

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Синоптические условия формирования опасных конвективных явлений
погоды для авиации по территории севера Западной Сибири**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 2 курса 215 группы

направления 05.04.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Котовой Анны Анатольевны

Научный руководитель

профессор,

С.И. Пряхина

д.с.-х.н., профессор

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Саратов 2022

Введение. Конвективные явления погоды одни из самых трудно прогнозируемых, сведения о которых представляют актуальность как в научном плане, так и для решения ряда прикладных задач, в частности для авиационного прогноза. Для авиации прогноз конвективных явлений имеет особое значение, так как опасными явлениями погоды при полете по маршруту являются грозовая деятельность, с которой связана турбулентность, обледенение, сдвиги ветра, шквалы и сильные ливневые осадки.

Для безопасного выполнения полетов командиру воздушного судна необходима своевременная, полная и точная метеорологическая информация о фактических и прогнозируемых погодных условиях по маршруту. Для обеспечения авиационной безопасности необходимо проводить исследования на региональном уровне с учетом местных особенностей для повышения качества и заблаговременности прогноза, в том числе и редких конвективных явлений погоды для территории севера Западной Сибири – снежных гроз и смерча.

Для исследования выбрана территория севера Западной Сибири, так как для этого района региональные исследования синоптических процессов наиболее актуальны для обеспечения авиационной безопасности. Важность авиации для северных районов Западной Сибири определяются тем, что на воздушный транспорт ложится основная логистическая нагрузка, так как более половины населенных пунктов региона не обеспечены постоянным круглогодичным сообщением по автомобильным дорогам с твердым покрытием.

Объектом исследования являются синоптические условия формирования конвективных явлений погоды. Предметом исследования являются опасные конвективные явления погоды для авиации.

Целью работы является изучение синоптических условий формирования опасных для авиации конвективных явлений погоды по территории севера Западной Сибири.

В соответствии с поставленной целью поставлены и решены следующие задачи исследования:

- определить основные физико-географические характеристики территории

севера Западной Сибири, влияющие на формирование опасных для авиаций явлений погоды конвективного происхождения;

- исследовать синоптические процессы формирования гроз с выпадением ливневых осадков над территорией севера Западной Сибири и разработать их типизацию;

- исследовать механизм образования редких для территории севера Западной Сибири конвективных явлений погоды: снежных гроз и смерча;

- исследовать синоптические условия формирований шквалов с усилением ветра ≥ 25 м/с;

- исследовать структуру рядов наблюдений за грозовой активностью по территории севера Западной Сибири и установить природу их климатической изменчивости;

- оценить динамику развития конвективный потенциала территории севера Западной Сибири в условиях меняющегося климата.

Материалом для исследования региональных особенностей формирования опасных для авиации конвективных явлений погоды послужим аэросиноптический архив АМЦ Ханты-Мансийск с 2017– 2021 гг. Были проанализированы синоптические процессы и выявлены благоприятные условия формирования гроз, в том числе и зимних, шквалов с порывами ветра ≥ 25 м/с и смерча.

Для изучения пространственно-временной изменчивости и выявления особенностей распределения грозовой активности были проанализированы ряды климатических данных с 1970-2019 гг. по четырём станциям севера Западной Сибири: Салехард, Березово, Ханты-Мансийск и Леуши. За основу анализа взяты данные по среднесуточной температуре воздуха, облачности и атмосферным явлениям из базы данных ВНИИГМИ–МЦД за период с 1970 - 2019 гг. Для анализа данных в работе использовались стандартные методы математической статистики.

Практическая значимость работы заключается в том, что ее результаты позволят более детально исследовать региональные условия развития

конвективных процессов над территорией севера Западной Сибири в условиях изменения климата для улучшения качества их прогнозирования.

Положения, выносимые на защиту:

а) Разработана типизация синоптических процессов, при которых над территорией севера Западной Сибири формируется грозовая активность с выпадением ливневых осадков.

б) Наличие периодических колебаний в климатических рядах грозовой активности, обусловленных соответствующими макроциркуляционными процессами, а именно повторяемостью местных циклонов.

