложные Ливневые
Явления	–	Гало Венцы	Снижение видимости	Фронтальный туман	Гроза

Погодные явления теплого фронта отличаются друг от друга в теплое и холодное полугодие. В теплое полугодие помимо обложных осадков на теплых фронтах в ночное время возможны грозы [2].

Образование кучево-дождевых (Cb) облаков на теплых фронтах летом ночью связано с вынужденной конвекцией. В ночное время фронтальные слоисто-дождевые (Ns) облака препятствуют ночному выхолаживанию земной поверхности, охлаждение происходит с верхней границы слоисто-дождевых облаков. Холодный воздух опускается вниз и выталкивает теплый воздух вверх. Из-за этого возникает конвекция на теплых фронтах [2].

Зимой ширина зоны осадков больше, чем летом. Летом осадки из высоко-слоистых (As) облаков не достигают земли, сокращая зону обложных осадков перед фронтом. Признаками того, что приближается теплый фронт, является падение давления, увеличение плотности, влажности облаков, снижение их нижней границы, слоисто-дождевые облака, под

которыми обычно разорвано-дождевые (Fr nb) и разорванно-слоистые (St fr) [2].

1.2.3 Погодные условия холодного фронта

Холодным фронтом называется граница раздела между относительно тёплой и относительно холодной воздушной массой, смещающаяся в сторону тёплой воздушной массы.

Холодный фронт делится на два типа:

- 1) Холодный фронт первого рода;
- 2) Холодный фронт второго рода.

На рисунке представлена облачность холодного фронта первого рода.

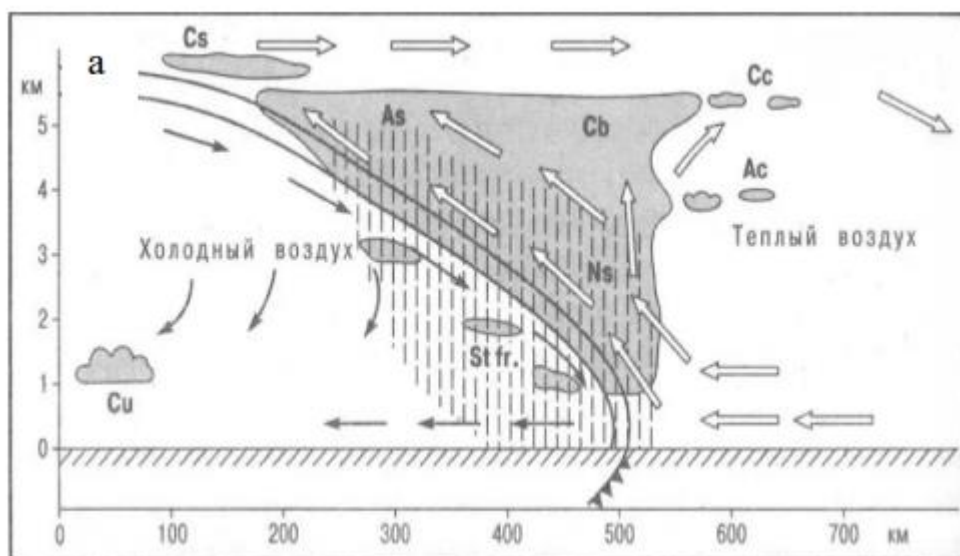


Рисунок 1.3. Облачность холодного фронта первого рода

Холодный фронт первого рода перемещается медленно, около 30 км/ч. Для холодного фронта первого рода характерна ширина зоны осадков около 200 км за приземной линией фронта и около 100 км перед ней. Из слоисто-дождевой облачности выпадают обложные осадки, в то время как для кучево-

дождевой облачности, образующейся перед приземной линией фронта, характерны ливневые осадки и грозы [3].

Таблица 1.2

Погода холодного фронта первого рода

Метеовеличины Явления	Расстояние до приземной линии фронта (в км)			
	100 (3 часа до фронта)	Фронт	- 100	-200
Ветер	Ю-ЮЗ (5-7 м/с)	Ю-ЮЗ с переходом на СЗ-С	СЗ-С (12-15, иногда до 25 м/с)	С (10-15 м/с)
Облачность	Cs	Ns Cb (лето)	Ns-As	As, Sc
Осадки	-	Обложные Ливневые(лето)	Обложные	Морось
Явления	-	Гроза (лето)	-	-

Перед холодным фронтом первого рода кучево-дождевые облака не очень мощные, часть теплого воздуха натекает на клин холодного, в результате возникают слоистообразные облака которые характерны и тепловому фронту. Поэтому холодный фронт 1-го рода часто называют зеркальным отображением теплого. Зона облачности и явления у теплого фронта находится перед фронтом, а у холодного фронта первого рода за фронтом. Для холодного фронта первого рода характерны обложные осадки и слоистообразная облачность [2].

На рисунке представлена облачность холодного фронта второго рода.

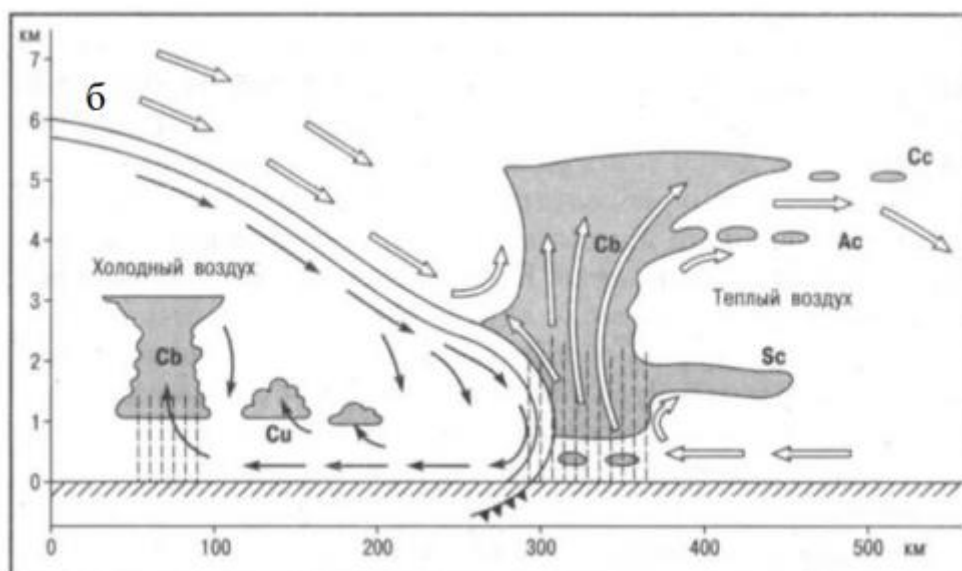


Рисунок 1.4. Облачность холодного фронта второго рода

Холодный фронт первого рода перемещается быстро, около 50 км/ч. Холодный фронт второго рода имеет более крутой наклон фронтальной поверхности, чем холодный фронт первого рода. Тёплый воздух выдавливается вверх значительно сильнее перед приземной линией фронта. В таких условиях интенсивно развивается конвекция. На расстоянии около 300 км от приземной линии фронта наблюдается вторичный холодный фронт [4].

Для холодного фронта второго рода характерна кучево-дождевая облачность перед приземной линией фронта, из которой выпадают ливневые осадки. Ширина зоны кучево-дождевой облачности и ливневых осадков составляет 50-100 км. Также с кучево-дождевой облачностью быстрого холодного фронта связаны грозы, град и шквалы. Облачность и осадки вторичного холодного фронта сходны с основным фронтом [4].

Погода холодного фронта второго рода

Метеовеличины Явления	Расстояние до приземной линии фронта (в км)			
	200 (2-3 часа до фронта)	Фронт	- 100	-200
Ветер	ЮЗ 5-7 м/с	15 – 20, до 30 м/с	СЗ 15, иногда до 20 м/с	С 10-12 м/с
Облачность	Ac lent	Cb, мощные Ns (зима)	Ac, Frst	Cb, вторичный холодный фронт
Осадки	-	Ливень, снежные заряды	-	Ливень, снежные заряды
Явления	-	Гроза, град, шквал	-	Гроза, шквал

Для холодного фронта второго рода характерна мощная кучево-дождевая облачность, которая иногда доходит до тропопаузы. Осадки интенсивные, ливневые (продолжительность их от нескольких минут до одного часа). Зона ливневых осадков около 50 км. В тыловой части возникают вторичные холодные фронты [2].

1.2.4 Погода фронта окклюзии

Окклюзия — процесс смыкания теплого и холодного фронтов, начинающийся от центра циклона и распространяющийся к его периферии [2].

В процессе окклюдирования теплый воздух вытесняется в верхние слои атмосферы, теплый сектор циклона постепенно исчезает, и весь циклон заполняется холодным воздухом.

Фронты окклюзии разделяют на три типа:

- 1) Фронт окклюзии по типу теплого;
- 2) Фронт окклюзии по типу холодного;
- 3) Нейтральный фронт окклюзии.

На рисунке представлена представлены схемы фронтов окклюзии по типу холодного и по типу тёплого.

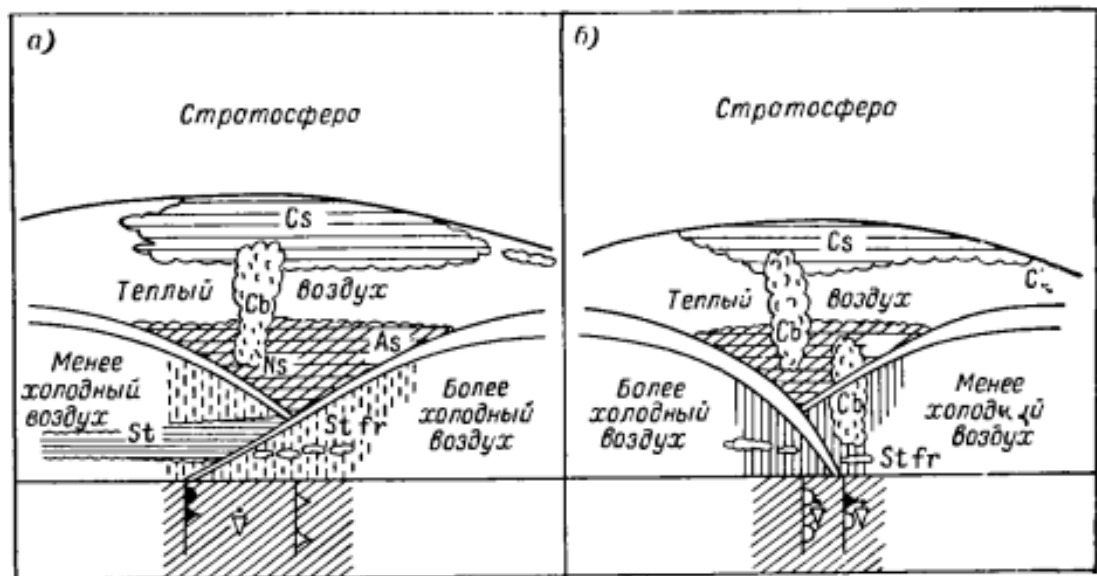


Рисунок 1.5. Облачность фронтов окклюзии по типу холодного (а) и по типу тёплого (б).

Воздушная масса тыловой части циклона смещается в сторону передней части. Если более теплый воздух натекает в сторону более холодного, то возникает фронт окклюзии по типу теплого. Если наоборот воздух тыловой части холоднее, чем в передней — возникает фронт окклюзии по типу холодного. Если градиенты в оставшихся после вытеснения теплого сектора воздушных массах невелики — фронт окклюзии будет нейтральным [2].

Зимой на ЕТР чаще всего проходят фронты окклюзии по типу теплого. Теплый и влажный воздух с Атлантического океана поступает в тыловую часть циклона. В передней части циркулирует воздушная масса с континента, которая в зимний период холоднее, чем воздух с Атлантики. Следовательно, после вытеснения в верхние слои самого прогретого в циклоне воздуха

теплого сектора, более теплый и влажный атлантический воздушный поток движется в сторону охлажденного континентального. В таких ситуациях с фронтом окклюзии могут быть связаны метели и гололёд [2,5].

Фронты окклюзии по типу холодного над Европой и ЕТР чаще всего наблюдаются в тёплый период. Тогда наблюдается обратная ситуация с температурой воздушных масс за фронтом окклюзии и перед ним. В таких случаях с фронтом окклюзии могут быть связаны грозы и туманы [2,5].

При прохождении фронта окклюзии, облачные системы холодного и теплого фронтов объединяются, из-за этого выпадают продолжительные и одновременно сильные осадки [2].

Точка окклюзии — особая точка на синоптической карте, от которой расходятся еще не сомкнутые в процессе окклюдирования теплый и холодный фронты. С точкой окклюзии обычно связана область максимального падения давления (отрицательной барической тенденции) в циклоне [2].

1.3 Опасные и неблагоприятные метеорологические явления

1.3.1 Опасные метеорологические явления

К опасным метеорологическим явлениям (ОЯ) относятся явления погоды, которые по своей интенсивности, масштабу распространения продолжительностью и временем возникновения представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный материальный ущерб [1].

1.3.2 Неблагоприятные метеорологические явления

К неблагоприятным метеорологическим явлениям (НЯ) относятся явления, которые значительно затрудняют или препятствуют деятельности отдельных отраслей экономики и могут нанести материальный ущерб,

но по своим количественным значениям не достигает критериев опасного метеорологического явления [1].

