



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

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему

«Грозы в Ленинградской области»

Исполнитель

Васина Евгения Юрьевна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

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

Восканян Карина Левановна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Восканян Карина Левановна

(фамилия, имя, отчество)

«24» июня 2025 г.

Санкт-Петербург

2025

Содержание

	стр.
Введение	3
1 Грозы, как опасные явления погоды	5
1.1 Классификация гроз	6
1.2 Типы грозовых облаков и явления погоды сопутствующие грозам	10
1.3 Методы обнаружения гроз	14
2 Климатическая характеристика Ленинградской области	20
2.1 Физико-географическая характеристика региона	20
2.2 Климатическая характеристика региона	24
3 Грозы в Ленинградской области по наблюдениям за последние 15 лет	29
3.1 Исходные данные и их первичная обработка	29
3.2 Исследование грозовой активности в Ленинградской области	33
Заключение	43
Список использованных источников	45

Введение

Исследование грозовой активности является одним из важнейших направлений в метеорологии.

Грозы – это одно из наиболее драматических и впечатляющих явлений природы, которое может оказать значительное воздействие на нашу жизнь и окружающую среду. Сильные грозы могут привести к повреждению зданий, падению деревьев, и другим катастрофическим последствиям. Грозы могут угрожать безопасности людей и животных, а их последствия – вызывать наводнения или стихийные паводки.

Одной из ведущих отраслей в современном мире, для которой грозовая активность особенно опасна и важна – это авиация. Атмосферное электричество способно поражать не только воздушные суда при выполнении полёта, но и системы, обеспечивающие работу аэродромов. Нередки случаи, когда во время грозы молния попадает в метеорологическое оборудование на полосе и приборы выходят из строя.

Цель работы:

провести исследование грозовой активности в Ленинградской области.

Задачи работы:

1. рассмотреть классификацию гроз;
2. описать типы грозовых облаков и явления погоды сопутствующие грозам такие как ливень, град, шквал и др.;
3. изучить методы обнаружения гроз;
4. подготовить физико-географическое и климатическое описание Санкт-Петербурга и Ленинградской области;

5. на основе архивной информации подготовить для исследования базу данных за 15 лет;
6. провести исследование длительности грозовой активности и количества зарегистрированных грозовых случаев в разных районах Ленинградской области.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников. В первой главе рассмотрены классификация гроз, условия образования и методы наблюдения за грозовой активностью. Вторая глава посвящена климатическим характеристикам и особенностям Ленинградской области. В третьей главе дано описание исходных данных и проведено исследование длительности грозовой активности и количества зарегистрированных грозовых случаев в разных районах Ленинградской области по годам и за пятнадцатилетний период в целом.

1 Грозы, как опасные явления погоды

Гроза – это атмосферное явление, в связи с которым в облаках появляются многократные электрические разряды в виде молний, влекущих за собой гром [1]. Грозовая деятельность является результатом развития мощных кучево-дождевых облаков. Под необходимым условием для грозовой деятельности подразумевается наличие влагонестойчивого состояния воздушной массы. Кучево-дождевые облака появляются в результате интенсивных восходящих потоков влажного воздуха. Эти потоки образуются путем термической конвекции, которая в свою очередь является вынужденным поднятием воздуха и вытеснением вверх теплого воздуха на атмосферные фронты [1].

Грозовые облака проходят три стадии развития (рис. 1.1):

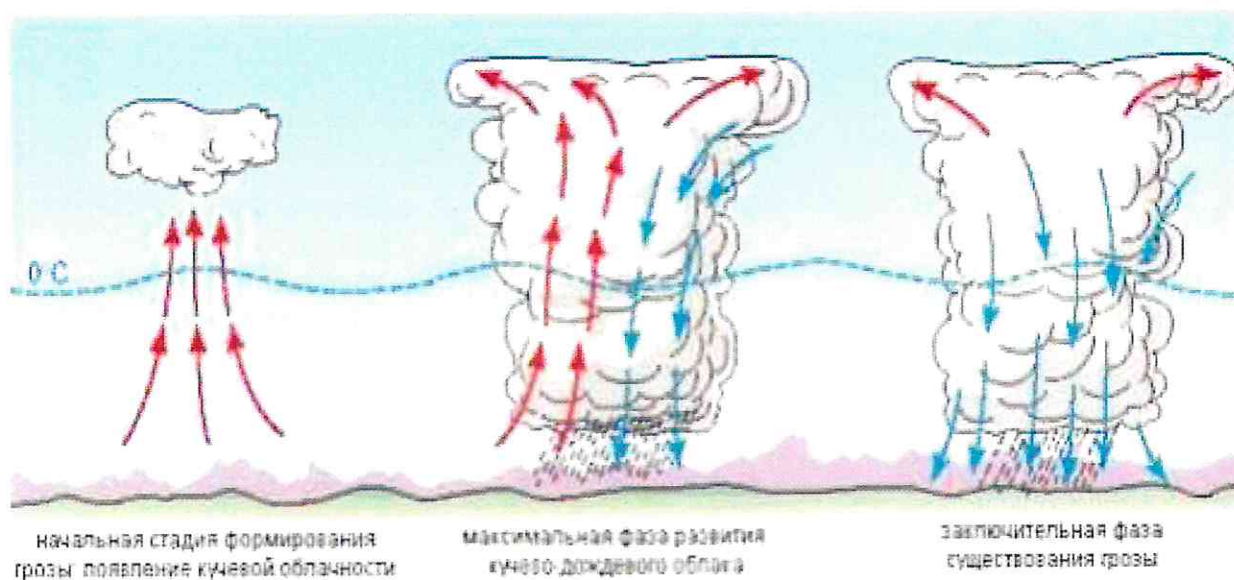


Рисунок 1.1 – Стадии развития грозового облака

1 стадия – начальное развитие, представленное кучевыми и мощнокучевыми облаками;

2 стадия – максимального развития, представлена кучево-дождевыми облаками с вертикальным развитием 9-12 километров и выше, из которых выпадают осадки в виде града и ливней;

3 стадия – разрушения, размывание кучево-дождевых облаков начинается снизу, преобладают нисходящие потоки.

Гроза является одним из наиболее опасных явлением погоды. Стоит заметить, что из всех метеорологических факторов, связанных с грозовой деятельностью, самым опасным для авиации является атмосферная турбулентность внутри кучево-дождевых облаков и вблизи них.

Интенсивные вертикальные токи зачастую сочетаются с резкими порывами ветра, обуславливающими штормовую болтанку самолетов, сильное обледенение на высотах, град, интенсивные ливневые осадки, шквалы, смерчи, сдвиги ветра, а также возможность поражения самолета молниями.[2]

1.1 Классификация гроз

Грозы подразделяются на внутримассовые и фронтальные.

Внутримассовые грозы – кратковременные, в основном возникающие примерно в 15-19 часов, имеют очаговый характер. Перемещаются со скоростью 5-25 км/час в направлении ведущего потока на высотах 3-5 км [1].

Внутримассовые грозы подразделяются на конвективные, адвективные и орографические (рис. 1.2).

Типичными синоптическими процессами для формирования гроз являются: тыловая часть циклона, седловина, восточная периферия антициклона, размытые барические системы, заполняющиеся циклоны. Предвестниками гроз

являются башенкообразные и хлопьевидные высококучевые облака, большая величина абсолютной влажности $12-15 \text{ г/м}^3$ и более высокая температура $20-25^\circ$ в утренние часы [3].

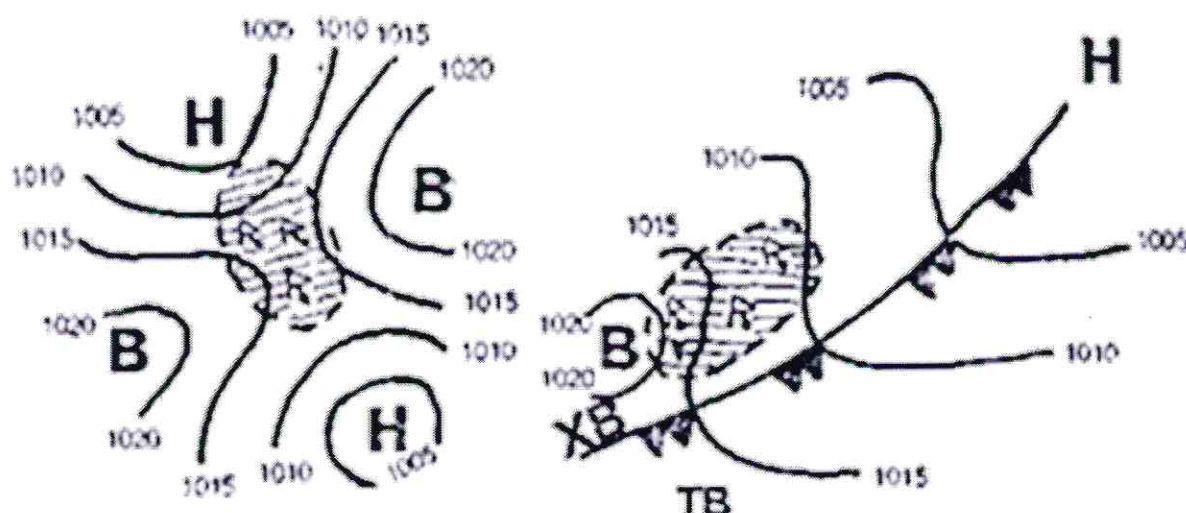


Рисунок 1.2 – Барическое поле при формировании конвективных и адвективных гроз

Фронтальные грозы – наиболее активны, большой горизонтальной протяженности, на радиолокаторе выглядят как вытянутые засветки вдоль фронта. Обойти их трудно. Если на экране локатора отмечаются пальцеобразные засветки – это характерно для града [2].

Грозовая деятельность на атмосферном фронте тем интенсивнее, чем больше разность температур между воздушными массами (ВМ) и чем больше влагосодержание теплой ВМ. Грозовые облака бывают сосредоточены вдоль линии фронта шириной от 30 до 50 км, протяженность может достигать 1000 км. Перемещаются эти грозы вместе с фронтом.

Фронтальные грозы подразделяются на грозы холодного фронта, теплого фронта и фронтов окклюзии.

Грозы на холодном фронте (рис. 1.3) возникают над поверхностью холодного фронта. Эти грозы растянуты вдоль линии фронта и имеют ширину 50-70 км. Средняя скорость смещения грозовых зон составляет 30-40 км/ч, но иногда они могут смещаться и со скоростью 100 км/ч. Такие грозы усиливаются во второй половине дня и ослабевают ночью [4].