в) Важнейшими факторами, способствующими усилению конвективных процессов над территорией севера Западной Сибири, являются её физико-географические особенности: преобладающий перенос воздушных масс с запада на восток; защищенность территории с запада вытянутыми с севера на юг хребтами Уральских гор; открытость территории с севера и с юга; большая заболоченность.

г) С середины 70-х годов XX века наблюдается усиление конвективных процессов над территорией севера Западной Сибири в совокупности с её физико-географическими особенностями приводит к увеличению грозовой активности в регионе и повторяемости опасных конвективных явлений погоды – зимних гроз и смерчей.

В структурном отношении представленная к защите магистерская работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников.

В первой главе «Характеристика территории севера Западной Сибири» рассматриваются социально-экономическая, физико-географическая и климатическая характеристики исследуемой территории. Территория севера Западной Сибири имеет стратегическое значение для всей России, так как обеспечивает ее энергетическую безопасность, являясь одним из крупнейших районом нефтегазовой разработки в мире. Субъекты, расположенные на территории исследуемого региона, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский

автономные округа (ЯНАО и ХМАО (Югра)) являются регионами-донорами для российского бюджета. На территории региона ведется не только добыча углеводородного сырья, но и активная разработка леса, достаточно хорошо развиты пушной и рыбный промысел. В связи со слаборазвитой инфраструктурой в регионе, воздушный транспорт и обеспечение авиационной безопасности имеют приоритетное значение для его развития. Для безопасного выполнения полетов командиру воздушного судна необходима своевременная, полная и точная метеорологическая информация о фактических и прогнозируемых погодных условиях по маршруту, особенно конвективного происхождения.

Во второй главе «Опасные явления погоды конвективного происхождения» рассмотрены синоптические условия образования опасных явлений погоды конвективного происхождения и методы их прогнозирования. Особое внимание уделено влиянию конвективной облачности и комплекса явлений, связанного с ней, на деятельность авиации.

В третьей главе «Особенности формирования опасных явлений погоды конвективного происхождения над территорией Севера Западной Сибири» предложена типизация синоптических условий формирования гроз с ливневыми осадками над значительной площадью исследуемой территории, которая приведена в таблице 1. Одним из методов анализа региональных особенностей синоптических процессов является классификация их по типам для выявления общих черт развития атмосферных процессов и выявления наиболее благоприятных синоптических ситуаций для развития конвективных явлений погоды внутримассового или фронтального характеров.

В основу предложенной типизации заложен принцип выделения характера приземного барического поля и поля геопотенциала на высоте ведущего потока АТ-500 гПа (5 км), термической характеристики воздушной массы на АТ-850 (1,5 км) и типа гроз у земли.

Таблица 1 - Типизация синоптических процессов образования гроз с ливневыми осадками над значительной площадью территории Севера Западной Сибири за период с 2017 года по 2021 год. (составлено автором)

№	Приземное барическое поле	АТ-850 гПа (1,5 км)	АТ-500 гПа (5км)	Тип гроз у поверхности Земли
1	Ложбина (41,6%)	Гребень тепла (64,9 %) Очаг тепла (1,8 %) Ложбина холода (33,3 %)	Ложбина (71,9 %) Передняя часть гребня (12,3 %) Ось гребня (5,3 %) Периферия антициклона (5,3%) Циклон (3,5 %) Мбп (1,8 %)	Фронтальный (100 %)
2	Циклон (24,1 %)	Гребень тепла (72,2 %) Ложбина холода (21,2 %) Очаг холода (3 %) Очаг тепла (3 %)	Ложбина (90,9 %) Циклон (9,1 %)	Фронтальный (100 %)
3	Мбп (14,6 %)	Гребень тепла (60 %) Очаг тепла (15%) Ложбина холода (25 %)	Мбп (35 %) Ложбина (30 %) Передняя часть гребня (15%) Периферия антициклона (10%) Тыл циклона (5%) Циклон (5%)	Внутримассовый (80%) Фронтальный (20 %)
4	Местный циклон (13,9 %)	Гребень тепла (68,4 %) Ложбина холода (26,3%) Очаг холода (5,3 %)	Ложбина (78,9 %) Циклон (10,5 %) Мбп (10,5 %)	Фронтальный (100 %)
5	Тыл циклона (3,6 %)	Ложбина холода (60 %) Очаг холода (40 %)	Циклон (40 %) Тыл циклона (40%) Ложбина (20 %)	Внутримассовый (80%)
				Фронтальный (20 %)
6	Восточная периферия антициклона (2,2 %)	Гребень тепла (100 %)	Периферия антициклона (33,3%) Мбп (33,3 %) Ложбина (33,3 %)	Фронтальный (100 %)