Таблица 1.4

Критерии опасных метеорологических явлений

Наименование ОЯ	Характеристики и критерии или определение ОЯ
Очень сильный ветер	Ветер при достижении скорости при порывах не менее 25 м/с, или средней скорости не менее 20 м/с; на побережьях морей и в горных районах 35 м/с или средней скорости не менее 30 м/с
Ураганный ветер (ураган)	Ветер при достижении скорости 33 м/с и более
Шквал	Резкое кратковременное (в течение нескольких минут, но не менее 1 мин) усиление ветра до 25 м/с и более
Смерч	Сильный маломасштабный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности
Сильный ливень	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч
Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем)	Выпавший дождь, ливневый дождь, дождь со снегом, мокрый снег с количеством не менее 50 мм, в ливнеопасных (селеопасных) горных районах – не менее 30 мм за период времени не более 12 ч
Очень сильный снег	Выпавший снег, ливневый снег с количеством не менее 20 мм за период времени не более 12 ч
Продолжительный сильный дождь	Дождь с короткими перерывами (не более 1 ч) с количеством осадков не менее 100 мм (в ливнеопасных районах с количеством осадков не менее 60 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или 120 мм за период времени более 2 сут
Крупный град	Град диаметром 20 мм и более
Сильная метель	Перенос снега с подстилающей поверхности (часто сопровождаемый выпадением снега из облаков) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч
Сильная пыльная (песчаная) буря	Перенос пыли (песка) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч
Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), при котором значение метеорологической дальности видимости не более 50 м продолжительностью не менее 12 ч
Сильное гололедно - изморозевое отложение	Диаметр отложения на проводах: гололеда – диаметром не менее 20 мм; сложного отложения или мокрого (замерзающего) снега – диаметром не менее 35 мм; изморози – диаметр отложения не менее 50 мм
Сильный мороз	В период с ноября по март значение минимальной температуры воздуха достигает установленного для данной территории опасного значения или ниже его
Аномально-холодная погода	В период с октября по март в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 7 °С и более
Сильная жара	В период с мая по август значение максимальной температуры воздуха достигает установленного для данной территории или выше его.
Заморозки	Понижение температуры воздуха и/или поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0 °С на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельскохозяйственных культур или уборки урожая, приводящее к их повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая сельскохозяйственных культур
Аномально- жаркая погода	В период с апреля по сентябрь в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7 °С и более
Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности относится к 5-му классу (10 000 °С по формуле Нестерова)

1.4 Аномальные осадки

В прогнозах погоды и штормовых предупреждениях используются термины, которые характеризуют факт отсутствия или наличия осадков. Благодаря этим терминам осадки можно разделить на вид, их количество и продолжительность [1].

Таблица 1.5

Термины и соответствующие им количественные величины для жидких и смешанных осадков

Термин	Кол-во осадков, мм/12 час
Без осадков, сухая погода	-
Небольшой дождь, слабый дождь, морось, морозящие осадки, небольшие осадки	0,0-2
Дождь, дождливая погода, осадки, мокрый снег, дождь со снегом; снег, переходящий в дождь; дождь, переходящий в снег	3-14
Сильный дождь, ливневый дождь (ливень), сильные осадки, сильный мокрый снег, сильный дождь со снегом, сильный снег с дождем	15-49
То же для селеопасных районов	15-29
То же для Черноморского побережья Кавказа	30-79
Очень сильный дождь, очень сильные осадки (очень сильный мокрый снег, очень сильный дождь со снегом, очень сильный снег с дождем)	≥ 50
То же для селеопасных районов	≥30
То же для Черноморского побережья Кавказа	≥80
Сильный ливень (сильные ливни)	≥30 мм за период ≤ 1 ч
То же для Черноморского побережья Кавказа	≥50 мм за период ≤ 1 ч

Таблица 1.6

Термины и соответствующие им количественные величины для
твердых осадков

Термин	Кол-во осадков, мм/12 час
Без осадков, сухая погода	-
Небольшой снег, слабый снег	0,0-1
Снег, снегопад	2-5
Сильный снег, сильный снегопад	6-19
Очень сильный снег, очень сильный снегопад	≥ 20

2. Датчики атмосферных осадков OTT Pluvio² 200; OTT Pluvio² 200 RH и OTT Pluvio² 400

2.1 Датчик измерения атмосферных осадков

Датчики измерения атмосферных осадков OTT Pluvio² 200; OTT Pluvio² 200 RH и OTT Pluvio² 400 предназначены для непрерывного измерения количества осадков (жидких, твердых, смешанных) и наблюдением за их интенсивностью [9].

Принцип действия датчика осадков основан на взвешивании собранных осадков и пересчет их в единицы уровня. Датчик осадков состоит из приемного резервуара (из полиэтилена), установленного на поддоне. Поддон устанавливается на платформе для взвешивания, под платформой установлен весовой тензодатчик на металлическом основании с фланцем, к фланцу основания крепится труба — стояк. Поддон предохраняет тензодатчик от попадания на него влаги. На приемный резервуар насаживается кожух из полипропилена ASA с улавливающим отверстием [9].

Датчик осадков имеет три модификации. Модификация OTT Pluvio² 200 имеет площадь улавливающего отверстия 200 см². Модификация OTT Pluvio² 400 имеет площадь улавливающего отверстия 400 см², а модификация OTT Pluvio² 200 RH имеет улавливающее отверстие площадью 200 см² и обогревательный элемент улавливающего периметра [9].

Технические характеристики

Наименование параметра	модификация OTT Pluvio2		
	200	200 RH	400
Диаметр улавливающего отверстия, мм	159,6 ± 0,4		225,7 ± 0,4
Максимальный уровень осадков, мм	1500		750
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества осадков, мм	±1,0		±1,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений массы осадков, г	±20		±40
Напряжение питания, В постоянного тока	9,6...28		
Потребляемая мощность, мВт	≤180		
Диапазон интервала опроса, мин	1...60		
Интерфейсы	SDI-12; RS-485; USB		
Импульсный выход, Гц	2 или 5		
Цена импульса, мм/имп	0,1		
Габаритные размеры, мм, не более: - высота - диаметр	850		670
	480		450
Масса, кг, не более	15		
Средний срок службы, лет	9		
диапазон температуры окружающего воздуха	- 40...+45		
относительная влажность воздуха, %	0...100		
максимальная скорость ветра, м/с	33		

2.2 Метеорологический радиолокатор

Метеорологический радиолокатор (МРЛ) — это сложное радиоэлектронное устройство, предназначенное для обнаружения облачности, зон осадков и опасных явлений (грозы, града).

Принцип действия импульсного некогерентного радиолокатора заключается в излучении электромагнитной энергии сверхвысокочастотного диапазона радиоволн в виде кратковременных импульсов большой мощности (свыше 100 КВт). Излучение импульсов происходит узконаправленной

параболической антенной, которая фокусирует электромагнитное излучение в узкий радиолуч с шириной диаграммы направленности, не более $0,5^\circ$. Когда импульс встречает на своем пути цель (например, водяные или ледяные частицы в облаках и осадках), часть его энергии рассеивается в направлении приемника. Принятый сигнал или радиоэхо, очень слаб по сравнению с посылаемым импульсом [6].

Метеорологические радиолокаторы можно разделить на стационарные и мобильные устройства. В отличие от стационарных, мобильные системы функционируют в движении (например, метеорадары на самолетах или спутниках).

2.2.1 Методы измерения осадков

Точность измерения интенсивности и количества осадков радиолокаторами определяется принятыми системами обработки и калибровки приемно-измерительных трактов радиолокатора. Для дистанционного измерения интенсивности атмосферных осадков с помощью радиолокатора используются различные технологии и алгоритмы:

2.2.2 Доплеровские метеорологические радиолокаторы

Доплеровские метеорологические радиолокаторы (ДМР): Использование доплеровских радиолокаторов значительно повышает эффективность метеорологических радиолокационных наблюдений. Эти когерентные радиолокаторы способны идентифицировать дополнительные погодные явления, такие как зоны сильного ветра, мезоциклоны (торнадо), шквальные фронты, зоны сдвига ветра, зоны повышенной турбулентности и микрошквалы. Средняя скорость изменения межимпульсной фазы сигналов, отраженных от метеорологических образований, пропорциональна

доплеровской частоте и, через нее, средней радиальной скорости метеорологических образований [6].

2.2.3 Многопараметрические (поляриметрические) радиолокаторы

Многопараметрические (поляриметрические) радиолокаторы: Внедрение многопараметрических радиолокаторов значительно расширяет число измеряемых радиолокационных параметров за пределами только радиолокационной отражаемости (Z). К этим дополнительным параметрам относятся дифференциальная отражаемость (ZDR), дифференциальный фазовый сдвиг между ортогональными поляризациями (ΦDR), коэффициент линейной деполяризации (LDR) и модуль кросс-корреляционного коэффициента. Совместное использование этих поляриметрических параметров с радиолокационной отражаемостью (Z) позволяет определять микрофизическую структуру метеорологического объекта (форму, фазовое состояние гидрометеоров, их преимущественную ориентацию в пространстве), различать сухой град или снег, мокрый град, легкий, умеренный или сильный дождь, а также ливни [6].

2.3 Создание автоматизированных метеорологических радиолокационных сетей с композитными картами

Важным шагом в повышении информативности радиометеорологических наблюдений является создание автоматизированных МРЛ-сетей, выдающих композитные («сшитые», «мозаичные») карты радиолокационного зондирования над большими территориями. Оперативное создание таких карт значительно увеличивает ценность радиолокационной информации для анализа и текущего прогнозирования атмосферных процессов. Это позволяет оперативно отслеживать синоптические процессы (атмосферные фронты, шквальные линии, зоны осадков) и использовать радиолокационную метеорологическую информацию для подготовки

сверхкраткосрочных прогнозов и штормовых предупреждений об опасных явлениях погоды [6].

Интеграция с наземными метеорологическими станциями и постами: Для успешного функционирования радиометеорологической сети необходимо улучшать наземные метеорологические станции и посты. Совместное использование радиометеорологических и наземных данных имеет решающее значение, поскольку погодные явления и формы облаков определяются по заранее заданным алгоритмам распознавания, которые корректируются для каждой точки установки на основе сравнений радиолокационной и наземной информации [6].

2.4 Точность измерений

Точность измерения осадков радиолокаторами зависит от множества факторов, включая физико-географические условия и углы затенения антенны на месте установки радиолокатора. Радиолокаторы с узким лучом обеспечивают лучшую точность измерения осадков [6].

Методы повышения точности определения интенсивности осадков включают:

Использование многопараметрических (поляриметрических) радиолокаторов: Оценки показывают, что при точности измерения дифференциальной отражаемости (ZDR) 0,1 дБ точность измерения интенсивности осадков увеличивается примерно в 3 раза. Эти радары позволяют более точно определять микрофизическую структуру гидрометеоров, что критически важно для корректной оценки интенсивности осадков [6].

Создание эталонных наземных осадкомерных постов: Из-за изменчивости эмпирических параметров в соотношении $Z = \alpha I^b$

(связывающем радиолокационную отражаемость Z с интенсивностью осадков I), вызванной сезонными и региональными изменениями микрофизических характеристик осадков, развертывание национальной радиолокационной сети требует создания эталонных наземных осадкомерных постов для верификации радиолокационной информации [6].

Выбор оптимального места установки радиолокатора: Для обеспечения максимальной дальности действия и точности измерения осадков место установки радиолокатора должно быть свободно от естественных или искусственных препятствий, а углы затенения антенны во всех направлениях кругового обзора не должны превышать $0,5^\circ$. Это также минимизирует отраженные сигналы от местных объектов [6].

3. Анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге

3.1 Обозначение цели и задач научно-исследовательской работы

Целью научно-исследовательской работы является анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге. Цель работы была сформулирована совместно с ведущим синоптиком Северо-Западного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Дмитриевой Ольгой Александровной и представителями синоптического отдела. Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

1. Получить архив данных среднесуточных осадков за тёплый период с 2018 по 2024 год на 33-станциях, архив данных измерения плувиографа по срокам, архив данных с метеорологического радара;
2. Проанализировать интенсивность осадков в течение исследуемого периода и выявить случаи сильных и очень сильных дождей на основе критериев Гидрометцентра;
3. Провести сравнительный анализ данных плувиографа и метеорологического радара в период сильных дождей за тёплый период 2018 по 2024 год на 33-станциях;
4. Проанализировать синоптические условия формирования сильных и очень сильных дождей.

Актуальность заключается в том, что на практике при выпадении сильных дождей, данные плувиографа и метеорологического радара могут иметь различия. Для улучшения работы синоптиков необходимо выявить и проанализировать такие случаи. Выявленные закономерности помогут улучшить прогноз и диагноз сильных и очень сильных дождей в разных пунктах Санкт-Петербурга.

3.2 Формирование архива данных

В ФГБУ «Северо-Западном управлении по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» были предоставлены данные среднесуточных осадков по 35-станциям в Санкт-Петербурге. Карта станций по которым будет проведен анализ представлена на рисунке 1.