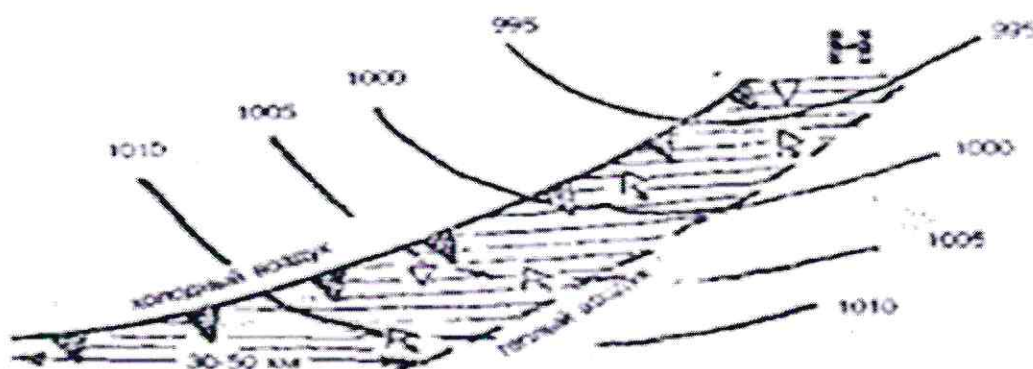


Рисунок 1.3 – Расположение гроз на холодном фронте

Грозы на теплом фронте (рис. 1.4) наблюдаются редко. Они возникают при подъеме теплого и влажного воздуха.

Грозы на теплом фронте усиливаются ночью и ослабевают в дневное время. Это можно объяснить тем, что в ночное время верхняя граница облачности перестает «нагреваться» и начинает излучать тепло. В результате температура верхней границы облачности понижается, что приводит к увеличению вертикального градиента температуры в облаке, появлению неустойчивой стратификации и возникновению кучево-дождевой облачности вместо слоисто-дождевой [3].

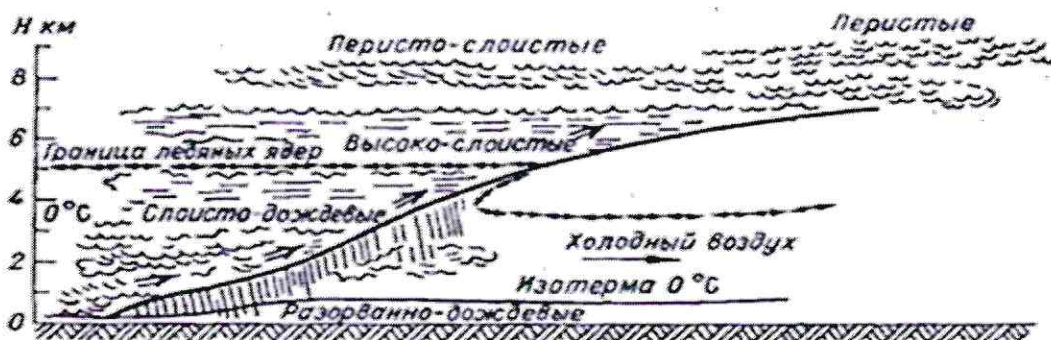


Рисунок 1.4 – Схема облачной системы теплого фронта

Грозы на фронтах окклюзии (рис. 1.5) могут наблюдаться в любое время суток, но чаще они возникают на холодных фронтах окклюзии, а следовательно, во второй половине дня.

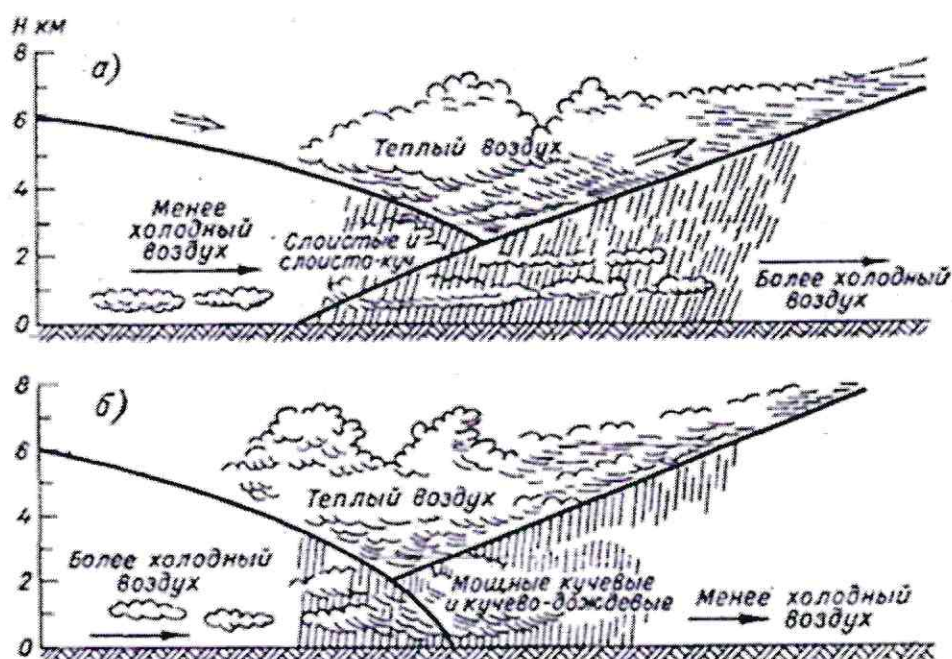


Рисунок 1.5 – Схема облачной системы фронтов окклюзии

а) по типу теплого; б) типу холодного

1.2 Типы грозовых облаков и явления погоды сопутствующие грозам

Как правило, грозы всегда сопровождаются различными явлениями: ливни, град (рис. 1.6), шквал, иногда смерч. Все эти явления, даже когда каждое из них не достигает критерия опасного явления (ОЯ), в сочетании могут стать комплексом неблагоприятных условий погоды, которые приносят ущерб инфраструктуре и безопасности населения.



Рисунок 1.6 – Град на Кубани

Например, сильные продолжительные ливни могут привести к паводкам на реках, которые наносят ущерб сельскому хозяйству (рис. 1.7), а интенсивная грозовая деятельность представляет большую опасность для авиации. [10]



Рисунок 1.7 – Паводок после грозы и сильного ливня

Теперь рассмотрим основные типы грозовых облаков и некоторые явления погоды, которые они приносят.

Первый тип – внутримассовые (локальные грозы), которые образуются в случайных местах и в случайные моменты времени из конвективной ячейки с восходящим потоком в центральной своей части кучево-дождевого облака (рис. 1.8) в малоградиентном барическом поле при слабом ветре.

Продолжительность жизни такого облака не велика (от 30 до 60 минут), оно быстро разрушается с выпадением осадков. Сильных изменений погоды внутримассовые грозы не приносят, но могут спровоцировать непродолжительный ливень, град, шквал и даже слабый смерч.[10].

Второй тип гроз наиболее распространен. Это многоячейковые кластерные грозы (рис. 1.9), состоящие из группы грозовых ячеек на разных стадиях

развития, которые двигаются как единое целое. Период существования – 1-2 часа.

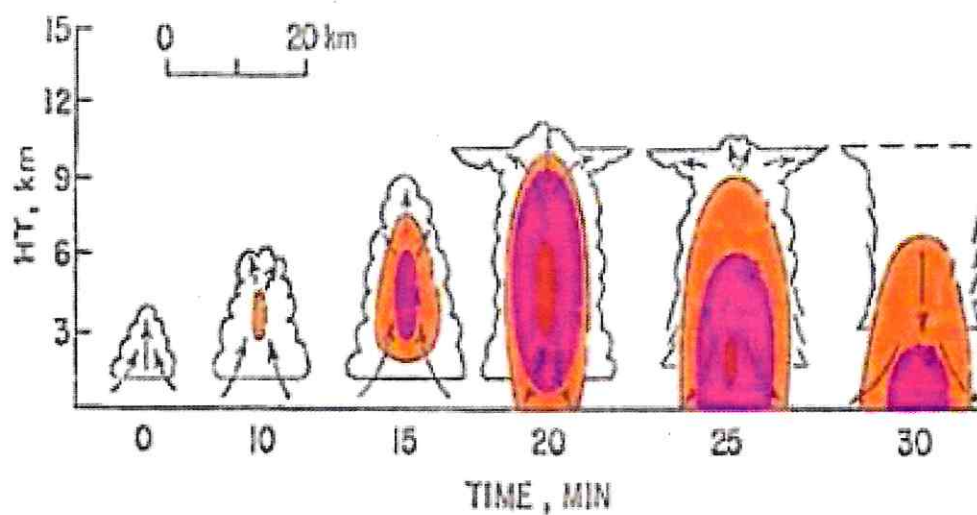


Рисунок 1.8 – Цикл жизни одноячейкового облака

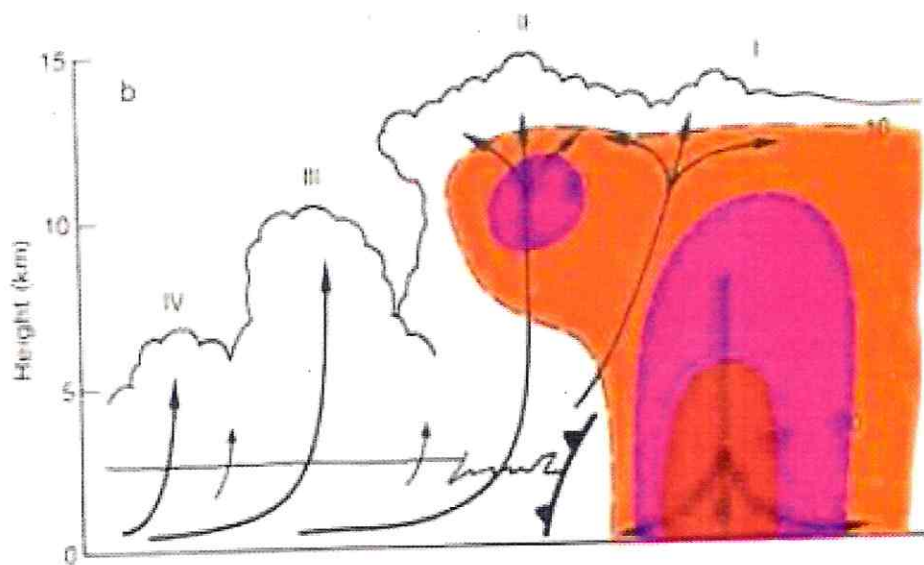


Рисунок 1.9 – Схема многоячейковой грозовой структуры

Такие грозы могут давать град, ливневые дожди и относительно слабые шквальные порывы ветра.

Третий тип – линия гроз с линией шквалов (рис. 1.10) на передней части фронта. Линия шквалов – локальное проявление грозовой активности, которое может приносить ливни большой интенсивности и крупный град.



Рисунок 1.10 – Линия шквалов

Четвертый тип – суперячейковые грозы. Суперячейковое облако – высокоорганизованное грозовое облако, представляющее наибольшую угрозу. Его структура (рис. 1.11) похожа на первый тип гроз, но размер ячейки огромен, а ее верхняя граница частенько проникает в стратосферу, имеет единую полукруглую наковальню.