Совокупность следующих синоптических условий приводит к аномальным для севера Западной Сибири погодным явлениям – снежных гроз и смерчей, а также шквалов с порывами ветра более 25 м/с:

а) благоприятные для развития мощной кучево-дождевой облачности термодинамические факторы: конвективная неустойчивость воздушной массы, значительный прогрев воздуха в теплом секторе, большое влагосодержание воздуха в приземном слое;

б) в рассмотренных случаях динамический фактор заключается в быстро смещающихся волнах на холодном фронте и при прохождении точки окклюзии. Усилению мощных конвективных движений способствовало возникновение добавочных упорядоченных восходящих движений - наличие циклонической кривизны в ложбине у земли и расходимость потоков в средней тропосфере. Фронтальные грозы с сильными шквалами образовались на антициклональной стороне струйного течения в зоне расходимости изогипс при наличии активной адвекции теплого влажного воздуха у земли и адвекции холода в средней и верхней тропосфере. Если активная адвекция теплого влажного воздуха в нижнем слое тропосферы сопровождается еще и дневным прогревом приземного слоя, фронтальным подъемом воздуха или общей конвергенцией, то не только увеличивается вероятность образования сильных шквалов, но и создаются условия для образования смерча.

В четвертой главе «Влияние изменений климата на грозовую активность на территории Севера Западной Сибири» с целью изучения изменения конвективного потенциала территории были проанализированы данные по среднесуточной температуре воздуха, по числу дней с грозой и по повторяемости кучево-дождевой облачности по четырем климатическим станциям: Салехард, Березово, Ханты-Мансийск и Леуши за период с 1970 года по 2020 год.

На рисунке 1 показано синхронное резкое увеличение общего числа дней с грозой в 1980-1989 гг. по сравнению с предыдущим десятилетием. По сравнению с 1970-1979 гг. в период с 1980-1989 гг. на севере территории, в тундре, общее число гроз увеличилось более чем в 2 раза (в Салехарде с 35 до 91 грозы), в

лесотундре на 90 % (в Березово с 75 до 143). В южной части территории, в тайге, число дней с грозой за десятилетие увеличилось на 72-82 % (в Ханты-Мансийске с 88 до 152, и в Леушах с 107 до 195 гроз).