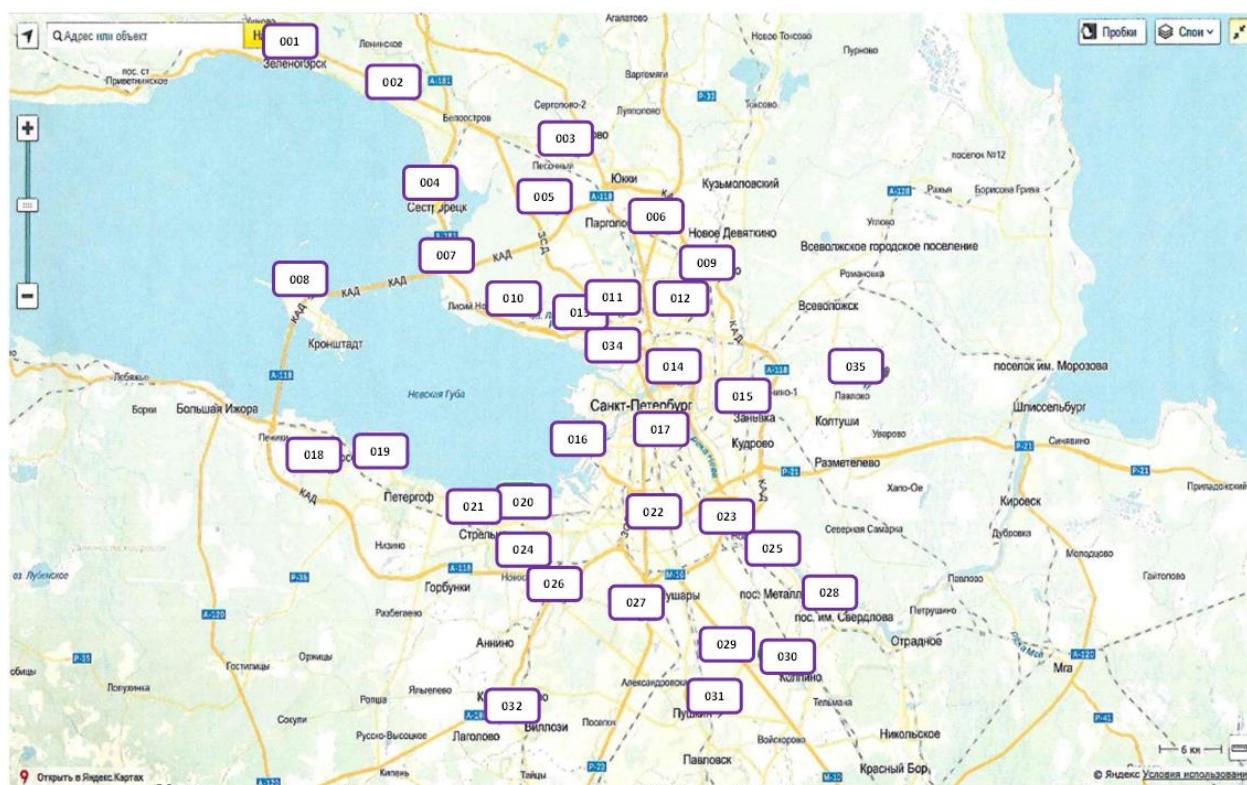


Рисунок 3.1 – Карта метеопостов на территории Санкт-Петербурга.

Индекс	Наименование	Адрес
001	КОС Зеленогорск	Зеленогорск, Морская ул., 11
002	КОС Репино	пос. Репино, Колхозная ул., 12
003	ВНС Песочная	пос. Песочный, Ленинградская ул., 119/6
004	КОС Сестрорецк	Сестрорецк, Транспортная ул., 7
005	КНС Иловые площадки	пос. Левашово, Новоселки, 18/4
006	ВНС Парнас	3-ий Верхний пер., 8
007	ВНС Горская	пос. Горское, ул. Писемского, 8
008	КОС Кронштадт	Кронштадт, ул. Гидростроителей
009	ВНС Муринская	пос. Мурино, 5 (развязка с КАД)
010	Северная станция аэрации	Коннолахтинский пр., 12
011	КНС Комендантский аэродром	Байконурская ул., 12/1, лит. А
012	ВНС Кушелевская	Бутлерова ул., 4
013	ССП Мебельная	перекресток ул. Мебельной и Мебельного проезда
014	Главная водопроводная станция 2П	Кавалергардская ул., 42
015	Северная ВС	пос. Заневка
016	Центральная станция аэрации	Белый остров, 1
017	ВС Волковская	Растанный пер., 4
019	ВНС Заячий ремиз	Петродворец, Заячий пр., 1
020	Красносельская станция аэрации	Петергофское шоссе, 73
021	ВНС Стрельна	Санкт-Петербургское шоссе, 76
022	ВНС Московская	Орджоникидзе ул., 46
023	Южная ВС	ул. Прогонная, 10
024	Юго-Западные очистные сооружения	Волхонское шоссе, 123
025	КОС Металлострой	пос. Металлострой, Богайчука ул., 1
026	ПНС Волхонка	пос. Горелово, Волхонское шоссе, 4а
027	ВНС Пулковская	Пулковское шоссе, 57
028	ВС Колпинская	пос. Понтоновый, Шлиссельбургское шоссе, 79
029	КНС Московская славянка	пос. Шушары, ул. Северная, 9/2, лит. А
030	ВНС Колпино 4-й подъём	Колпино, бульвар Трудящихся, 14
031	КОС Пушкин	Пушкин, Фильтровское шоссе, 7
032	ВС Дудергофская	Красное село, Гатчинское шоссе, 52/5
035	ГТО Воейково	пос. Воейково

Рисунок 3.2. Адреса и наименования постов плювиографа

В ходе выполнения научно-исследовательской работы, был создан архив среднесуточных осадков в теплый период с 2018 по 2024 год. Полученные данные были профильтрованы по сильным и очень сильным осадкам (≥ 15 мм/сут) [1]. Фрагмент результатов фильтрации представлен в таблице 1.

Таблица 3.1.

Часть архива среднесуточных осадков.

Август	2018													
Дата	001	002	003	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3,1	3,2	6,3	10,8	6,3	3,8	5	3,4	4,4	3,4	3,1	3,4	4,6	
6	0,2	1,3	3,5	0,9	1,6	6,3	21,3	0,6	4	2,2	1,1	1,4	0,9	
7	0	2,9	1,5	1,7	1,9	0,3	0	0,7	2,6	2,8	0	2,3	1,7	
8	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	11,7	6,6	8,3	13,2	9,5	11,1	5,1	8,9	12,4	9,4	9,1	8,9	11,2	
13	12,1	4,3	2,3	5,2	1,5	1,2	3,7	2	0,8	2,3	1,3	7,8	5,2	
14	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0,6	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	3,8	2,5	3,2	3,7	3,1	2,7	2,6	4	3,2	4,5	4,4	3,9	3,2	
20	5,2	4,7	5,1	5,5	4,7	6,3	6,1	3,9	6,7	5,4	4,2	5,6	4,8	
21	23,6	21,7	19,9	18,2	16,8	17,1	15,3	11,8	14,2	16,9	17,3	15,3	11,4	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	5,1	3,6	0,4	0,3	0,1	0,6	2	0	0,3	0,2	0	0,1	0	
26	5,3	8,1	6,5	6,9	7,2	8,7	8,3	7,9	7,7	8,5	9	6,8	9,5	
27	3,5	3,9	2,7	2,7	3,3	2,8	2,5	4,2	3,3	3,8	5	4,2	4,9	
28	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	
29	2,5	2,4	3,9	4,5	4,8	6,2	2,7	5,4	4,8	4,5	8,3	5,2	5,1	
30	3,3	4,6	6,3	2,2	0,4	0,4	1,8	0,4	3,6	1,8	2	2,8	0,3	
31	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	
Месяц*	79,6	69,9	69,9	75,8	61,2	68,9	76,7	53,2	68,1	65,7	64,8	67,7	63,5	

Проанализировав архив данных сильных и очень сильных осадков, был создан архив с количеством зафиксированных случаев сильных и очень сильных осадков за весь период наблюдения на каждой станции. Архив с количеством зафиксированных случаев на каждой станции приведен в таблице 2.

Таблица 3.2.

Количество зафиксированных случаев на каждой станции.

№ станции	Месяц							Количество случаев
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	
1	1	1	1	7	10	8	17	45
2	2	1	3	8	13	8	11	46
3		2	5	12	18	6	11	54
4	1	1	5	10	8	4	5	34
5		1	5	11	15	7	9	48
6	2	3	3	7	16	9	9	49
7	2	1	6	10	13	4	7	43
8	1	3	4	12	13	2	7	42
9		3	3	9	10	9	9	43
10		1	4	8	13	4	6	36
11	1	2	6	10	17	5	10	51
12	1	2		8	11	5	8	35
13			6	10	10	3	4	33
14	1	2	1	9	9	4	7	33
15	1	1	3	10	8	5	5	33
16	1	2	3	9	12	2	2	31
17		3	6	11	13	3	4	40
18		1	5	9	13	4	8	40
19		1	4	10	11	4	5	35
20	1	1	8	5	11	3	3	32
21	1	2	6	12	8	3	2	34
22	1	3	3	9	11	3	4	34
23		2	2	8	12		3	27
24		1	3	8	13	4	3	32
25	1	2	3	9	11	1	4	31
26		2	3	8	14	5	5	37
27		2	4	10	14	2	8	40
28	1	2	2	4	10	2	5	26
29	1	3	4	5	12	1	6	32
30	1	1	3	7	11	1	3	27
31		3	5	9	15	1	5	38
32		1	3	3	10	1	3	21
35	1	1	1	9	9	5	6	32
Количество случаев	22	57	123	286	394	128	204	

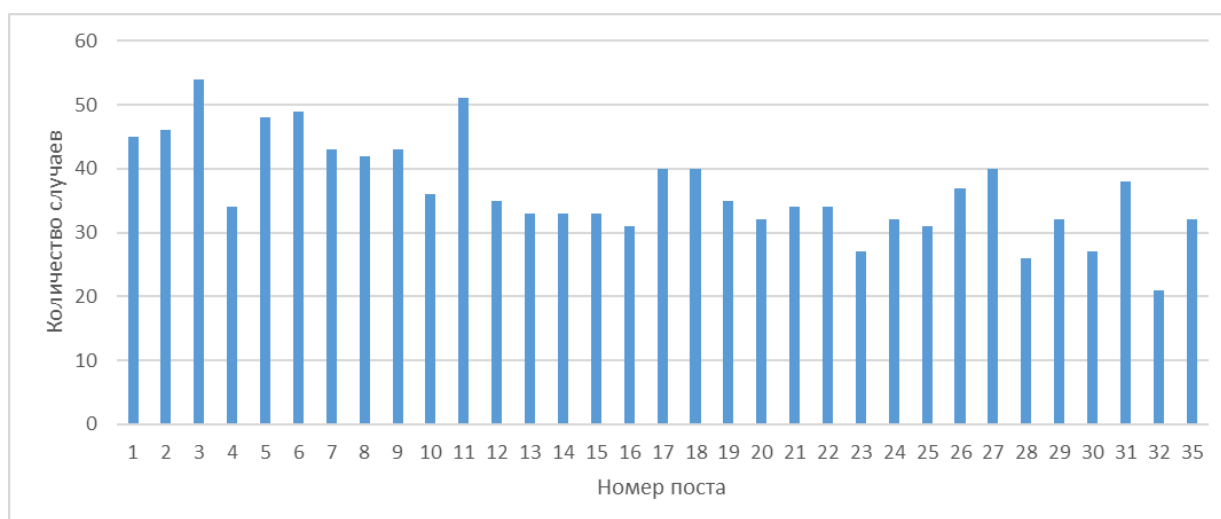


График 3.1 – Количество зафиксированных случаев на каждой станции.

Проанализировав таблицу 2 и диаграмму (Рисунок 2), которые показывают количество зафиксированных случаев сильных и очень сильных осадков на каждой станции, можно сказать, что:

- 1) Больше всего было зафиксировано случаев с сильными и очень сильными осадками на станции 3 и 11 (54 и 51 случаев);
- 2) Меньше всего случаев было зафиксировано на станции 28 и 32 (26 и 21 случаев);
- 3) Больше всего случаев с сильными и очень сильными осадками за весь период наблюдения было зафиксировано в августе (394 случаев);
- 4) Меньше всего случаев было зафиксировано в апреле (22 случая).

Проанализировав архив данных среднесуточных осадков в теплый период с 2018 по 2024 год, были выделены все случаи с сильными и очень сильными осадками на выбранных станциях (≥ 15 мм/сут) за весь период исследования.

В задаче работы входило выявление локальных сильных и очень сильных дождей в тех случаях, когда они наблюдались не повсеместно, а на 1-4 станций.

Проанализировав архив всех дней, когда шел сильный дождь, было выделено 155 случаев, когда только 1-4 станции зафиксировали сильный дождь в течении суток. Фрагмент архива приведен в таблице 3.

Таблица 3.3.

Количество зафиксированных случаев на каждой станции.

Дата	№ станции																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
17.04.2018	+						+																												
05.06.2018																															+				
14.07.2018															+																				
22.07.2018																																			
06.08.2018								+															+											+	
08.09.2018	+	+																																	
09.09.2018							+																												
17.09.2018			+						+																										
01.10.2018	+			+																															
07.05.2019																																			
07.06.2019																				+	+														
09.06.2019																							+			+									
22.06.2019																										+									
04.07.2019														+			+										+	+					+		
18.07.2019																																		+	
13.08.2019			+																															+	
13.09.2019	+	+												+																					
01.10.2019	+					+																													
09.10.2019	+																																		
13.10.2019	+	+																																	
26.10.2019	+	+	+						+																										
14.05.2020								+									+					+	+												
16.06.2020																												+					+		
21.07.2020																																			
22.07.2020	+																														+				
23.07.2020			+		+		+																+												
29.07.2020															+																				

Проанализировав таблицу 3, которая показывают количество зафиксированных случаев сильных и очень сильных осадков на каждой станции, можно сказать, что:

- 1) Больше всего было зафиксировано случаев с сильными и очень сильными осадками на станции 1 (18 случаев);
- 2) На станции 12 зафиксированных случаев не наблюдалось.