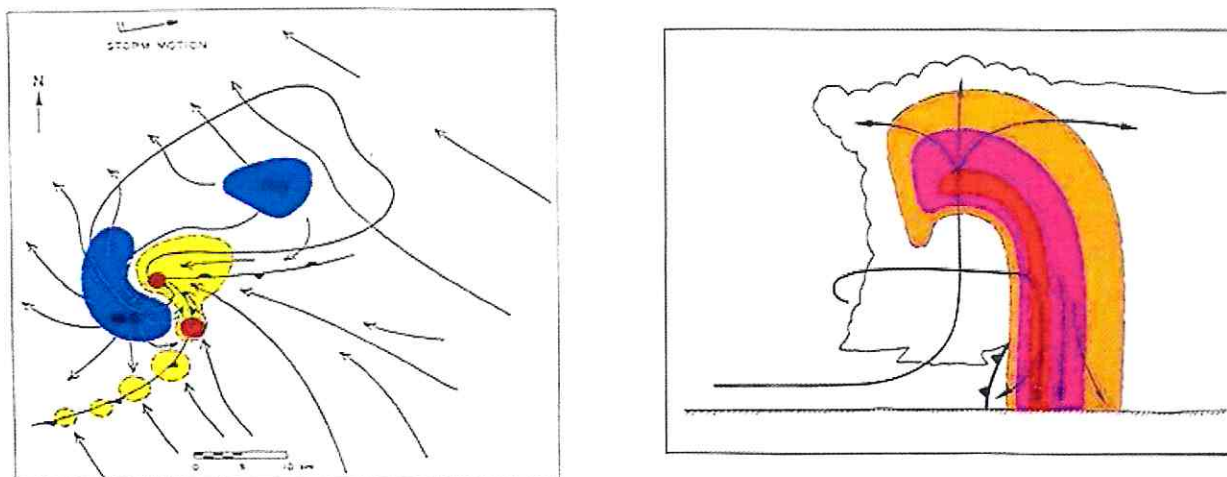


Рисунок 1.11 – Вертикальная и горизонтальная структура суперячейкового облака

Диаметр такого облака огромен, а скорость вращающегося восходящего потока достигает 40 -60 м/с, принося шквальный ветер (до 40 м/с), разрушительные смерчи и даже град размером более 5 см.

1.3 Методы обнаружения гроз

На сегодняшний день известны несколько методов обнаружения гроз и мониторинга грозовой активности, например лоатор, грозопеленгатор, метеорологические спутники. Рассмотрим некоторые из них.

Основная задача метеорологического лоатора – обнаружение и мониторинг передвижения зон облачности (в том числе мощной кучевой), осадков различной интенсивности (дождя, града), гроз, турбулентности. Современные модели метеорологических лоаторов позволяют получать трёхмерное изображение (вертикальный и горизонтальный профиль)

распределения осадков на основе информации об отражаемости генерируемого сигнала (рис. 1.12а). Информация о том или ином метеорологическом явлении передается цветом в соответствии с легендой (рис. 1.12б).

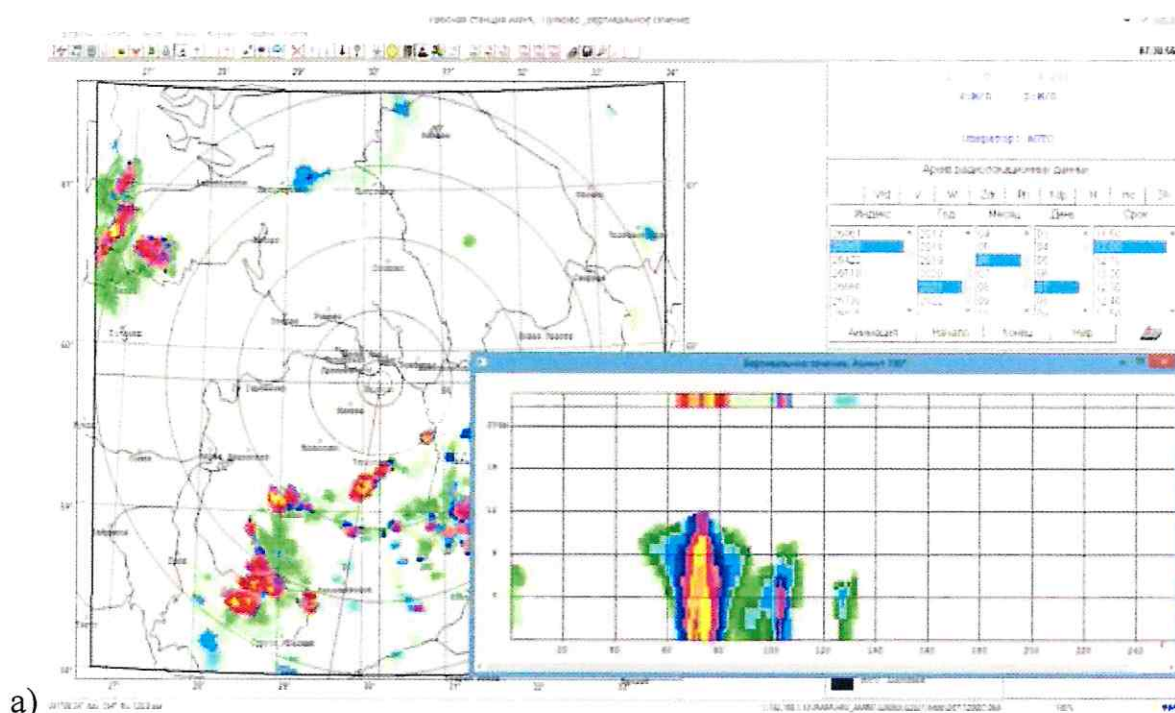


Рисунок 1.12 – Данные метеорологического лоатора ДМРЛ-С

а) вертикальный срез радиозеха; б) легенда

Для повышения точности получаемой информации метеорологические локационные станции объединяют в сеть, что позволяет

Работа грозопеленгатора (рис. 1.13) заключается в регистрации радиочастотных сигналов, излучаемых молнией. Грозопеленгатор состоит из антенны (системы антенн) и регистрирующей части.



Рисунок 1.13 – Современный грозопеленгатор-дальномер

Для повышения точности и эффективности предупреждения об ОЯ грозопеленгаторы объединяют в системы (рис. 1.14). На территории Российской Федерации Росгидрометом развернута сеть грозопеленгаторов, которая охватывает всю территорию европейской части России, Северный Кавказ, Дальний Восток и о. Сахалин[11].

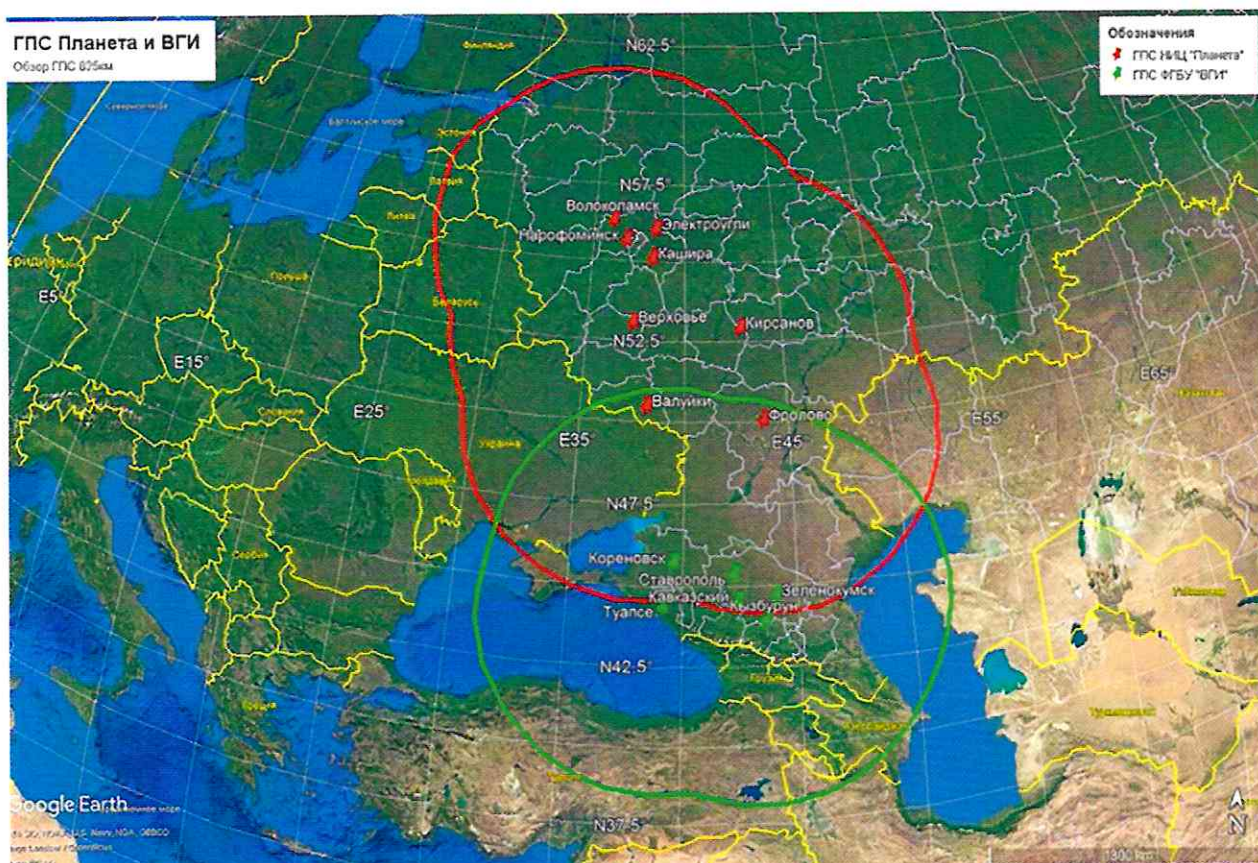


Рисунок 1.14 – Зоны охвата двух грозопеленгационных систем

Современные грозопеленгационные системы имеют большой радиус действия, незначительные эксплуатационные затраты и способны определять наибольшее число характеристик грозовой активности, включая точные координаты, время, а также тип и токовые характеристики разрядов молний [11]. При этом все измерения происходят в режиме реального времени.