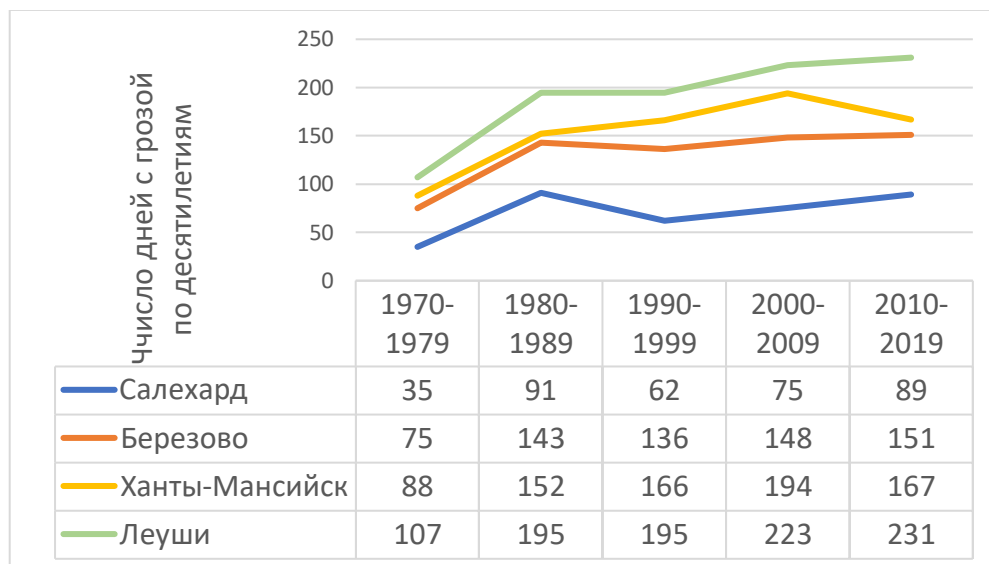


Рисунок 1 – Общее число дней с грозой по десятилетиям с 1970-2019 гг. на климатических станциях Севера Западной Сибири (составлено автором)

На всех станциях отмечается резкое увеличение грозовой активности с середины 70-х годов 20 века. Можно предположить, что резкий рост повторяемости гроз вызван антропогенным фактором, так как именно в этот период на исследуемой территории началось крупномасштабное освоение нефтегазовых месторождений.

На основе данных по ежедневным климатическим наблюдениям с 1970-2020 гг. за атмосферными явлениями были построены графики годовой изменчивости грозовой активности отдельно для каждой станции, представленные на рисунках 2 – 5. Исследовав метеорологические ряды данных, удалось обнаружить наличие циклов различных периодов в годовом ходе грозовой активности. Полученные ряды имеют сложную квазипериодическую структуру с наличием в них циклов с наиболее ярко выраженной амплитудой 2-

4 и 6-9 лет, когда грозовая активность увеличивается в два раза по сравнению с годами минимальных значений.

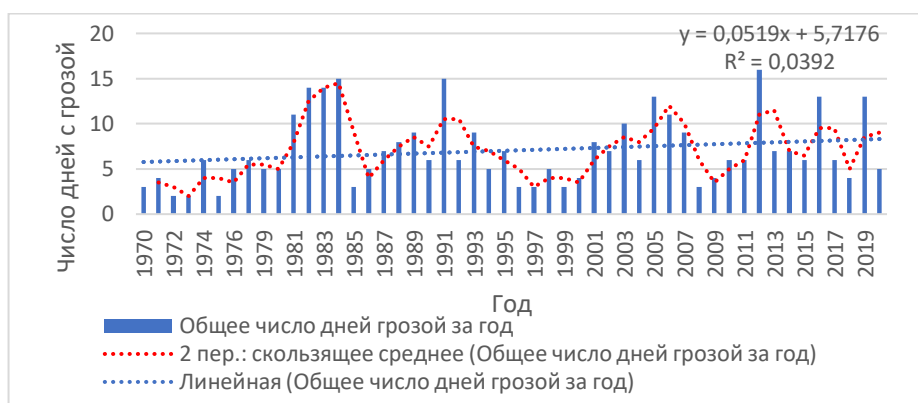


Рисунок 2 – График годовой изменчивости грозовой активности на климатической станции Салехард с 1970 по 2020 гг. (составлено автором)

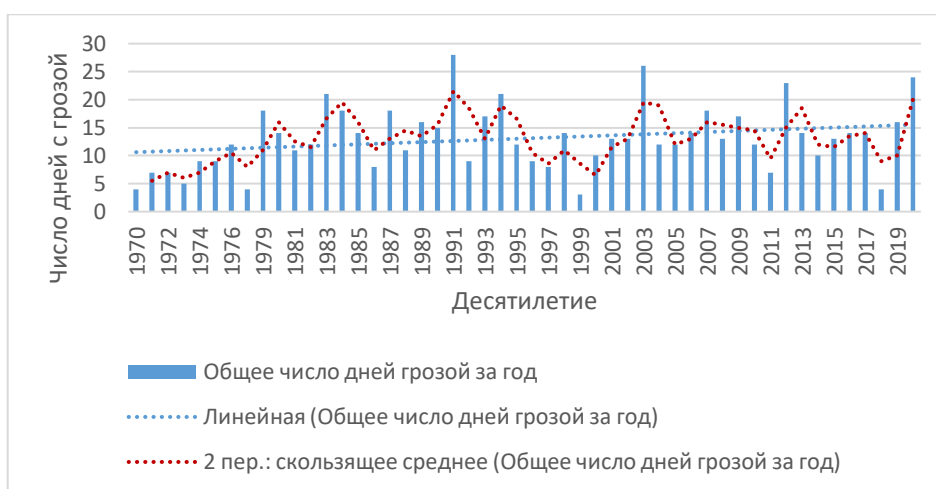


Рисунок 3 – График годовой изменчивости грозовой активности на климатической станции Березово с 1970 по 2020 гг. (составлено автором)