3.3 Анализ значений осадкомера и метеорологического радара

В ФГБУ «Северо-Западном управлении по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» были предоставлены данные метеорологического радара. Фрагмент сравнения значений метеорологического радара и осадкомера представлен в таблице 4.

Таблица 3.4.

Значения метеорологического радара и осадкомера.

Дата	№ станции	Время	Мах отр, dBZ	Дифф отр, Zdr, дБ	Н вг, км	Интенсивность			Син ситуация	Vil верт интегр водность, кг/м2
						Осадкомер за 5 мин	Осадкомер за 1 час	ДМРЛ за 1 час		
17.04.2018	2	15:50	-	-	-	0,45	5,4	-	Центр циклона	-
	8	14:50	-	-	-	0,38	4,56	-		-
05.06.2018	31	14:10	40,5	0,6	5	1	12	>10	Тыловая часть циклона	1
14.07.2018	15	9:35	-	-	-	8	96	-	Теплый сектор циклона	-
22.07.2018	23	12:45	45,7	3	6,8	4,19	50,28	>5	Передняя часть циклона	7,5
	35	14:05	50,6	4,8	9,6	4,95	59,4	>50		17,3
06.08.2018	8	2:40	51,3	3,5	11	4,75	57	>10	Приближение холодного фронта	11,8
08.09.2018	1	17:35	50	1,5	11	8,12	97,44	>30	Теплый сектор циклона	11,8
	2	16:35	52,5	3,3	12,7	11,18	134,16	>50		15,8
09.09.2018	7	18:40	51,9	3,2	10,8	7,74	92,88	>30	Теплый фронт	10
17.09.2018	3	17:25	39,1	0,9	6,1	1,46	17,52	>10	Центр циклона	1,5
	9	17:25	31,9	0,5	6	0,93	11,16	>3		1

В результате научно-исследовательской работы был получен, обработанный архив данных по данным плувиографа и радара. Также был проведен анализ синоптических ситуаций, которые сопутствовали дням с высокими суммами осадков.

В таблице 4 представлен фрагмент обработанных данных и синоптической ситуации. В дальнейшем предполагается сопоставить данные радара и плувиографа, выявить случаи не совпадений при локальных ситуациях наблюдения дождя данных плувиографа и радара и проанализировать для них отдельные синоптические ситуации, также выявить станции на более подверженными этому явлению.

Сопоставление данных метеорологического радара и плювиографа, нахождение ошибок и расхождений. Фрагмент архива данных представлен в таблице .

Таблица 3.5.

Архив данных метеорологического радара и плювиографа

Дата	№ станции	Время	Max отр, dBZ	Дифф отр, Zdr, дБ	H вг, км	Интенсивность осадков, мм			Син ситуация	VII верт интегр водность,		Ошибки		Номер случая
						Осадкомер за 5 мин	Осадкомер за 1 час	ДМРЛ за 1 час						
31.07.2022	8	5:20	43,8	0,5	4,3	3,73	44,76	>10	Влияние центра циклона Тыловая часть циклона			24,76		55
08.08.2022	23	9:45	52,3	5,8	5,8	6,92	83,04	>50	Вторичный холодный фронт			23,04		56
25.08.2022	25	3:50	53,7	3,8	8,1	5,64	67,68	>50	Центр циклона			7,68		57
01.09.2022	35	12:25	39,7	3,1	3,7	0,55	6,6	>5	Вторичный холодный фронт			0,4		58
06.09.2022	6	17:10	50,9	4,6	4,8	4,67	56,04	>30	Фронт оклюзии			16,04		59
	9	17:15	50,4	4,6	4,8	5,4	64,8	>30				24,8		
15.09.2022	20	15:50	36,5	0,6	5,5	5,42	65,04	>5	Фронт оклюзии			58,04		60
17.09.2022	35	13:50	40,3	2,4	4,7	2,1	25,2	>10	Центр циклона			5,2		61
25.06.2023	11	14:55	59,2	8,4	9,4	5,48	65,76	>100	Влияние центра циклона			44,24		62
	13	14:10	59,9	9,5	6,2	6,03	72,36	>100				37,64		
	18	10:30	50,9	5,2	8,8	2,5	30	>50				30		
	31	14:20	55,7	9,2	10,2	10,11	121,32	>50				61,32		
30.06.2023	30	11:00	55,9	6,2	10,1	5,59	67,08	>50	Влияние центра циклона. Фронт оклюзии			7,08		63
03.07.2023	2	21:45	42,5	1	8,5	2,97	35,64	>10	Фронт оклюзии			15,64		64
04.07.2023	32	8:55	48,5	2,6	6,9	3,04	36,48	>30	Прохождение холодного фронта			3,52		65
18.07.2023	8	9:45	35,6	1,5	5,9	2,94	35,28	>10	Вторичный холодный фронт			15,28		66
19.07.2023	18	3:40	50,9	3,9	4,4	2,2	26,4	>10	Влияние центра			6,4		67
	19	4:40	44,2	1,3	5,5	2,55	30,6	>10				10,6		
22.08.2023	3	10:00	47,5	2,2	6,2	3,31	39,72	>30	Фронт оклюзии			0,28		68
	29	11:30	51,2	4,1	8	6,39	76,68	>30				36,68		

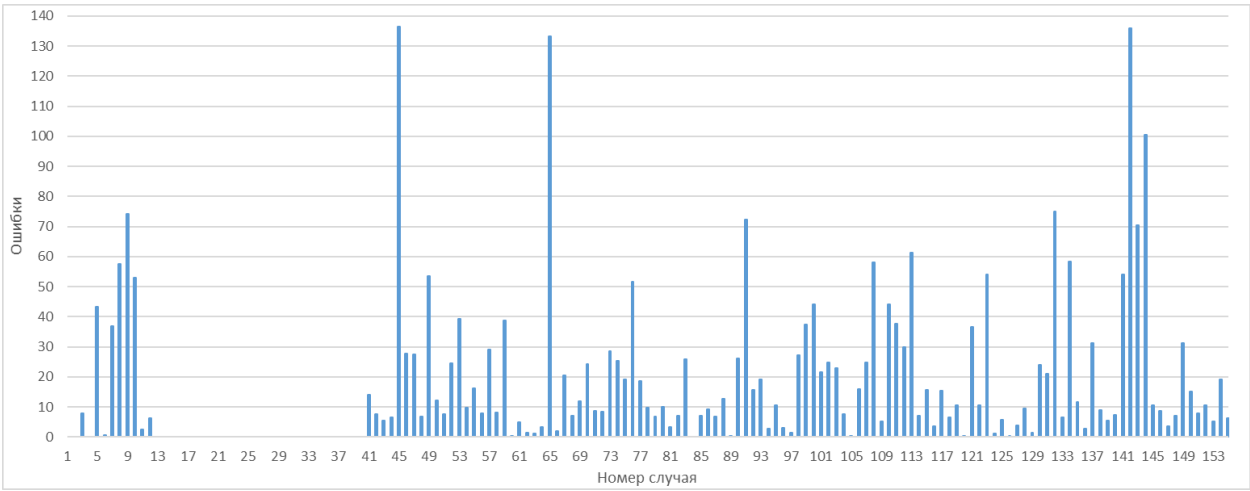


График 3.2. Расхождение между плювиографом и метеорологическим радаром в каждом случае.

Проанализировав архив данных метеорологического радара и плувиографа, можно выделить дни с максимальными и минимальными расхождениями радара с плувиографом.

Максимальное расхождение было зафиксировано:

- 1) 16.06.2020 на станции 27 – 136,6 мм/за 1 час (Осадкомер – 196,6 мм/за 1 час, метеорологический радар – 60 мм/за 1 час);
- 2) 01.07.2024 на станции 4 – 136,0 мм/за 1 час (Осадкомер – 143,0 мм/за 1 час, метеорологический радар – 7 мм/за 1 час);
- 3) 26.05.2021 на станции 8 – 133,3 мм/ за 1 час (Осадкомер – 140,3 мм/за 1 час, метеорологический радар – 7 мм/за 1 час).

Минимальное расхождение было зафиксировано:

- 1) 19.10.2022 на станции 9 – 0,04 мм/за 1 час (Осадкомер – 6,96 мм/за 1 час, метеорологический радар – 7 мм/за 1 час);
- 2) 22.08.2023 на станции 3 – 0,28 мм/за 1 час (Осадкомер – 39,72 мм/за 1 час, метеорологический радар – 40 мм/за 1 час);
- 3) 01.10.2023 на станции 2 – 0,28 мм/за 1 час (Осадкомер – 39,72 мм/за 1 час, метеорологический радар – 40 мм/за 1 час).

Среднее расхождение между всеми случаями составляет – 22,5 мм/за 1 час.

Таблица 3.6.

Максимальные, минимальные и средние ошибки станций

№ станции	Количество случаев	Мах ошибка	Min ошибка	Сред ошибка
1	18	57,44	1,16	15,48
2	15	74,16	0,28	19,2
3	9	15,64	0,28	7,6
4	4	136,04	1,92	45,77
5	3	24,16	7,6	15,88
6	5	18,68	2,76	10,21
7	6	52,88	1,36	38,4
8	12	133,28	0,04	34,5
9	8	38,68	1,52	15,5
10	1	6,8	6,8	6,8
11	2	44,24	6,96	25,6
13	2	54,08	37,64	45,86
14	3	25,88	25,88	25,88
15	4	39,32	12,84	27,8
17	3	9	7,72	8,36
18	8	37,44	5,04	14,48
19	4	58,24	8,08	26,01
20	3	58,04	58,04	58,04
21	5	75	0,36	34,99
22	2	53,48	5,44	29,46
23	4	43,28	6,6	21,17
24	3	9,8	7,2	8,5
25	3	16,16	7,68	11,92
26	3	15,2	7,76	11,48
27	4	136,56	7,84	57,84
28	1	-	-	-
29	4	36,68	7,12	20,96
30	4	51,68	2,68	22,23
31	7	61,32	8	25,84
32	1	3,52	3,52	3,52
35	4	5,2	0,4	1,85

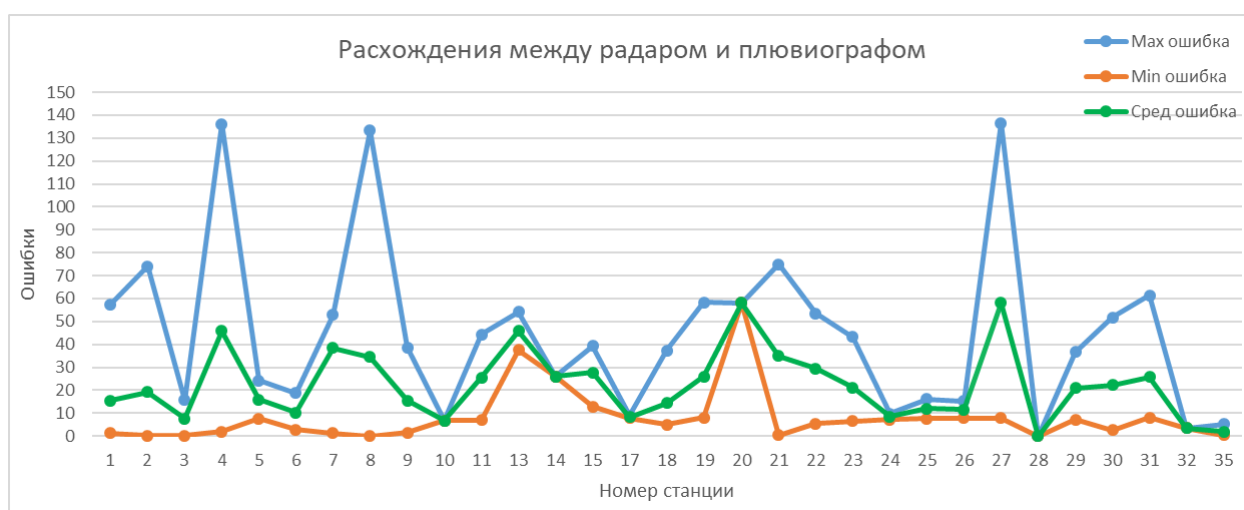


График 3.3. Максимальные, минимальные и средние расхождения между метеорологическим радаром и плувиографом

Проанализировав архив 155 случаев локальных дождей можно сказать что:

- 1) Больше всего случаев локальных дождей было зафиксировано на станциях 1, 2 и 8 (18, 15 и 12 случаев);
- 2) Всего 1 случай был зафиксирован на станциях 10, 28 и 32;
- 3) Станция с самым высоким значением ошибки – 20 (58,04 мм/за 1 час);
- 4) Станция с самой низкой ошибкой – 35 (1,85 мм/за 1 час).



График 3.4. Количество зафиксированных случаев сильных локальных дождей на каждой станции

Больше всего случаев сильных локальных дождей было зафиксировано на станции 1 (КОС Зеленогорск) – 18 случаев. Меньше всего случаев было зафиксировано на станциях 10 (Северная станция аэрации), 28 (ВС Колпинская), 32 (ВС Дудергофская) всего 1 случай. Также стоит отметить, что на станциях 12 (ВНС Кушелевская) и 16 (Центральная станция аэрации) случаи с сильными локальными осадками за весь период наблюдений не зафиксировано.

Градация количества станций, которые зафиксировали локальные осадки, и количество случаев

Количество станций	Количество случаев
1	38
2	31
3	9
4	7

Локальные осадки на исследуемой территории для единичных станций составило 38 случаев, для двух станций – 31 случай, а для трех значительно меньше – 9 случаев. На максимальном количестве станций – 4 составляет 7 случаев, это всего 4,5% от всех исследуемых случаев.