Определять зоны гроз, их вероятность и интенсивность можно и при использовании спутниковых данных методом порогового дешифрирования [12]. При этом анализу на возможность наличия гроз не будут подвергаться все облачные системы, а только очень мощные кучево-дождевые облака с высокими

значениями водозапаса и большой вертикальной мощности. Пример реализации этого метода показан на рисунке 1.15. Бордовым цветом обозначается слабая гроза (вероятность >0 %), оранжевым – умеренная (вероятность > 70 %), красным – сильная (вероятность ~ 100 %).[12]

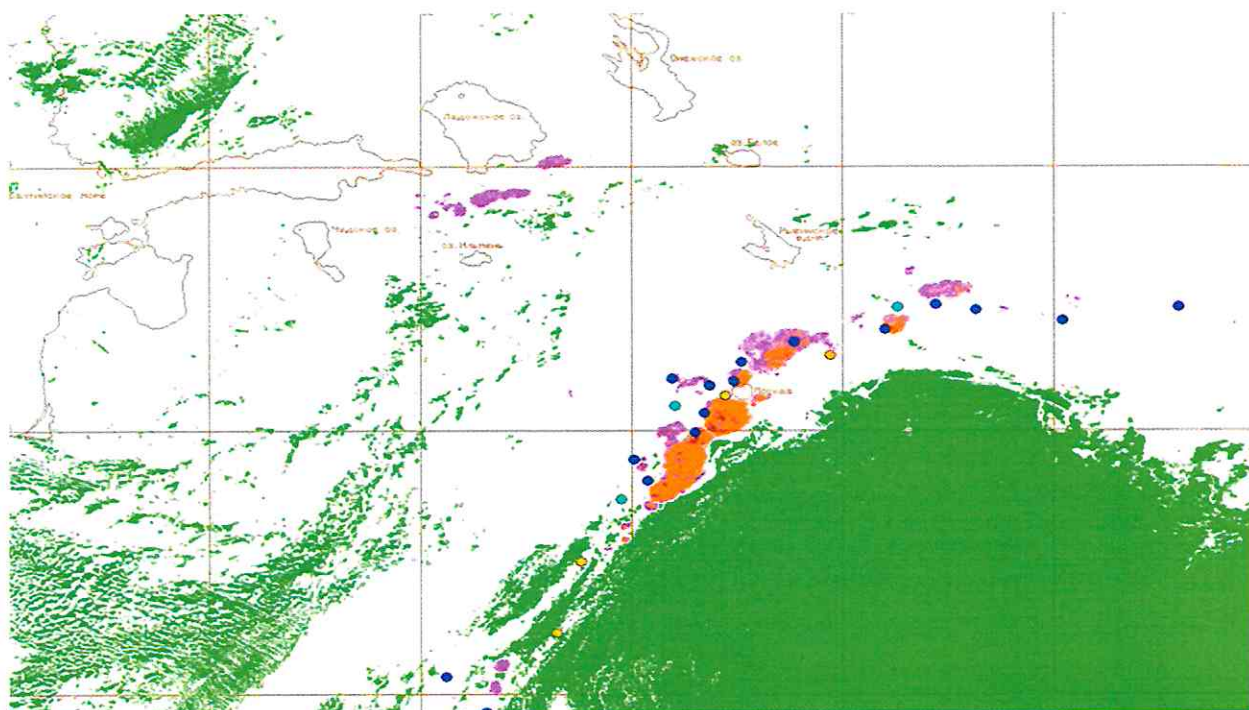


Рисунок 1.15 – Результат определения зон гроз по данным наблюдений со спутника

Однако, не смотря на наличие современных технологии обнаружения гроз и мониторинга грозовой активности, на большинстве наземных метеорологических станций данные о наличии или отсутствии грозы фиксируются наблюдателем-метеорологом старым проверенным методом: визуально и по звуку.

Количество облаков при проведении наземных наблюдений оценивается визуально по специальной шкале (табл. 1.1), так же как и их форма.

Таблица 1.1

Визуальная оценка количества облаков

Состояние неба	Количество баллов
Малооблачное небо, ясное небо	0-2 балла
Полуясное небо	3-7 балла
Пасмурное небо	8-9 баллов

2 Климатическая характеристика Ленинградской области

2.1 Физико-географическая характеристика региона

Исследуемый район (рис. 2.1) находится на северо-западе России и граничит с Финляндией и Эстонией.



Рисунок 2.1 – Ленинградская область на карте

Центром области является Санкт-Петербург, который по ландшафтным и климатическим особенностям условно можно разделить на несколько основных районов (рис. 2.2).[5,9]



Рисунок 2.2 – Районы Санкт-Петербурга

Первый район – северный. Он отличается пересеченностью рельефа, обилием водных объектов (пруды, озера) и зеленых насаждений (городских парков, садов, лесопарковых зон). Этот район расположен на возвышенности: высота над уровнем моря тут в основном составляет от 5 до 10 метров, увеличиваясь к северо-востоку до 27-42 м.

Второй район – южный – полная противоположность. Тут мало зелени и водных объектов. Единственное исключение – южное побережье Финского

залива (рис. 2.3). Рельеф местности достаточно однообразен и представляет собой равнину.

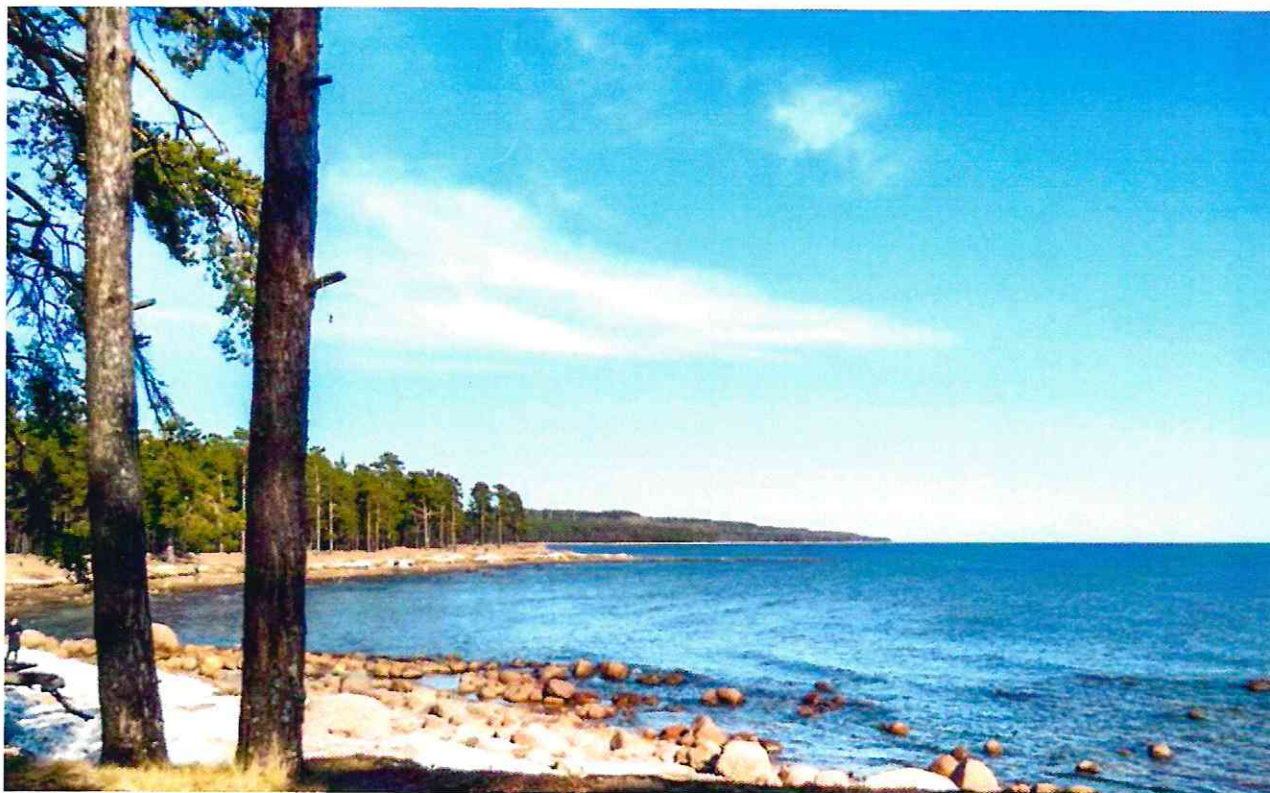


Рисунок 2.3 – Южное побережье Финского залива

Третий район – острова дельты Невы. Это самая низкая часть города, высота над уровнем моря тут не превышает 2-3 метров, поэтому именно этот район наиболее подвержен затоплениям во время наводнений. Поскольку данный район самый старый, не считая намывных территорий, тут плотная городская застройка (Васильевский остров, Петроградская сторона) чередуется с парковыми зонами (Крестовский, Елагин острова).

Ландшафт Ленинградской области, а соответственно и ее климат, так же достаточно разнообразны. На востоке – Ладожское (рис. 2.4) и Онежское озера,

суммарная площадь которых составляет более 27 000 км², и большое количество рек и судоходных каналов. В западной части области находится побережье Финского залива, протяженность которого около пятьста километров.



Рисунок 2.4 – Ладожское озеро

Рельеф местности, как города так и области, неоднороден: тут есть и возвышенности, и низины. Возвышенности в основном расположены в восточной части области: в Тихвинском районе и на границе с Вологодской областью (рис. 2.5).

На ряду с вышеперечисленными особенностями рельефа большкую роль в формирование климатических особенностей города и области играет Нева, так же как и обилие рек и каналов, ведь их протяженность только в черте города около 300 км, что составляет десятую часть площади города.



Рисунок 2.5 – Вепсовская возвышенность

2.2 Климатическая характеристика региона

Климат Ленинградской области формируется под влиянием многих факторов: тепло, влагу и ветрянную погоду приносят воздушные массы с Атлантики, холод – заток арктических воздушных масс с севера, засушливые условия – заток воздуха с востока. Благодаря своему положению и большой протяженностью с запада на восток область носит черты и континентального, и морского климата.

Во все сезоны года в регионе наиболее часто наблюдается ветер юго-западного и западного направлений.

Как было сказано выше, большой вклад в разнообразие погодных условий вносят особенности рельефа и наличие больших водных объектов.

Например влияние теплого атлантического воздуха сказывается на разбросе (амплитуде) суточного и годового хода температуры (табл. 2.1). В восточной части области влияние Атлантики ослабевает и, как следствие, тут холоднее на несколько градусов.

Таблица 2.1

Климатические данные по температуре

	Январь	Февраль	март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Средний температура (°C)	-6.3	-6.2	-2.7	3.8	10.7	15.1	18.6	16.8	12	5.5	0.7	-2.8
минимум температура (°C)	-8.3	-8.6	-5.7	-0.2	6.2	10.9	14.8	13.5	9.3	3.6	-0.8	-4.5
максимум температура (°C)	-4.5	-4.2	0.1	7.5	14.4	18.5	22	19.9	14.7	7.4	2.1	-1.3

Есть влияние и на распределение осадков. На юге области осадки достаточно интенсивные, но кратковременные (в общей сложности на 8-9% меньше, чем в центре). В северных, северо-восточных и восточных районах, расположенных на возвышенностях, в течение года выпадает осадков больше (на 10-20 %), чем в прибрежных районах. Климатические данные по осадкам показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Климатические данные по осадкам

Норма осадков (мм)	53	42	42	43	54	69	69	76	63	69	67	59
Влажность(%)	86%	85%	82%	75%	67%	69%	73%	76%	80%	85%	87%	86%
Дождливые дни (Д)	10	8	8	7	7	9	9	9	9	10	10	11

Благодаря воздушным массам с Атлантики в районе достаточно большое количество пасмурных и облачных дней (рис. 2.6), что особенно заметно в зимний период. Например, в зимний период преобладает слоисто-дождевая облачность, а летом – перистые и высококучевые.