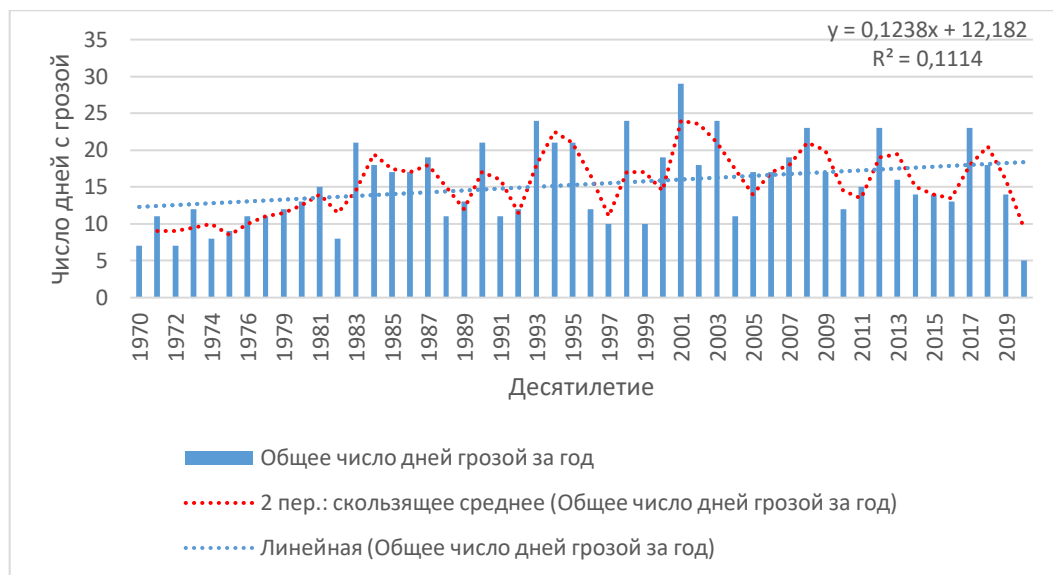


Рисунок 4 – График годовой изменчивости грозовой активности на климатической станции Ханты-Мансийск с 1970 по 2020 гг. (составлено автором)