3.4 Анализ синоптической ситуации

Рассмотрим случаи экстремальных, локальных осадков в районе Санкт-Петербурга, когда среднесуточная сумма осадков была ≥ 30 мм.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 14.07.2022.

Максимальная интенсивность осадков на станции 6 (ВНС Парнас) наблюдалась в 10:45 и составляла 57,24 мм/час. Разница между плувиографом и метеорологическим радаром составила 2,76 мм/час.

В 12 часов над Санкт-Петербургом наблюдается прохождение холодного фронта от центра двухцентральной депрессии, которая располагается над территорией Северной Атлантики, странами Скандинавии (Норвегии и Швеции), включая Балтийский регион и часть Северо-Запада России. Давление в центре циклона составляет 995 гПа.

От центра, который находится над севером Скандинавии, проходит фронтальная система холодного фронта, на которой наблюдаются волны. Одна волна находится в районе Ботнического залива. Вторая волна в районе города Минск. Третья волна находится в районе города Вена. Теплый фронт проходил над Баренцевым морем и выходил на территорию побережья в районе Белого моря.

Основной центр циклона, который к 12 часам 14 июля заполнился, находился в районе над Северной Атлантикой, между Исландией и Шпицбергенем. Развитие циклона в основном происходило в его южной части. Там в течение суток сформировался отдельный центр, фронтальная система которого повлияло на образование аномальных осадков на территории Санкт-Петербурга.

На карте АТ850 наблюдаются зоны сгущения изотерм, которые соответствуют проведенным фронтам на приземной карте, но находятся несколько северо-западе от приземного положения, что свидетельствует о том, что циклон находится в стадии молодой циклон, до стадии заполнения.

Экстремальные осадки в данном случае могли быть связаны со значительными контрастами температуры. Так как осадки были зафиксированы на севере города, необходимо отметить, что при формировании аномальных сумм осадков наблюдается вынос влажного воздуха с финского залива. При прохождении холодного фронта ветер на выходе из Финского залива в район Санкт-Петербурга меняет свое направление с западного на юго-западное.

На рисунке представлены станции, которые зафиксировали сильные осадки (выделены зеленым цветом).

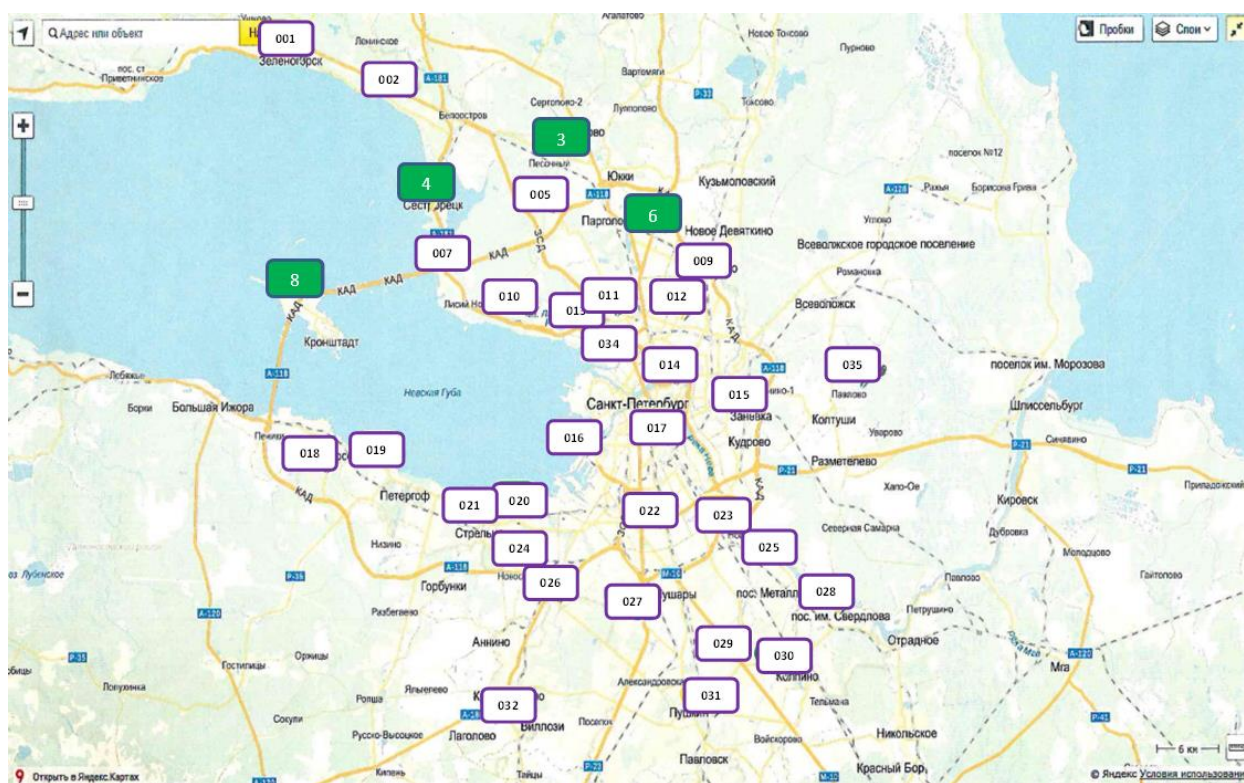


Рисунок 3.2. Карта станций

Локальные осадки наблюдались на станциях 3, 4, 6, 8. Именно в этой зоне, как расположены станции, ветер долгое время не менял свое направление.

На рисунке представлена синоптическая ситуация за 14.07.2022.

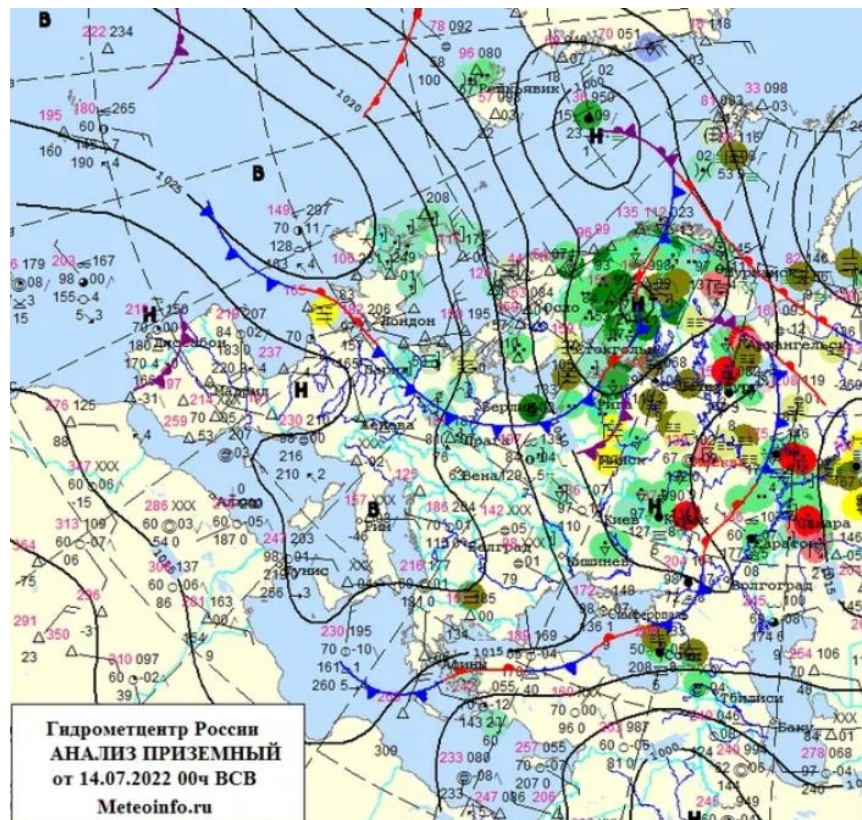


Рисунок 3.3. Карта приземного анализа за 14.07.2022 00 часов.

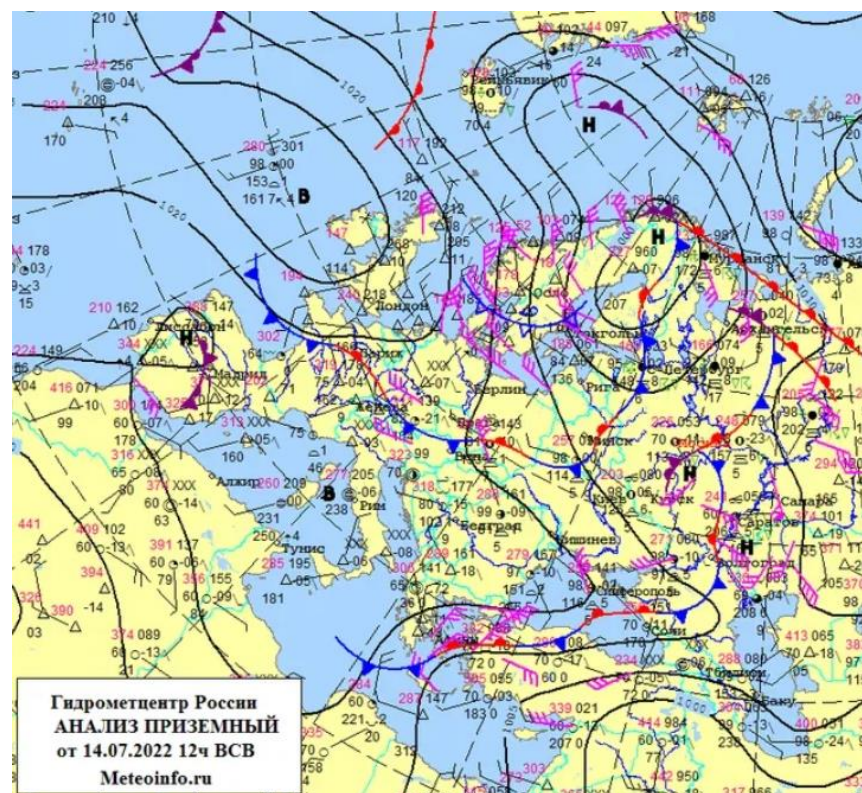


Рисунок 3.4. Карта приземного анализа за 14.07.2022 12 часов.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 01.09.2022.

Максимальная интенсивность осадков на станции 35 (ГГО Воейково) наблюдалась в 12:25 и составляла 6,6 мм/час. Разница между плувиографом и метеорологическим радаром составила всего 0,4 мм/час.

В 12 часов над Санкт-Петербургом наблюдается прохождение вторичного холодного фронта от центра циклона, который располагается над территорией Северо-Запада России, немного южнее Архангельска. Давление в центре циклона составляет 1005 гПа.

От центра циклона проходят фронтальная система холодного фронта, которая находится над территорией Башкортостана, проходит через центральную часть России, в районе Саратова наблюдается волна на фронте и далее холодный фронт пересекает северо-западную часть Черного моря. Циклон окклюдирован, точка окклюзии находится в районе города Пермь. Теплый фронт, который пересекает Свердловской областью.

На выпадение высокого количества осадков влияет область вторичного холодного фронта. Экстремальные осадки в данном случае были зафиксированы локально только на одной станции в Воейково, они могли быть связаны со значительными контрастами температуры, которые были усилены ветровыми потоками северо-восточных направлений ветра с Ладожского озера. Можно предположить, что ошибки в данных радара не наблюдалась, так как радар находится в Воейково.

На рисунке представлена синоптическая ситуация за 01.09.2022.

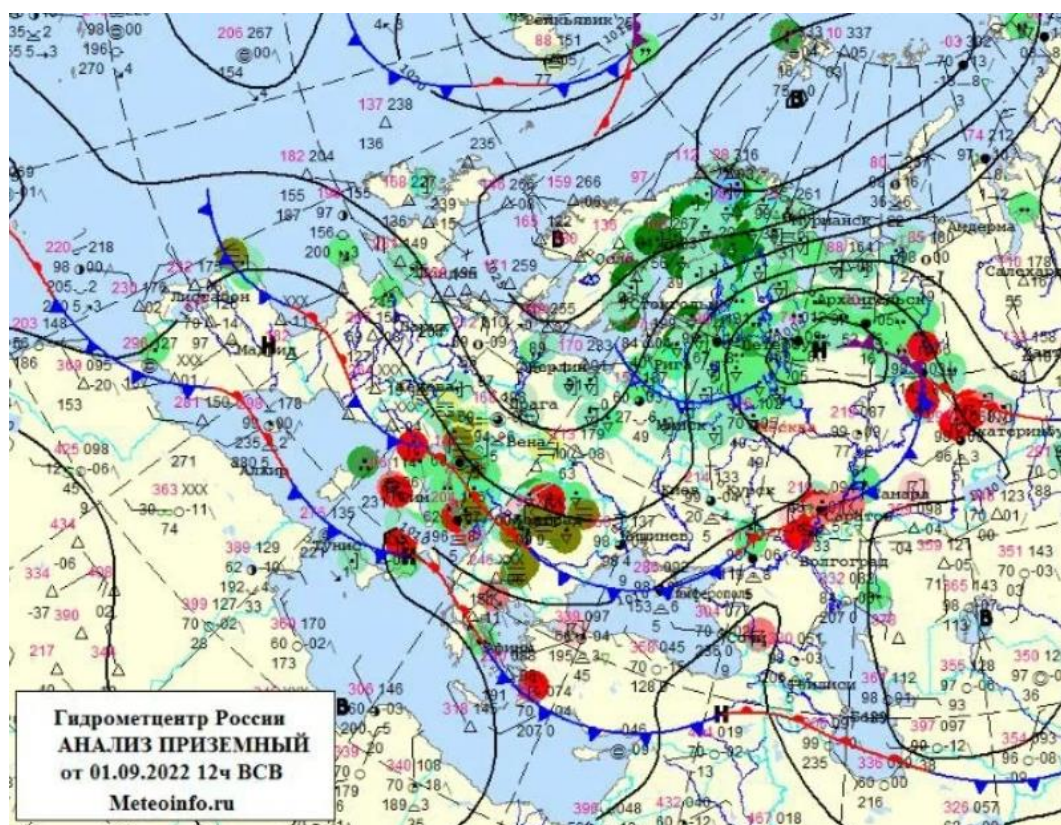


Рисунок 3.5. Карта приземного анализа за 01.09.2022 12 часов.