Солнечные, облачные и пасмурные дни

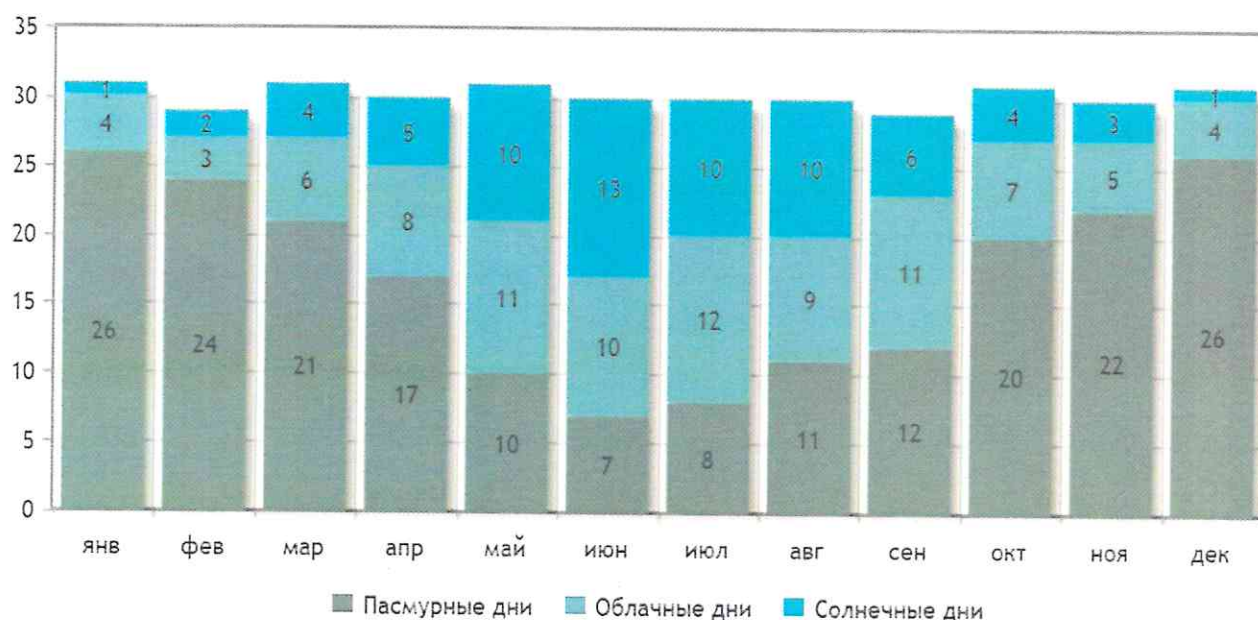


Рисунок 2.6 – Годовое распределение облачных дней в Санкт-Петербурге

Теперь поговорим о грозах (рис. 2.7). Неоднородность рельефа и подстилающей поверхности области оказывают влияние и на грозовую активность.

Так в долинах и на побережье (влияние бризовой циркуляции) грозовая активность значительно меньше. На островах Финского залива, за год может быть всего 10 дней с грозой, а ее средняя продолжительность составит 1,2 часа. Тогда как за счет усиления вертикальных движений над возвышенными

районами, особенно на наветренных склонах грозовая активность значительно выше (25-30 дней за год).



Рисунок 2.6 – Грозы над Санкт-Петербургом

Благоприятные условия для увеличения грозовой активности создаются в южных районах области (бассейна р. Луги), где из-за наличия заболоченных территорий при достаточном прогреве, высокой влажности происходит активное испарение.

Продолжительность грозовой активности увеличивается с севера на юг и с запада на восток, что так же обусловлено рельефом местности.

Стоит отметить, что влияние подстилающей поверхности проявляется главным образом на развитии внутримассовых гроз.[5,9], а в рассматриваемом регионе преобладают грозы фронтальные на холодных фронтах.

В Ленинградской области грозовая активность чаще проявляется с мая по август в период с 12 до 18 часов.

3 Грозы в Ленинградской области по наблюдениям за последние 15 лет

3.1 Исходные данные и их первичная обработка

Для практической части работы был использован архив данных за 15 лет (количество случаев проявления гроз и их продолжительности) с пяти станций на территории Ленинградской области.

В рамках работы были рассмотрены такие наблюдательные пункты, как Выборг, Тихвин, Кингисепп, Новая Ладога, Шлиссельбург (рис. 3.1).

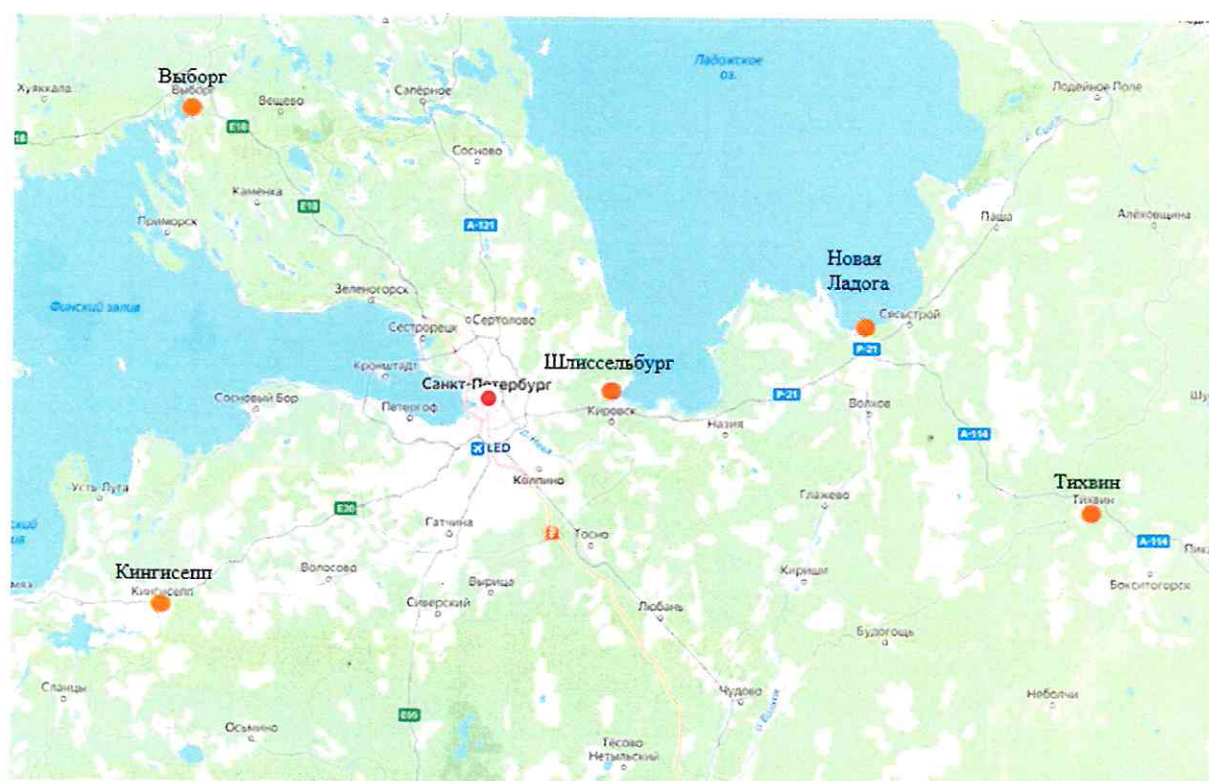


Рисунок 3.1 – Расположение выбранных пунктов наблюдения

Выбор пал на них по причине того, что Выборг, Шлиссельбург и Новая Ладога являются прибрежными городами, и на них будут влиять большие источники воды (Финский залив и Ладожское озеро). В то время, как Кингисепп и Тихвин будут относиться к континентальным городам, где влияние от источников воды минимальное или его совсем нет.

Для исследования были взяты данные с 1997 по 2022 год (рис. 3.2). Где в первом столбике представлен индекс станции, во втором и третьем столбце приведено время начало регистрации время окончания регистрации грозового очага, в четвертом столбике – представлено количество случаев и в последнем представлена длительность грозовой активности в минутах.

6072870	19.05.1997 12:10	19.05.1997 12:20	10	10
6072870	29.05.1997 10:45	29.05.1997 11:15	30	30
6072870	10.06.1997 3:25	10.06.1997 5:15	60	110
6072870	08.07.1997 16:15	08.07.1997 17:50	60	95
6072870	08.07.1997 20:20	08.07.1997 21:00	40	40
6072870	08.07.1997 21:00	08.07.1997 21:50	50	50
6072870	23.07.1997 11:34	23.07.1997 14:20	60	166
6072870	25.07.1997 8:30	25.07.1997 9:40	60	70
6072870	26.07.1997 14:50	26.07.1997 15:45	55	55
6072870	27.07.1997 23:38	28.07.1997 0:20	42	42
6072870	28.07.1997 16:15	28.07.1997 17:00	45	45
6072870	05.08.1997 14:40	05.08.1997 15:50	60	70
			572	783
6072870	08.06.1998 10:50	08.06.1998 11:40	50	50
6072870	11.06.1998 1:00	11.06.1998 2:40	60	100
6072870	11.06.1998 7:24	11.06.1998 7:45	21	21
6072870	11.06.1998 7:45	11.06.1998 8:15	30	30
6072870	11.06.1998 9:25	11.06.1998 10:50	60	85
6072870	11.06.1998 17:15	11.06.1998 17:45	30	30

Рисунок 3.2 – Первоначальный вид данных для станции Выборг

Чтобы было удобней работать с данными, и в дальнейшем можно было бы сравнить данные разных наблюдательных пунктов, найдем среднее количество грозовой активности в год (рис. 3.3).

А	В	С	Д
Выборг 6072870			
Год	Продолжит., мин	кол-во случаев	кол-во дней с R
1997	572	12	10
1998	1521	32	26
1999	680	15	9
2000	1709	40	20
2001	1184	27	13
2002	847	17	13
2003	1288	30	17
2004	1501	33	21
2005	909	23	17
2006	407	9	7
2007	1159	28	17
2008	1044	24	16
2009	698	16	9
2010	1165	24	22
2011	1701	36	25
2012	743	20	11
2013	755	23	11
2014	1597	50	23
2015	280	7	5
2016	485	12	8
2017	618	26	16
2018	776	20	12
2019	393	9	9
2020	764	16	11
2021	895	21	16
2022	569	13	10
Сумма	24260	583	374

Рисунок 3.3 – Таблица с грозовыми данными для наблюдательного пункта
Выборг

Тут в первом столбце представлены года измерения, во втором столбце приведена продолжительность наблюдения за грозой в минутах, в столбике С приведены количество зарегистрированных грозовых случаев, и в последнем столбике представлены количество дней с R (грозой).

Аналогичная предварительная обработка была проведена для всех пяти станций Ленинградской области (рис. 3.4, 3.5).