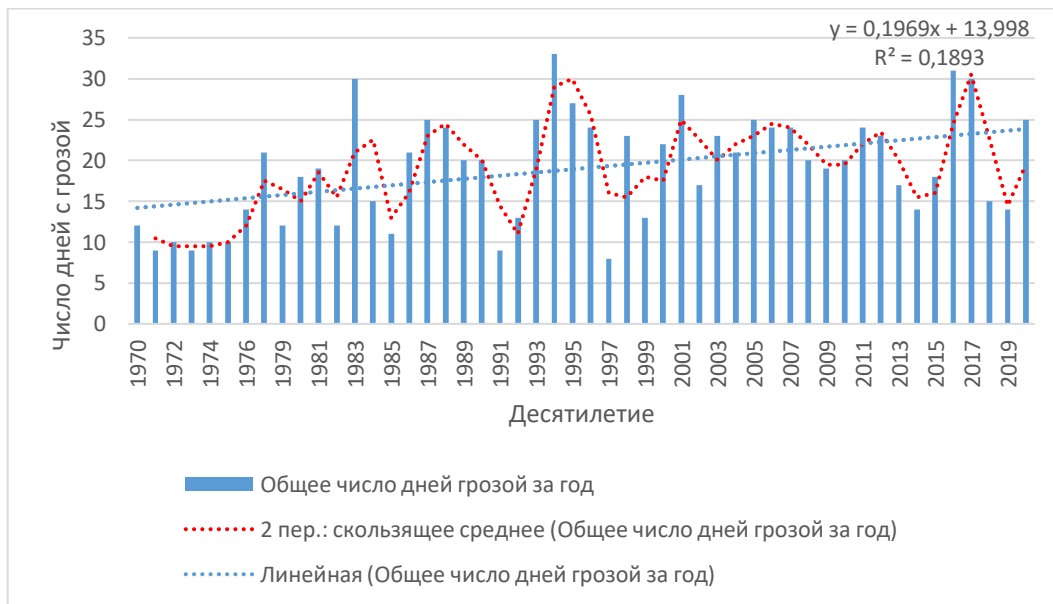


Рисунок 5 - График годовой изменчивости грозовой активности на климатической станции Леуши с 1970 по 2020 гг. (составлено автором)

Заключение. Впервые для территории Севера Западной Сибири было проведено исследования региональных факторов, влияющих на развитие конвективных процессов и синоптических условий формирования опасных для авиации явлений погоды, связанных с ними: гроз с выпадением ливневых осадков, шквалов с усилением ветра ≥ 25 м/с, смерча и снежных гроз. В рамках исследования был произведен анализ структуры рядов наблюдений за грозовой активностью над различными районами исследуемой территории: тундры, лесотундры и тайги. В результате исследования были сделаны следующие выводы:

1 Наибольшая повторяемость гроз с выпадением ливневых осадков на значительной территории севера Западной Сибири приходится на синоптические типы «ложбина» - 41,6 %, с прохождением «циклонов» было связано 24,1 % случаев и «местных циклонов» - 13,9 %. С «малоградиентным барическим полем» - 14,6 %, из них отмечалось 80 % гроз фронтального типа. В «тылу циклона» отмечалось 3,6 %, на «восточной периферии антициклона» - 2,2 %. В 89 % грозовая активность с ливневыми осадками случаев имела фронтальный характер, в 11 % случаев – внутримассовый.

2 Установлено, что наиболее благоприятными условиями для формирования гроз над значительной площадью исследуемой территории является барическая ложбина (41,6% случаев) и прохождение циклона (38 % случаев) при термическом гребне на уровне АТ-850 гПа, при этом пункт прогнозирования находился под влиянием высотной фронтальной зоны и динамически значимых атмосферных фронтов у земли

3 В процессе исследования выявлена сложная квазипериодическая структура многолетних рядов грозовой активности над различными районами территории севера Западной Сибири. Для тундры и лесотундры выделяются 6-9 летние циклы грозовой активности, для таежной зоны выделяются 2-4 летние циклы. Наличие периода 2-4 года свойственно рядам повторяемости местных циклонов в районе междуречья Обь-Иртыш, согласно ранее проведенным исследованиям местного циклогенеза над Западносибирским регионом В.П.

Горбатенко. Максимумы грозовой активности, наблюдаемых на всех исследуемой климатических станциях, согласуются с квазидвухлетней цикличностью атмосферы.

7 На территории Севера Западной Сибири отмечается резкое увеличение грозовой активности с середины 70-х годов 20 века: на 50 % на севере территории до 80 % на юге. Можно предположить, что резкий рост повторяемости гроз вызван антропогенным фактором, так как именно в этот период на исследуемой территории началось крупномасштабное освоение нефтегазовых месторождений.

8 За последние 50 лет на территории Севера Западной Сибири отмечается повышение среднегодовых значений температуры и повторяемости кучево-дождевой облачности, причем при продвижении с севера на юг темпы роста для данных метеопараметров снижаются.

Подводя итог, можно сделать, вывод, что конвективная неустойчивость атмосферы в последнее десятилетие на территории Севера Западной Сибири увеличивается. Полученный вывод подтверждает то, что над Севером Западной Сибири увеличивается грозовая активности и продолжительность грозового сезона, начали отмечаться редкие для северных широт явления – смерчи и снежные грозы, что говорит о более мощных конвективных процессах в целом.

Таким образом, настоящая работа объединяет широкий круг задач, решение которых ориентировано на региональные аспекты исследования конвективных процессов и улучшение качества их прогнозирования на территории севера Западной Сибири.