За весь период исследования для сильных и очень сильных дождей разница ошибки между данными плувиографа и метеорологического радара была минимальна и варьировалась от 0,6 мм (22.07.2018) до 5,2 мм (17.09.2022). Всего случаев локальных сильных дождей на станции 35 (ГГО Воейково) было 4 за весь исследуемый период (22.07.2018, 04.05.2021, 01.09.2022, 17.09.2022).

Так как станция 35 (ГГО Воейково) нас интересует, как станция, на которой находится метеорологический радар. Рассмотрим синоптические ситуации, когда сильные локальные дожди наблюдались на этой станции.

Практически во всех случаях наблюдались северо-восточные потоки ветра с Ладожского озера. Например, 4 мая 2021 года синоптическая ситуация была связана с циклоном, но в большей степени с прохождением фронта окклюзии. Южнее территории исследования проходил холодный фронт с

зоной осадков, но осадки в районе города Санкт-Петербург и области были связаны с близостью фронта окклюзии. Шел мокрый снег с дождем и также наблюдались ветровые потоки с Ладожского озера.

Сильные дожди над ГГО Воейково 22 июля 2018 года были связаны с другой ситуацией, с прохождением холодного фронта от арктического циклона с большим количеством волн. По всей территории Северо-Запада России от западной части Белого моря до территории между городом Санкт-Петербург и Онежским озером и также до Белоруссии наблюдались грозы, фронтальная система холодного фронта.

Ситуация с сильными осадками в ГГО Воейково с ветрами южных направлений 17 Сентября 2022 года связана также с прохождением холодного фронта. Осадки наблюдались за волной холодного фронта. Однако в момент осадков волна была за городом Вологда. За волной на фронте наблюдалась зона 100% облачности. Облачная масса практически доходила до Финского залива. Центр циклона находился между Ботническим заливом и Санкт-Петербургом. Поэтому мощная облачность была связана не только с волной, но и с центральной частью циклона, который уже начал окклюдироваться.

Рассмотрим случай сильных осадков 10.07.2022.

Ошибка между плювиографом и метеорологическим радаром была значительная и составляла 72 мм. Синоптическая ситуация была связана с формированием циклона в стадии волны южнее Финского залива.

На рисунке представлена синоптическая ситуация за 10.07.2022.

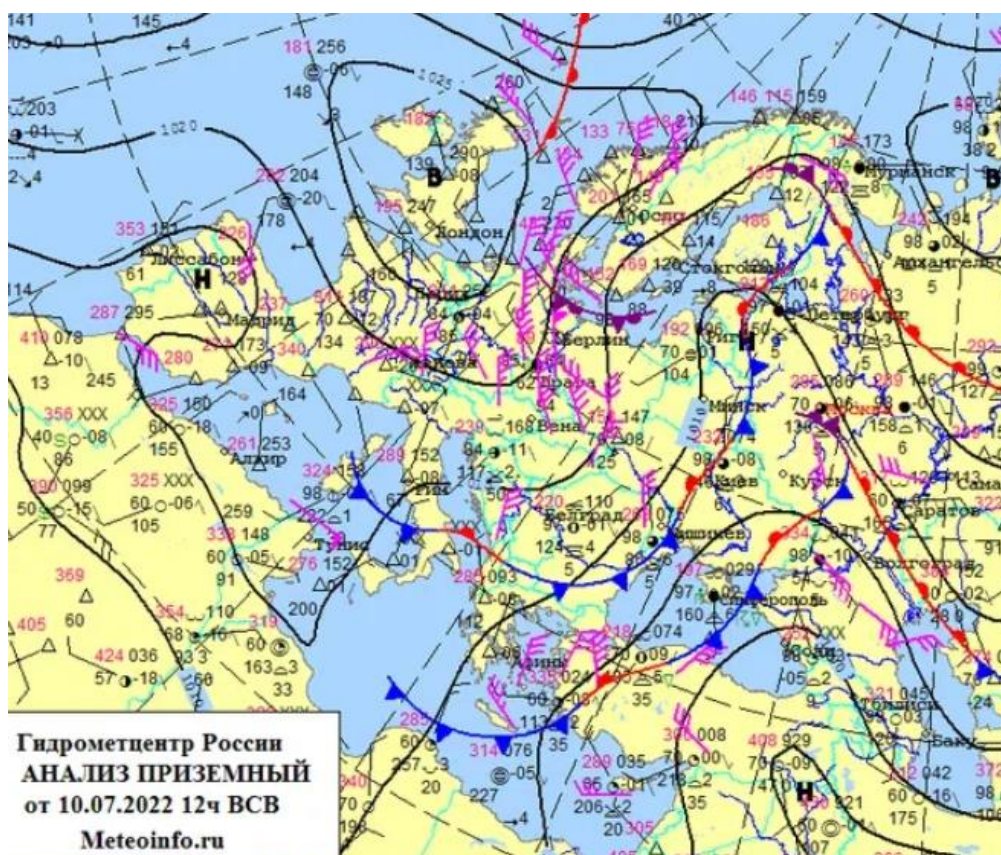


Рисунок 3.6. Карта приземного анализа за 10.07.2022 12 часов.

В данной ситуации наблюдается интересная, достаточно редкая для Санкт-Петербурга синоптическая ситуация, когда над территорией южнее Черного моря, чуть севернее горной цепи Загрос наблюдается ложбина от Азиатского минимума, который хорошо развит в летнее время.

Вся территория от Черного моря до Ботнического залива связана с ложбиной от данного Азиатского минимума. В районе Ботнического залива очевидно был центр, так как мы наблюдаем окклюдированную систему атмосферного фронта. Окклюзия находится над Ботническим заливом, а система холодного фронта меридионально расположенная проходит от Ботнического залива через Белоруссию, Украину, на западном побережье Черного моря и уходит в сторону Средиземного моря. В системе холодного фронта наблюдаются волны, одна из которых южнее Финского залива сформировала циклон в начальной стадии развития или в стадии волны, так

как циклон фронтальный, и именно передняя часть волны проходит через город Санкт-Петербург, формирую экстремальные осадки с большой ошибкой.

Необходимо отметить, что при привлечение к анализу поля осадков модели EURAD наблюдается смещение по времени моментов наблюдения осадков от фактических данных.

Экстремальные осадки наблюдались локально на двух станциях – 4 (КОС Сестрорецк) – 19,5 мм/сут и 7 (ВНС Горская) – 48,1 мм/сут. Ветер был слабый – 1-2 м/с. Осадки наблюдались перед прохождением фронта.

Необходимо отметить, что на других пунктах за сутки наблюдались слабые осадки: станция 8 (КОС Кронштадт) среднее за сутки фиксирует 0,7 мм, станция 10 (Северная станция аэрации) – 1,4 мм, станция 5 (КНС Иловые площадки) – 1,6 мм. Более значительные осадки были зафиксированы на станциях 19 (ВНС Заячий ремиз) – 9,7 мм/сут и 21 (ВНС Стрельна) – 8,3 мм/сут.

Волна на фронте оказалась малоподвижной, так как в течение суток, когда были экстремальные осадки в районе Сестрорецка, волна не проходила Санкт-Петербург. Она находилась примерно на одном месте, а уже к концу следующих суток к 12 часам 11.07, мы наблюдаем, что территория Санкт-Петербурга и области, включая Ладожское озеро, находится в тыловой части волны. Вместо формирования циклоны, мы наблюдаем две волны, одна из которых южнее Минска, а другая на севере Ладожского озера.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 16.06.2020

Максимальная интенсивность осадков на станции 27 (ВНС Пулковская) наблюдалась в 13:15 и составляла 196,56 мм/час. Разница между плювиографом и метеорологическим радаром составила 136,56 мм/час.

В момент осадков на Балтийском море располагалось малоградиентное поле. Санкт-Петербург находится в теплом секторе циклона. На следующий день видно, что теплый сектор циклона развивается и в нем образуется линия неустойчивости, на которой образуется мощная облачность.

На рисунках представлены синоптические ситуации за 16.06.2020 и 17.06.2020.

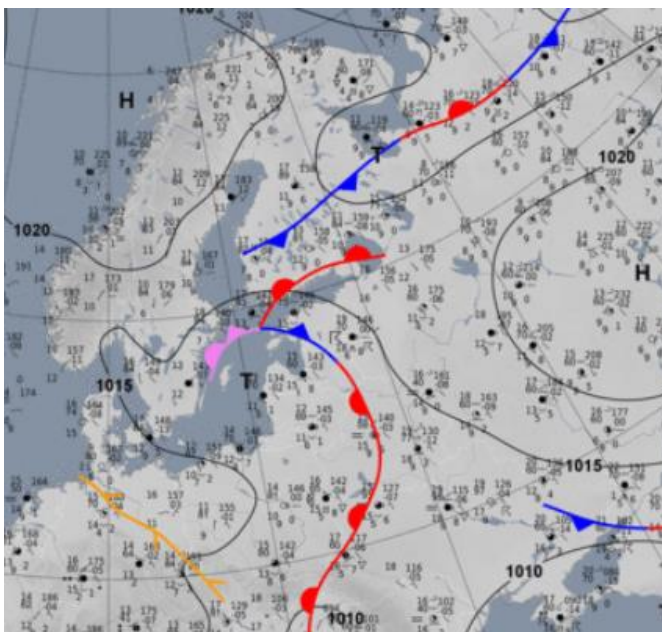


Рисунок 3.7. Карта синоптической ситуации за 16.06.2020.

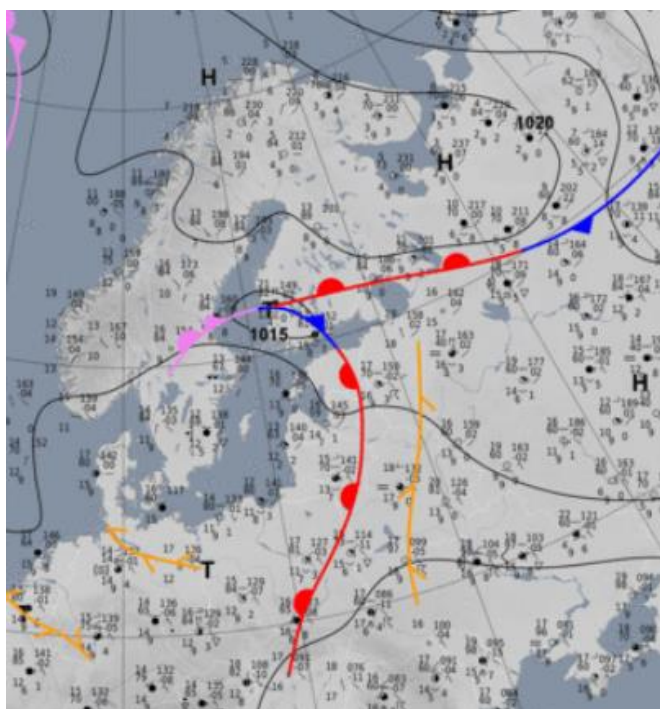


Рисунок 3.8. Карта синоптической ситуации за 17.06.2020.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 01.07.2024

Максимальная интенсивность осадков на станции 4 (КОС Кронштадт) наблюдалась в 15:55 и составляла 143,04 мм/час. Разница между плевниографом и метеорологическим радаром составила 136,04 мм/час.

Над Скандинавией, частью Северо-Западом России располагается малоградиентная ложбина с центром циклона, который находится над Ботническим заливом, и вторичным холодным фронтом, который проходит через центральную Балтику. Циклон находится в начале стадии заполнения, так как мы видим незначительный фронт окклюзии. Система холодного фронта проходит через Финский залив, через Прибалтику, проходит над территорией Австрии и уходит в сторону северного побережья Средиземного моря.

На рисунке представлена синоптическая ситуация за 01.07.2024.