M	N	O	P	Q	R	S	T
Тихвин 5973360				Новая Ладога 6013230			
Год	Продолжит., мин	кол-во случаев	кол-во дней с R	Год	Продолжит.	кол-во случаев	кол-во дней с R
1997	1334	24	14	1997	913	17	14
1998	2055	46	27	1998	1480	29	21
1999	1360	30	19	1999	1296	23	18
2000	2022	41	22	2000	1920	36	28
2001	1349	31	18	2001	1341	25	19
2002	975	20	12	2002	986	19	14
2003	2108	43	24	2003	1002	19	18
2004	1958	46	26	2004	2205	40	28
2005	1524	33	25	2005	888	18	16
2006	807	17	14	2006	710	13	11
2007	2150	50	24	2007	1509	30	23
2008	1710	39	23	2008	1229	26	19
2009	931	20	15	2009	558	11	8
2010	2216	47	24	2010	2344	45	28
2011	2395	50	29	2011	1352	25	19
2012	1133	22	16	2012	1219	23	18
2013	2045	39	22	2013	1541	29	21
2014	2309	42	27	2014	1236	28	21
2015	1308	24	17	2015	1095	21	19
2016	2027	38	22	2016	1584	36	22
2017	1697	34	20	2017	956	22	17
2018	1502	29	22	2018	951	22	16
2019	1056	22	14	2019	863	21	13
2020	836	14	12	2020	869	17	16
2021	987	18	15	2021	738	16	13
2022	996	20	13	2022	1172	25	18
Сумма	40790	839	516	Сумма	31957	636	478

Рисунок 3.4 – Средние годовые значения грозовой активности, зарегистрированные в Тихвине и Новой Ладоге

Кингисепп 5942860				Шлиссельбург 5993100			
Год	Продолжит., м	кол-во случаев	кол-во дней с R	Год	Продолжит., м	кол-во случаев	кол-во дней с R
1997	1358	30	22	1997	519	11	8
1998	1725	31	24	1998	1540	31	26
1999	1293	22	16	1999	1440	27	19
2000	1730	32	27	2000	2029	38	25
2001	1654	33	21	2001	1716	33	21
2002	1113	21	15	2002	1267	23	17
2003	1358	25	20	2003	845	15	12
2004	1147	23	19	2004	2932	64	33
2005	757	17	13	2005	945	19	19
2006	396	8	6	2006	329	10	7
2007	1080	19	18	2007	1094	21	18
2008	897	17	17	2008	690	13	11
2009	1074	23	15	2009	712	13	10
2010	1743	31	20	2010	1575	31	22
2011	1648	31	22	2011	707	13	11
2012	1017	19	18	2012	549	13	11
2013	1417	27	20	2013	1529	30	21
2014	1545	29	20	2014	788	16	14
2015	802	17	12	2015	1029	23	17
2016	1105	23	17	2016	1121	25	18
2017	1144	26	20	2017	646	17	16
2018	820	23	17	2018	615	14	10
2019	755	19	16	2019	512	11	8
2020	987	24	16	2020	442	11	10
2021	1007	23	18	2021	652	15	12
2022	693	18	13	2022	785	19	14
Сумма	30265	611	462	Сумма	27008	556	410

Рисунок 3.5 – Средние годовые значения грозовой активности, зарегистрированные в Кингисеппе и Шлиссельбурге

3.2 Исследование грозовой активности в Ленинградской области

На рисунке 3.6 расположен график общей продолжительность грозовой активности по годам для станции Выборг.

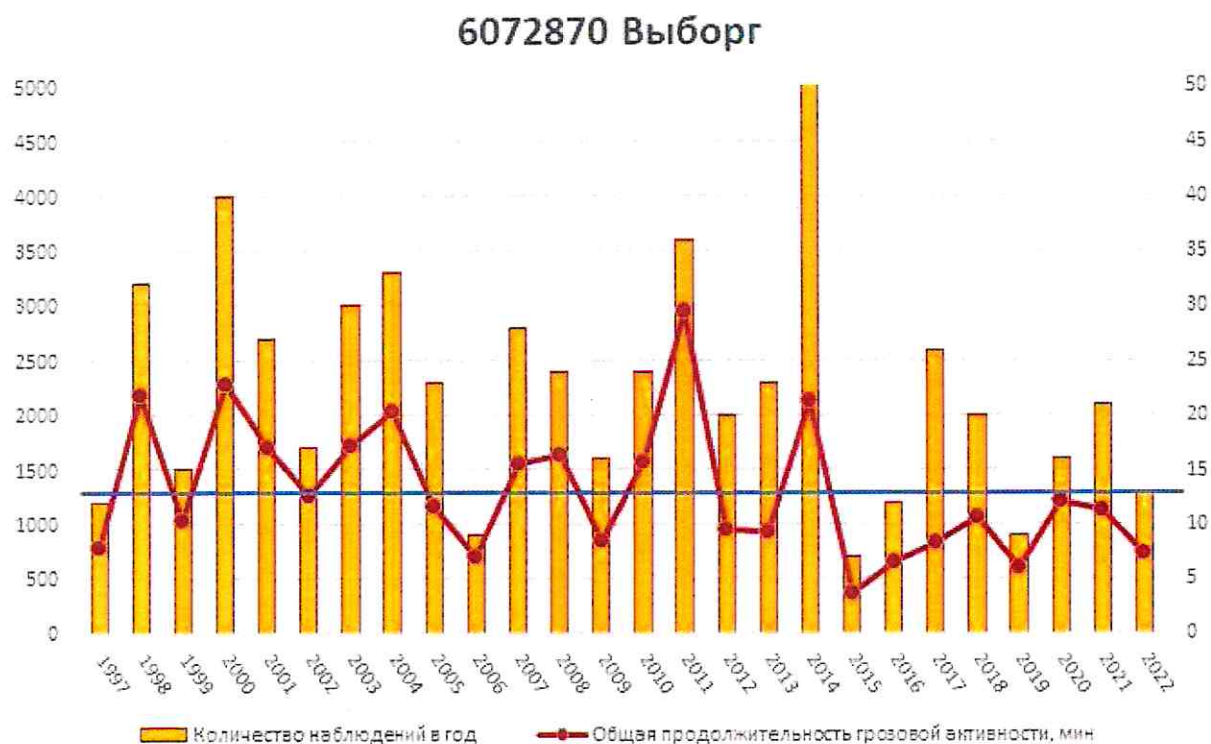


Рисунок 3.6 – Общая грозовая активность по годам для станции Выборг

На графике можно увидеть несколько экстремумов, которые превышают среднее значение. 1998 год – 2300 минут, 2000 год – 2460 минут, 2011 год - 2955 минут и 2014 год – 2210 минут. Минимум же приходится на 2015 год, где продолжительность жизни грозового очага составляет 362 минуты. Средняя продолжительность грозовой активности (синяя линия) в Выборге в период с 1997 по 2022 составляет 1307 минут.

2014 год лидирует по количеству наблюдений грозы за год (около 50 случаев). Меньше всего случаев (четыре) было зафиксировано в 2015 г.

Для станции Тихвин характер распределения общей продолжительности грозовой активности достаточно сильно отличается от значений на станции Выборг.

На графике (рис. 3.7) видно несколько пиков выше среднего значения. 1997 год – 2500 минут, 1998 год – 3101 минут, 2000 год – 3773 минут, 2007 год – 3263 минут, 2010 год – 3850 минут. В 2011 и 2013 годах была зафиксирована одинаковая длительность грозовой активности – 3190 минут. Максимальное значение продолжительности грозовой активности наблюдалось за 2014 год и составляла 4097 минут, минимум же приходится на 2006 год, где продолжительность жизни грозового очага составляет 1242 минуты. Средняя продолжительность грозовой активности (синяя линия) в Тихвине в период с 1997 по 2022 составляет 2428 минут, что почти в два раза больше, чем в Выборге.

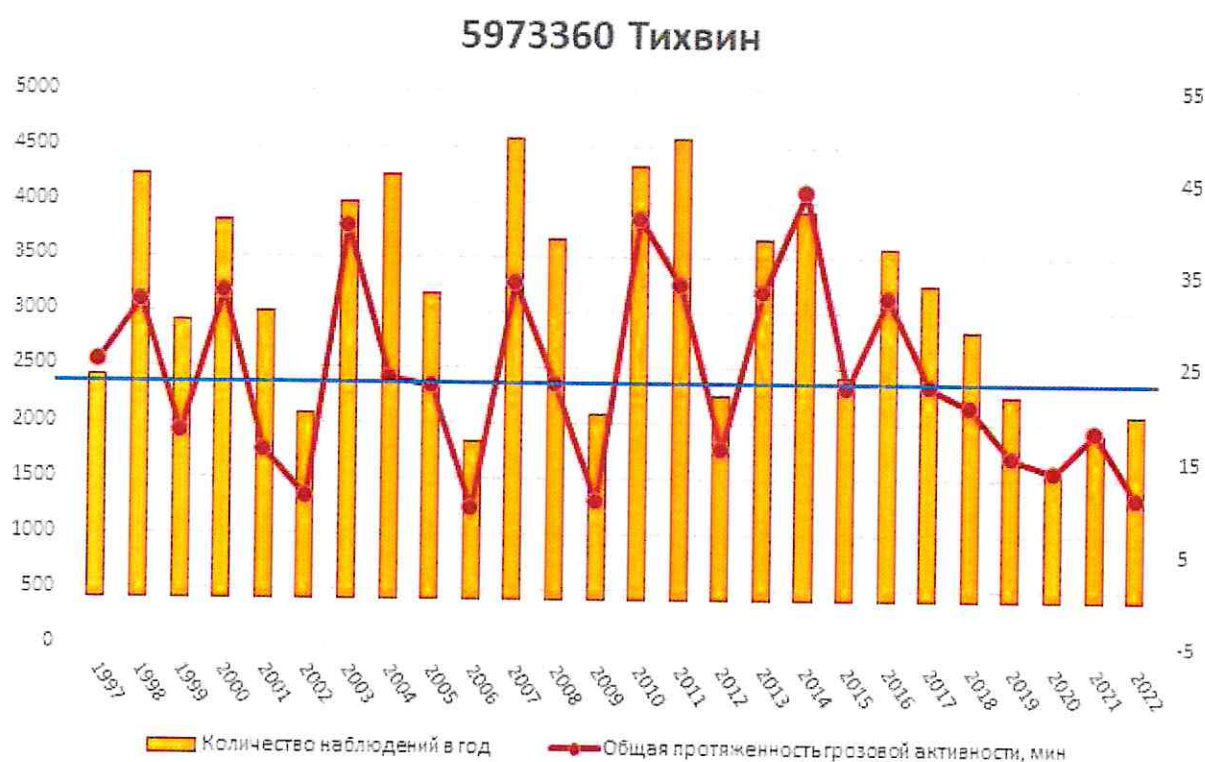


Рисунок 3.7 – Общая грозовая активность по годам для станции Тихвин

Наибольшее зарегистрированное количество случаев с грозой относится так же к 2014 году (чуть больше 45 случаев). Наименьшее – к 2006 (12 случаев).

В Шлиссербурге (рис. 3.8), в начале измерений (с1997 по 2001 года), видна тенденция увеличения продолжительности грозовой активности. Минимум приходится на 1997 год и составляет 780 минут, максимум приходится на 2001 год и составляет 4000 минут. Далее следует резкое снижение активности (до 1500 минут), а затем в 2004 году наблюдается грозовая активность длительностью 3800 минут.

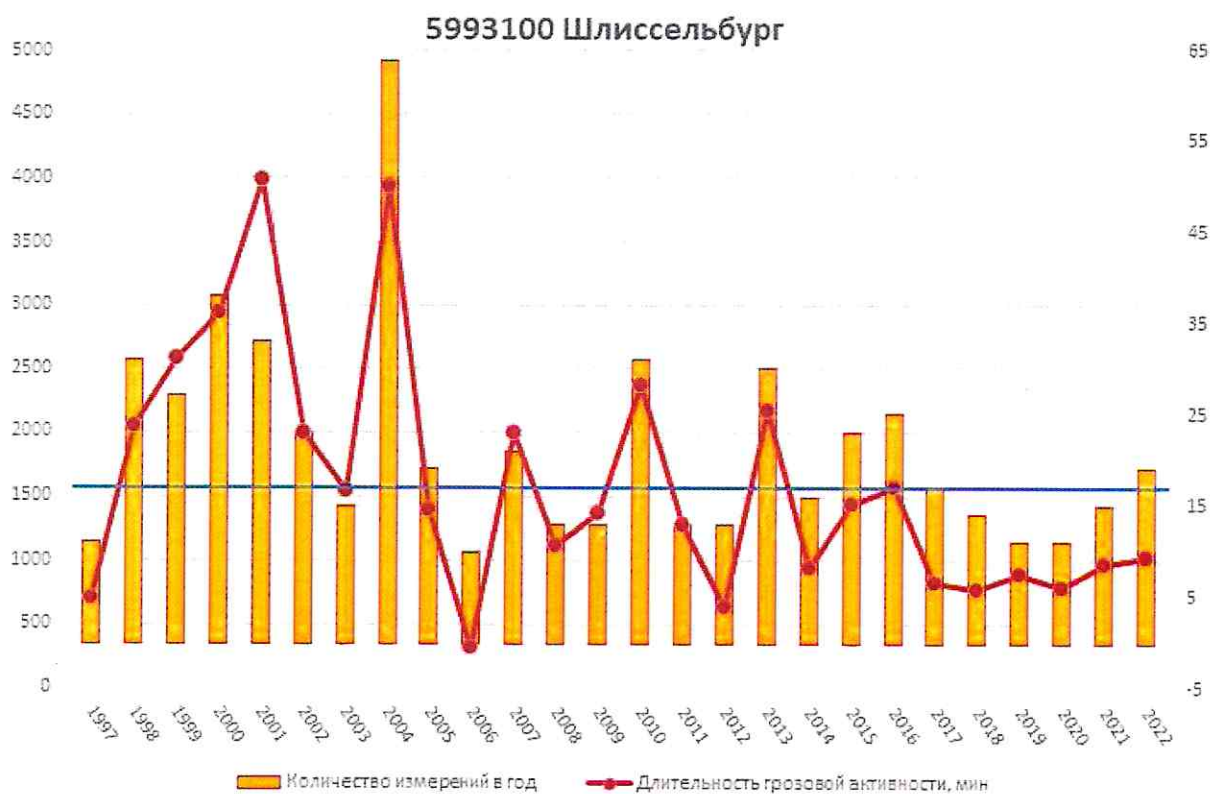


Рисунок 3.8 – Общая грозовая активность по годам для станции Шлиссельбург

Также следует отметить, что за весь период измерений, наблюдался год, где продолжительность грозовой активности стремится к 0 – 2006 год. Начиная с 2005 года среднегодовая продолжительность грозовой активности всего 3 раза превышала среднее значение (2007, 2010 и 2013 гг.). Средняя продолжительность грозовой активности (синяя линия) в Шлиссельбурге в период с 1997 по 2022 составляет 1603 минуты (что почти на 1000 случаев меньше, чем на станции Тихвин).

Наибольшее число случаев наблюдалось в 2001 (50) и в 2024 (49) гг.

На рисунке 3.9 расположен график общей продолжительности грозовой активности по годам для станции Кингисепп.

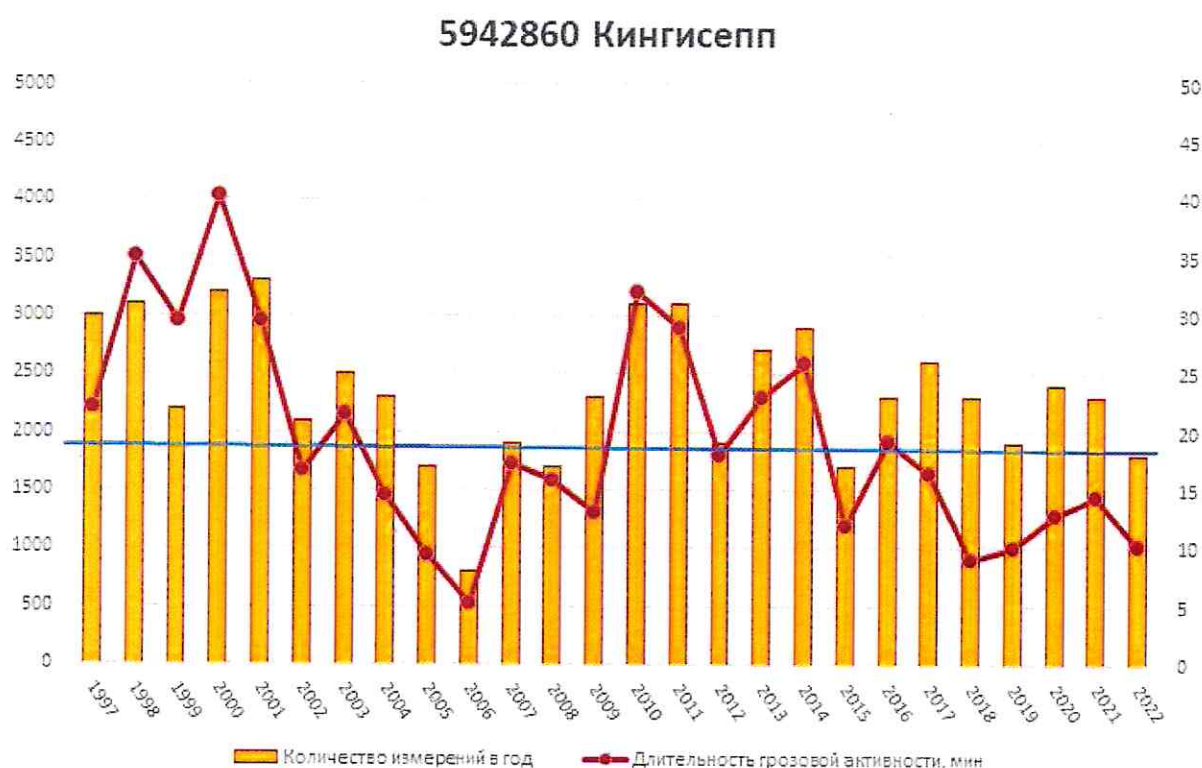


Рисунок 3.9 – Общая грозовая активность по годам для станции Кингисепп

Максимум продолжительности грозовой активности (рис 3.9) приходится на 2000 год и составляет 4110 минут, минимум соответствует 2006 году и составляет 780 мин. Средняя продолжительность грозовой активности (синяя линия) в Кингисеппе в период с 1997 по 2022 составляет 1929 минуты. Так же можно отметить, что для района Кингисепп длительная грозовая активность не характерна.

На станции Кингисепп наименьшее количество наблюдений составило всего 5 случаев и фиксировалось в 2006 г. Наибольшее – 33 случая в 2001.

На рисунке 3.10 показана общая продолжительность грозовой активности по годам на станции Новая Ладога.

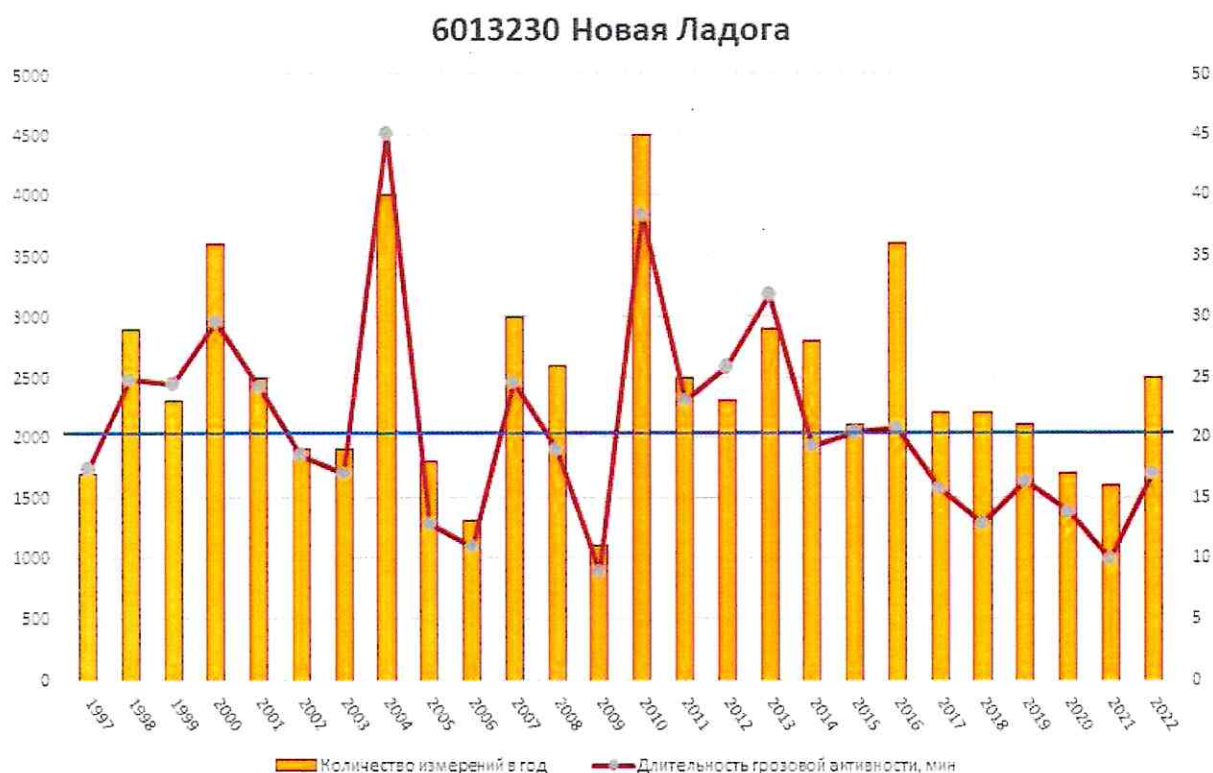


Рисунок 3.10 – Общая грозовая активность по годам для станции Новая Ладога

Максимум приходится на 2004 год и составляет 4500 минут и на 2010 год и составил 3850 минут. Минимум соответствует 2009 году и составляет 1000 мин. Средняя продолжительность грозовой активности (синяя линия) в Новой Ладоге в период с 1997 по 2022 составляет 2085 минут.

Наибольшее количество наблюдений случаев с грозой – 45 (2010 год), наименьшее – 11 (2009 год).

Проанализировав данные полученные с выбранных пунктов наблюдения необходимо сравнить их между собой. Для этого найдем среднюю длительность грозовой активности, а также среднее количество случаев в год (табл. 3.1)

Таблица 3.1

Средние грозовые характеристики для выбранных пунктов наблюдения с 1997 по 2022 года

Наименование пункта	Средняя длительность грозовой активности (1997-2022)	Среднее кол-во случаев грозы (1997-2022)
Выборг	1307	22
Тихвин	2428	32
Шлиссельбург	1603	31
Новая Ладога	2085	24
Кингисепп	1929	23

Проанализировав таблицу 3.1 можно сказать, что в целом наличие грозовой активности для выбранных пунктов характерно. Больше всего случаев за указанное время наблюдалось в районе Тихвина (32 случая) и Шлиссельбурга

(31 случай). Над районами Выборга, Новой Ладogi и Кингисеппа также наблюдаются грозы, но в меньшем количестве.