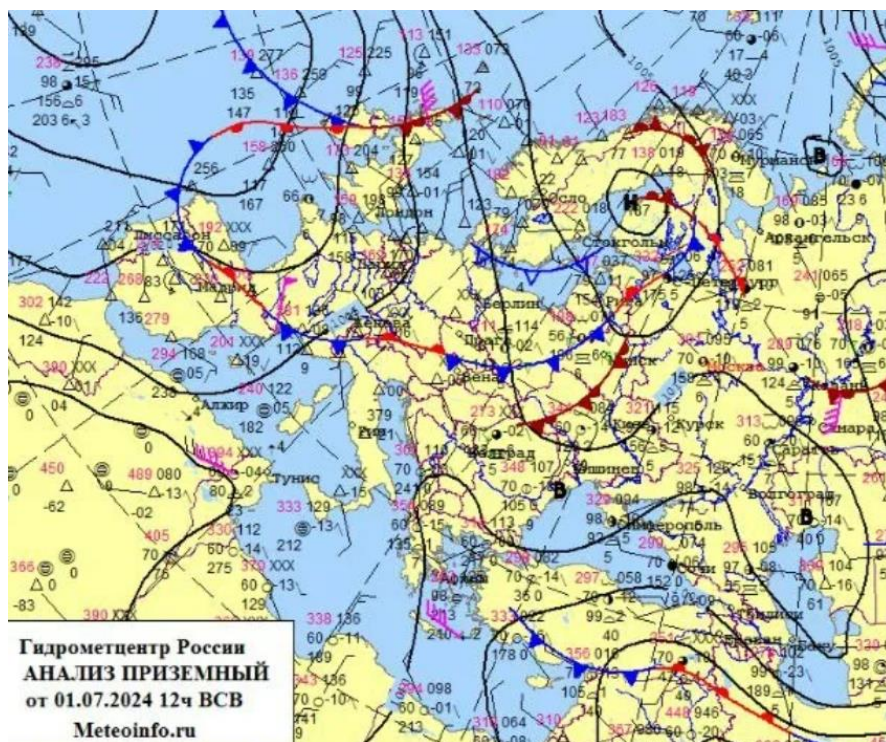


Рисунок 3.9. Карта приземного анализа за 01.07.2024 12 часов.

На спутниковом снимке наблюдается значительно хорошо выраженная облачность связанная с теплым фронтом, который проходит в сторону Петрозаводска. Также облачность теплого фронта захватывает Белое море. Южнее Финского залива, через Беларусь и Псковскую область проходит облачный фронт.

Фронтальная облачность холодного фронта с волной сдвигается в восточном направлении. В течении трех часов облачность усиливается и наблюдается полоса кучево-дождевой облачности.

На рисунке представлен спутниковый снимок 01.07.2024 за 15 часов.

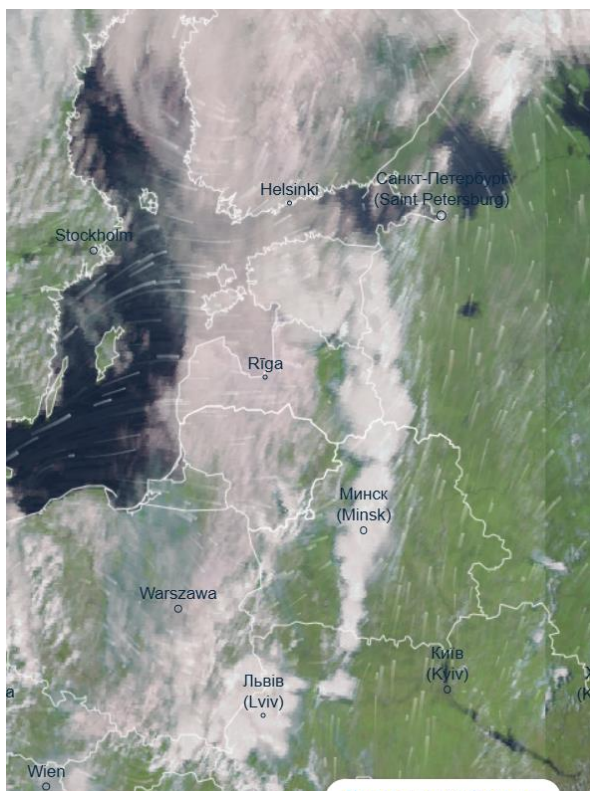


Рисунок 3.10. Спутниковый снимок за 01.07.2024 15 часов, модель METEOSAT.

В районе Санкт-Петербурга, южнее Финского залива наблюдается волна на фронте в малом градиентном поле. Санкт-Петербург находится в передней части волны.

Локальные осадки наблюдались только в районе города Сестрорецк и южнее Финского залива. При движении по Финскому заливу и по северу Ленинградской области наблюдались локальные осадки на большой территории.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 26.05.2021

Максимальная интенсивность осадков на станции 8 (КОС Сестрорецк) наблюдалась в 15:05 и составляла 140,28 мм/час. Разница между плевниографом и метеорологическим радаром составила 133,28 мм/час. Ветер западный.

Над северной территорией Германии, в районе пролив Кадетринне располагается циклон, который находится на последней стадии развития – стадия заполнения, так как мы видим значительный фронт окклюзии, который тянется от центра до практически Санкт-Петербурга.

Система холодного фронта тянется от Санкт-Петербурга до Киева, доходит до Адриатического моря, проходить через Средиземное море и уходит в сторону северного побережья Испании. Теплый фронт тянется к ложбине над Каспийским морем.

В течение суток циклон незначительно сместился на восток. В это время фронт окклюзии уже прошел Санкт-Петербург.

На рисунке представлена синоптическая ситуация за 26.05.2021.

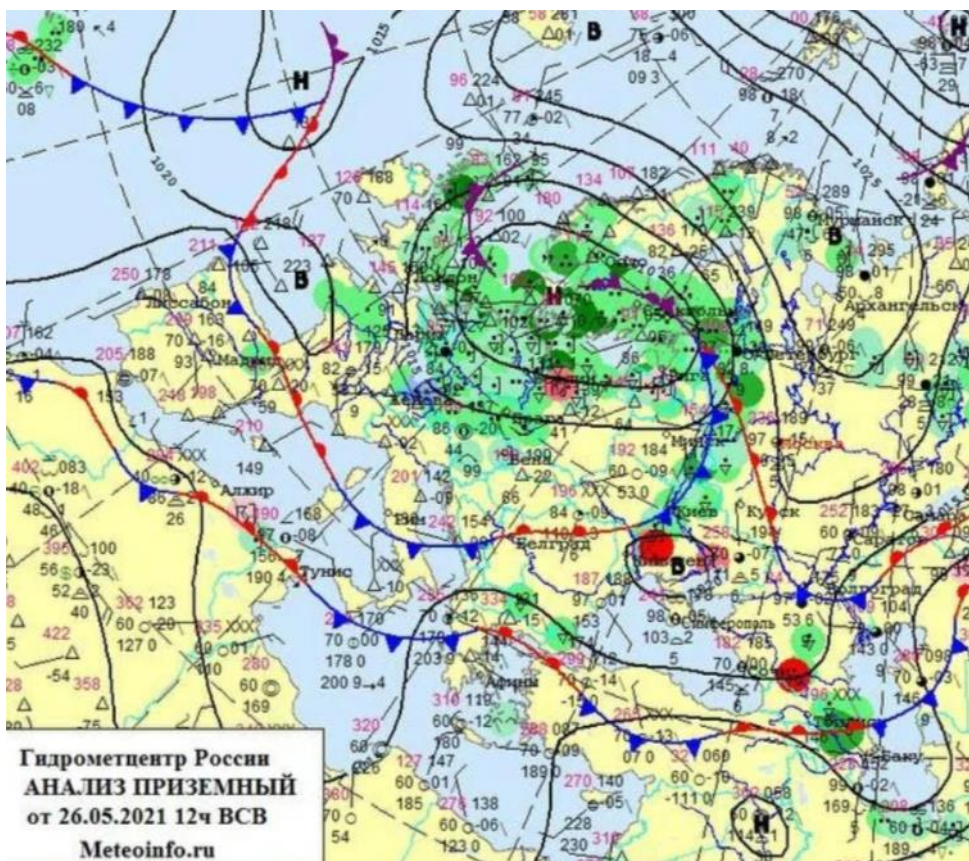


Рисунок 3.11. Карта приземного анализа за 26.05.2021 12 часов.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 08.09.2018

Максимальная интенсивность осадков на станции 2 (КОС Репино) наблюдалась в 16:35 и составляла 134,16 мм/час. Разница между пьювиографом и метеорологическим радаром составила 74,16 мм/час.

В момент осадков над Санкт-Петербургом располагался теплый фронт. На следующий день видно, что из-за влияния арктического антициклона над территорией Онежского озера. Из-за влияния антициклона холодная воздушная масса заменяет теплую. В это время центр циклона незначительно сместился на север.

На рисунках представлены синоптические ситуация за 16.06.2020 и 17.06.2020.

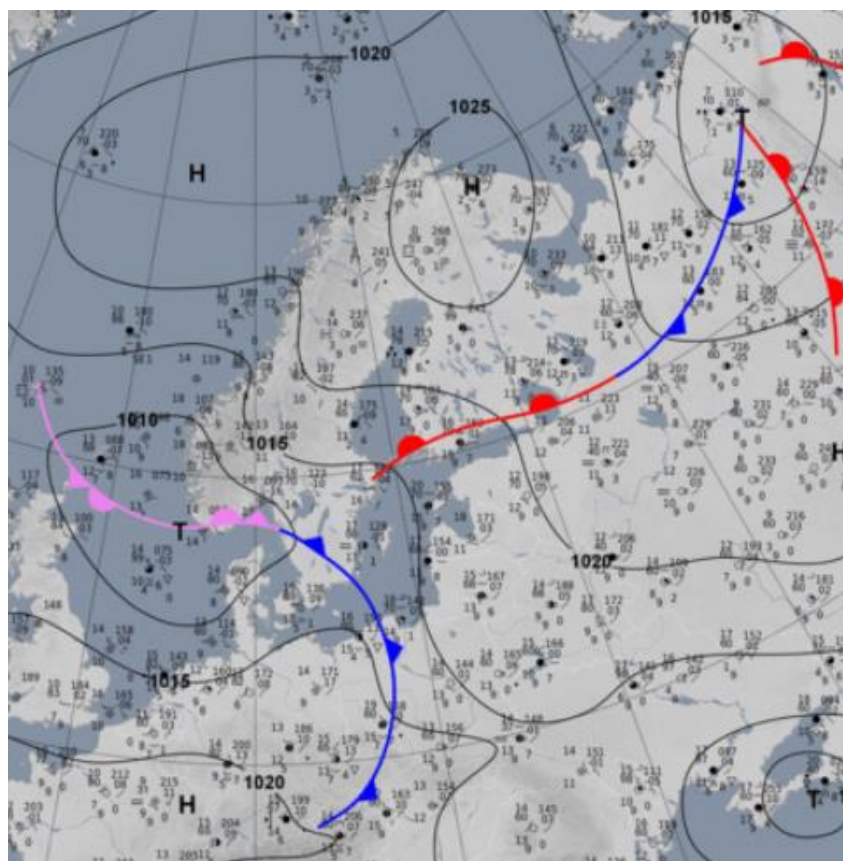


Рисунок 3.12. Карта синоптической ситуации за 08.09.2018.

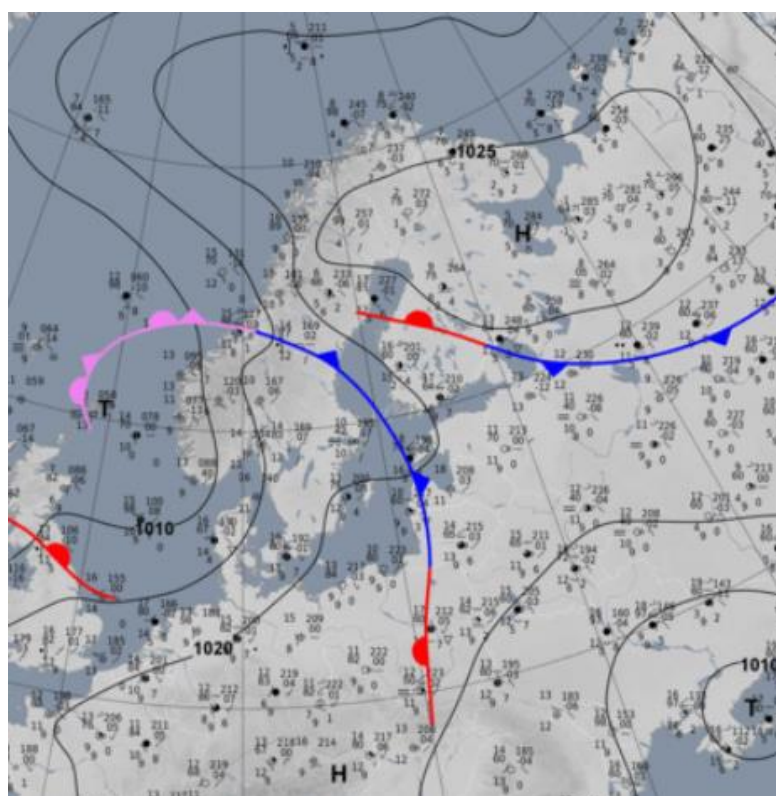


Рисунок 3.13. Карта синоптической ситуации за 09.09.2018.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 25.06.2023

Максимальная интенсивность осадков на станции 31 (КОС Пушкин) наблюдалась в 14:20 и составляла 121,32 мм/час. Разница между плувиографом и метеорологическим радаром составила 61,32 мм/час.

Над территорией ЕТР и восточной части Белоруссии находится ложбина. Фронтальная система холодного фронта проходит через северную часть Белоруссии, через территорию Литвы, проходит через Балтийское море и уходит в северную Атлантику.

Также заметно влияние Азиатского минимума

На рисунке представлена синоптическая ситуация за 25.06.2023.