Средняя продолжительность грозовой активности за 15 лет самая высокая в Тихвине (2428 минут, что соответствует 40,46 часам). Самая низкая – в Выборге (1307 минут = 21,78 часов).

Перенесем на карту длительность грозовой активности и количество зарегистрированных случаев грозы и проанализируем их (рис. 3.11, 3.12).

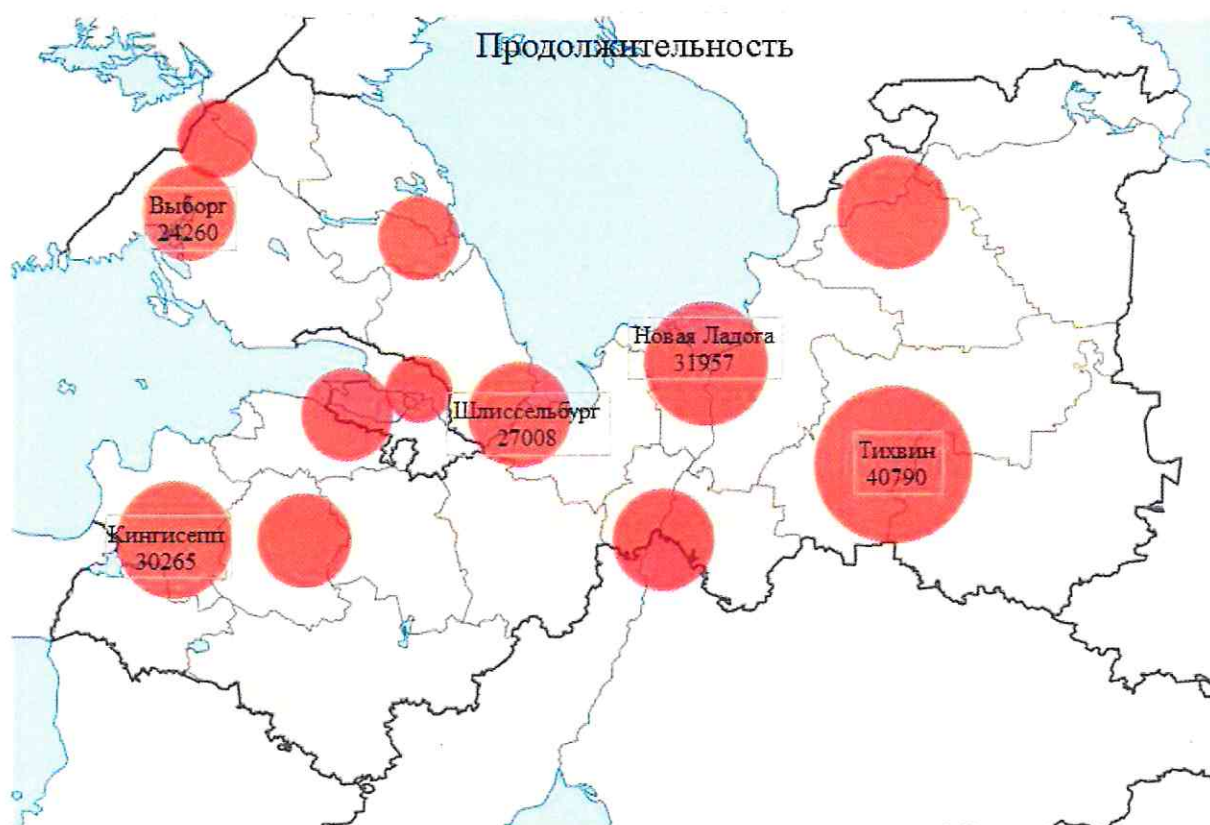


Рисунок 3.11 – Карта продолжительности грозовой активности на выбранных станциях

На рисунке 3.11 представлена карта продолжительности грозовой активности на выбранных станциях. Как можно заметить, самая длительная

грозовая активность будет наблюдаться в районе Тихвина. И будет составлять 40790 минут. Это будет связано с тем, что Тихвин является континентальным городом, а как известно земля нагревается сильнее водной поверхности, поэтому над Тихвинским районом будут наблюдаться континентальные грозы.

Морские же грозы будут встречаться над большими водными поверхностями, наблюдаться только ночью и по длительности будут гораздо меньше, чем континентальные грозы, как и видно по карте: Выборг – 24260 мин., Шлиссельбург – 27008 мин., Новая Ладога – 31957 мин.

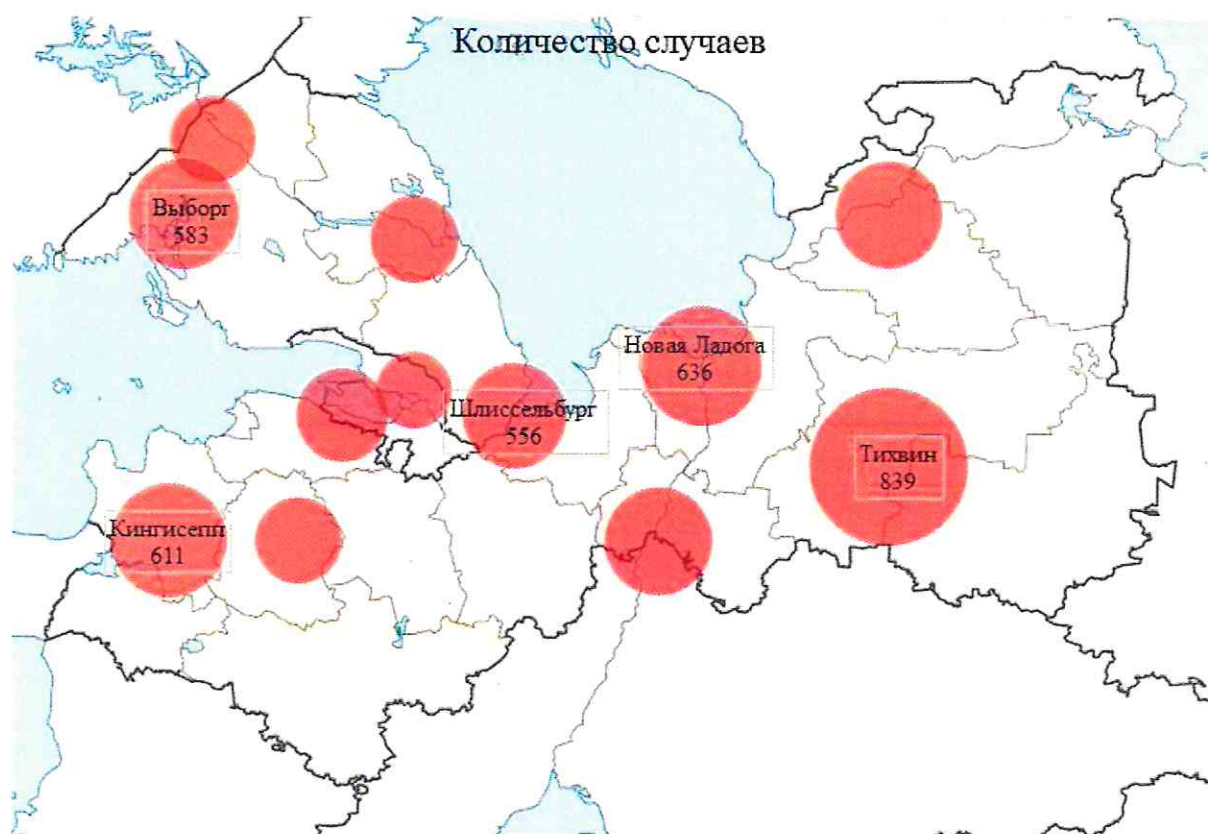


Рисунок 3.12 – Карта количества зарегистрированных случаев грозовой активности на выбранных станциях

На рисунке 3.12 представлена карта количества зарегистрированных случаев грозовой активности на выбранных станциях. Здесь также можно заметить, что над Тихвином будут преобладать грозы, по той же причине, что и с длительностью. Тихвин – 839 случаев, Кингисепп – 611 сл., Выборг – 583 сл., Шлиссельбург – 556 сл., Новая Ладога – 636 сл.

Заключение

В заключение можно сказать, что грозы – это удивительные явления природы, которые могут принести как пользу, так и вред. Именно поэтому важно уметь прогнозировать приближение грозы, чтобы своевременно принимать меры безопасности и защиты. Сегодня существует множество способов мониторинга и прогнозирования грозы, начиная от использования метеорологических наблюдений и заканчивая применением современных технологий, таких как дистанционное зондирование и моделирование погоды.

В ходе работы

1. рассмотрена классификация гроз;
2. подготовлено описание типов грозовых облаков и явлений погоды сопутствующих грозам (ливень, град, шквал и др.);
3. изучены методы обнаружения гроз;
4. подготовлено физико-географическое и климатическое описание Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

По данным 5 наблюдательных пунктов: Выборг, Тихвин, Кингисепп, Шлиссельбург, Новая Ладога подготовлена база данных грозовой активности за 15 лет (в период с 1997 по 2022 года).

На основе подготовленной базы данных были

- построены и проанализированы графики длительности грозовой активности и значений количества зарегистрированных грозовых случаев;
- найдены средние значения длительности грозовой интенсивности и среднее зарегистрированное количество случаев за весь рассматриваемый период;

- проведен анализ длительности грозовой активности и среднего зарегистрированного количество случаев по годам на каждой станции и за все пятнадцать лет.

Было выявлено, что над континентом будут наблюдаться самые продолжительные грозы (Тихвин – 40790 минут), а над водной поверхностью самые короткие (Выборг – 24260 минут).

Список использованных источников

1. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. - СПб.: Гидрометеиздат, 2000
2. Методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике третья редакция - Москва, 2019
3. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. С СПб.: Гидрометеиздат, 1965
4. Кашлева, Л.В. Атмосферное электричество: учебное пособие. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2008
5. Климат Ленинграда. Ц.А. Швер, Е.В. Алтыкиса, Л.С. Евтеева – Ленинград Гидрометеиздат, 1982
6. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений. О.А. Дроздова - Ленинград Гидрометеиздат, 1957
7. Синоптическая метеорология. А.С. Зверев - Гидрометеиздат, 1977
8. Архив карт ГПС «Blitzortung» (электронный ресурс). Режим доступа: lightningmaps.org
9. Архив внутреннего сайта ФГБУ «Северо-Западное УГМС»
10. Гидрометцентр России (электронный ресурс). Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/novosti/5296-12062012->
11. Кереева З.М., Аджиева А.А., Кортиев А.Л., Гятов Р.А. «Современные методы и средства мониторинга грозовой деятельности». Успехи современного естествознания. 2024. №1 С. 64-73 Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38209>
12. Е.В.Волкова Обнаружение зон гроз по спутниковым данным ФГБУ ЕЦ «НИЦ Космической Гидрометеорологии «Планета». Режим доступа:

[http://conf.rse.geosmis.ru/files/pdf/18/8001_%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%93%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%8B%20\(poster\).pdf](http://conf.rse.geosmis.ru/files/pdf/18/8001_%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%93%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%8B%20(poster).pdf)