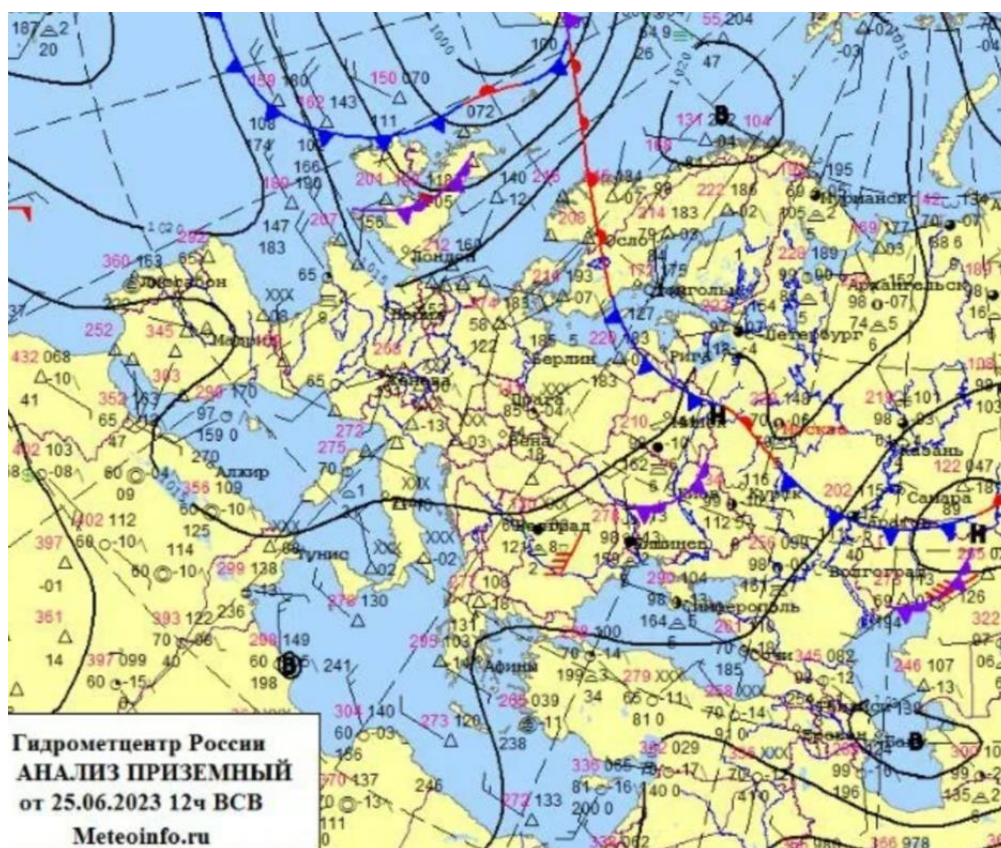


Рисунок 3.14. Карта приземного анализа за 25.06.2023 12 часов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы поставленная цель была выполнена, задачи решены.

Был сформирован архив данных среднесуточных осадков за теплый период с 2018 по 2024 год на 33-станции. Сформирован архив данных измерения pluviографа по срокам, а также архив данных с метеорологического радара.

Проведен анализ интенсивности осадков в течение исследуемого периода. Выявлены случаи сильных и очень сильных дождей на основе критериев Гидрометцентра.

Проведен сравнительный анализ данных pluвиографа и метеорологического радара в период сильных дождей за теплый период с 2018 по 2024 год на 33-станциях.

Проведен анализ синоптических условий формирования сильных и очень сильных дождей.

Данные метеорологического радара и pluвиографа были сопоставлены. Всего было выявлено 85 случаев сильных дождей. Задействовано 155 локальных станций. Локальные осадки на исследуемой территории для единичных станций составило 38 случаев. Максимальное количество станций – 4 составляет 4,5% от всех исследуемых случаев. Наибольшее количество осадков за весь период наблюдения наблюдалось на станциях 1 (КОС Зеленогорск), 2 (КОС Репино), 3 (ВНС Песочная), 8 (КОС Кронштадт), 9 (ВНС Мушинская). Максимальная ошибка составляла 136,56 мм 16.06.2020.

Были рассмотрены синоптические ситуации с экстремальными локальными осадками. Экстремальные осадки наблюдались на станциях: 1 (КОС Зеленогорск), 2 (КОС Репино), 6, 7 (ВНС Горская), 21 (ВНС Стрельна), 24, 27, 29, 30, 31, 35 (ГГО Воейково). В 58% случаев выпадению экстремальных сумм осадков (очень сильный дождь) сопутствовали холодные фронты, вторичные холодные фронты.

Были рассмотрены синоптические ситуации случаев со значительным расхождением значений pluviографа и радара. Они различаются большим разнообразием. Типовой ситуации не наблюдается. Работа является несомненно значимой, требует дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения: РД 52.27.724 – Москва ФГБУ «Гидрометцентр России». 2019. с.65
2. Ефимова Ю.В., Топтунова О.Н., Иванова И.А., Лаврова И.В., Шишкина Т.Р. Пособие по синоптической метеорологии: Санкт-Петербург РГГМУ. 2022. с.93
3. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. 7-е издание. – МГУ им. М.В. Ломоносова. – М: Издательство «Наука», издательство Московского университета . – 2006. –с. 186-192, 411-424;
4. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат. – 1991. – с. 242-296, 326-361;
5. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат. – 1977. – с. 210-299;
6. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С., Солонин А.С. О методиках радиолокационного измерения интенсивности атмосферных осадков // Ученые записки РГГМУ. 2025. № 27. С. 63–70.
7. Методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. Москва ФГБУ «Гидрометцентр России». 2019. с.129
8. Руководство по диагнозу и прогнозу опасных и особо опасных осадков, града и шквалов по данным метеорологических радиолокаторов и искусственных спутников Земли: РД 52.27.339 – Москва ФГБУ «Гидрометцентр России». 1996. с.180
9. Боровиков А.М., Костарев В.В., Мазин И.П., Смирнов В.И., Черников А.А. Радиолокационные измерения осадков. – Л.: Гидрометеиздат. – 1967. – с.139
10. Meteoinfo.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/>, свободный. (Дата обращения: 02.05.2025);

11. Ventusky.com [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ventusky.com/?p=61.8;32.2;5&l=rain-3h>, свободный. (Дата обращения: 10.05.2025);

12. Wetterzentrale.de [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=2018&maand=7&dag=22&uur=1200&var=1&map=1&model=cfsr>, свободный. (Дата обращения 10.05.2025);

13. Mgmtmo.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://mgmtmo.ru/edumat/meteodevices/Pluvio_200_.pdf, свободный. (Дата обращения 25.04.2025);

14. wetter3.de [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.wetter3.de/archiv_dwd_dt.html, свободный. (Дата обращения: 10.05.2025).

Заведующему кафедрой
метеорологических прогнозов
(наименование кафедры)

Анискиной Ольге Георгиевне
(ФИО заведующего)

от студента гр. № ГМ-Б21-1

направление подготовки 05.03.04

Гидрометеорология,
направленность (профиль)
«Метеорология»

Романова Александра Викторовича
(ФИО студента)

ЗАЯВЛЕНИЕ-УВЕДОМЛЕНИЕ

Прошу Вас утвердить тему выпускной квалификационной работы

«Анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге»

и назначить научным руководителем доцента кафедры метеорологических прогнозов

Ефимову Юлию Викторовну

Я, ознакомлен с действующим положением «О выпускной квалификационной работе».

Уведомляю о согласии проведения проверки текста данной выпускной квалификационной работы в системе «Антиплагиат».

Даю согласие на частичное размещение текста своей ВКР и приложений к ней в ЭБС
ГидроМетеоОнлайн.

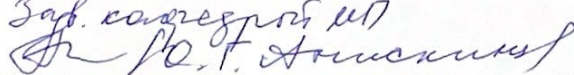
« 16 » сентября

2024 года



/ Романов А.В. /

(подпись / расшифровка)

Согласовано.
Зав. кафедрой МП

16.09.24

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

Кафедра метеорологических прогнозов


(подпись)

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

« 15 » ноября 2024 г.

Задание
на выпускную квалификационную работу
(бакалаврскую работу)

студенту

Романову Александру Викторовичу
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема «Анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге»

закреплена приказом ректора Университета от « 31 » октября 2024 года, № 1346-с.

2. Срок сдачи законченной работы « 09 » июня 2025 года.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

Архив данных суточных осадков за тёплый период с 2018 по 2024 год на 33-датчиках Pluvio (архив данных измерения плувиографа), взятый из архива ФГБУ «Северо-Западного УГМС», архив данных значений интенсивности осадков Доплеровского метеорологического радиолокатора, взятый из архива ГГО Воейково.

4. Перечень вопросов, подлежащих разработке (краткое содержание работы (проекта):

- Введение. Актуальность темы, цели и задачи выпускной квалификационной работы.
- Глава 1. Циклоническая циркуляция

(наименование главы)

- 1.1 Классификация и стадии развития циклонов
 - 1.1.1 Условия формирования и стадии развития фронтальных циклонов
 - 1.1.2 Условия формирования нефронтальных циклонов
- 1.2 Погодные условия во внетропических циклонах
 - 1.2.1 Погодные условия в зонах фронта
 - 1.2.2 Погодные условия тёплого фронта
 - 1.2.3 Погодные условия холодного фронта
 - 1.2.4 Погода фронта окклюдии
- 1.3 Опасные и неблагоприятные метеорологические явления
 - 1.3.1 Опасные метеорологические явления
 - 1.3.2 Неблагоприятные метеорологические явления
- 1.4 Аномальные осадки

(содержание главы и её разделов, параграфов)

- Глава 2. Датчики атмосферных осадков OTT Pluvio2 200; OTT Pluvio2 200 RH и OTT Pluvio2 400

(наименование главы)

2.1 Датчик измерения атмосферных осадков

2.2 Метеорологический радиолокатор

2.2.1 Методы измерения осадков

2.2.2 Доплеровские метеорологические радиолокаторы

2.2.3 Многопараметрические (поляризметрические) радиолокаторы

2.3 Создание автоматизированных метеорологических радиолокационных сетей с композитными картами

2.4 Точность измерений

(содержание главы и её разделов, параграфов)

- Глава 3. Анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге

(наименование главы)

3.1 Обозначение цели и задач научно-исследовательской работы

3.2 Формирование архива данных

3.3 Анализ значений осадкомера и метеорологического радара

3.4 Анализ синоптической ситуации

(содержание главы и её разделов, параграфов)

- Заключение. Выводы по работе в целом.

5. Перечень материалов, представляемых к защите:

- ВКР;
- презентация;
- заявление-уведомление;
- задание на ВКР;
- справка об антиплагиате;
- отзыв на ВКР

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов работы: отсутствуют

7. Дата выдачи задания: « 15 » ноября 2024 года

Руководитель выпускной квалификационной работы

Кандидат географических наук, доцент

Ефимова Юлия Викторовна

(должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество)



(подпись)

Задание принял(а) к исполнению « 15 » ноября 2024 года

Студент Романов Александр Викторович, гр. ГМ-Б21-1

(фамилия, имя, отчество, учебная группа)



(подпись)

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Российский государственный
гидрометеорологический университет»

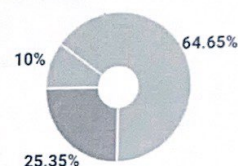
ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Романов Александр Викторович
Самоцитирование
рассчитано для: Романов Александр Викторович
Название работы: Романов А.В._ВКР_2024-2025
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: кафера метеорологических прогнозов

РЕЗУЛЬТАТЫ

СОВПАДЕНИЯ		25.35%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ		64.65%
ЦИТИРОВАНИЯ		10%
САМОЦИТИРОВАНИЯ		0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 09.06.2025



Структура
документа:
Модули поиска:

Проверенные разделы: основная часть с.11-54

СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Публикации eLIBRARY; СПС ГАРАНТ: аналитика; Публикации РГБ; Кольцо вузов (переводы и перефразирования); Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Коллекция НБУ; Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Публикации РГБ (переводы и перефразирования); Медицина; Сводная коллекция ЭБС; Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Переводные заимствования IEEE; Переводные заимствования; Цитирование; ИПС Адилет; Рувики; IEEE; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Шаблонные фразы; Перефразирования по...

Заключение о
работе (оценка):

заочно

Работу проверил: Ефимова Юлия Викторовна

ФИО проверяющего

Дата подписи:

09.06.2025



Ефимова Ю.В

Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Отзыв
на выпускную квалификационную работу
(бакалаврская работа)

Вид работы бакалаврская работа

Тема «Анализ сильных и очень сильных ливневых дождей в тёплый период в Санкт-Петербурге»

Студент Романов Александр Викторович
(Ф. И. О. полностью)

4 курс, гр. ГМ-Б21-1

(курс, № учебной группы)

Научный руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Ефимова Юлия Викторовна

(должность, фамилия, имя, отчество)

Александр Викторович проделал очень большое исследование, которое отличается проработкой деталей и хорошей логичной структурой. Наиболее интересным результатом выпускной работы является сравнительный анализ данных плувиографа и метеорологического радара на 33 станциях в районе Санкт-Петербурга.

Работа А.В.Романова была выполнена в срок. Александр Викторович работал увлечено, самостоятельно и грамотно. Показал себя сложившимся специалистом, склонным к анализу и обработке больших объемов информации.

В целом считаю, что с поставленной задачей Романов Александр Викторович справился и заслуживает присвоения квалификации бакалавра по направлению подготовки 05.03.04 Гидрометеорология, направленность (профиль) «Метеорология».

Текст, представленной выпускной квалификационной работы, не содержит сведений, составляющих государственную тайну.

Текст выпускной квалификационной работы может быть опубликован в ЭБС в полном объеме.

Научный руководитель



(подпись)

Ю.В. Ефимова

(расшифровка Ф.И.О.)

«09» июля 2025 г.

С отзывом ознакомлен



(подпись студента)

А.В. Романов

(расшифровка Ф.И.О.)

«09» июля 2025 г.