

СИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГРОЗ НАД ЮГО-ВОСТОКОМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л.Г. Ананова, А.А. Карпова, Х.Т. Апостолиди

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск

На фоне меняющегося климата над Западной Сибирью замечено увеличение продолжительности грозового сезона и числа дней с грозой. Это происходит на фоне участвовавшего формирования мезомасштабных конвективных комплексов разного генезиса. Есть основания предполагать, что над Западной Сибирью на фоне потепления климата изменилось соотношение повторяемости фронтальных и внутримассовых гроз. В данной работе проанализированы синоптические условия возникновения гроз над территорией юго-востока Западной Сибири за 2020–2022 гг. и проведено сравнение с аналогичными исследованиями более раннего периода.

Ключевые слова: гроза, синоптические условия, фронтальные грозы, внутримассовые грозы, барические образования.

SYNOPTIC CONDITIONS FOR THE FORMATION OF THUNDERSTORMS OVER THE SOUTHEAST OF WESTERN SIBERIA

L.G. Ananova, A.A. Karpova, Kh.T. Apostolidi

Tomsk State University, Tomsk

Against the backdrop of a changing climate, an increase in the duration of the thunderstorm season and the number of days with a thunderstorm over Western Siberia was noticed. This occurs amid the increasing formation of mesoscale convective complexes of different genesis. There is reason to believe that the ratio of the frequency of occurrence of frontal and intramass thunderstorms has changed over Western Siberia against the background of climate warming. In this paper, the synoptic conditions for the occurrence of thunderstorms over the territory of the southeast of Western Siberia for 2020–2022 are analyzed and compared with similar studies of an earlier period.

Key words: thunderstorm, synoptic conditions, frontal thunderstorms, intramass thunderstorms, baric formations.

Введение

В последние годы все острее ставится вопрос глобального потепления. Изучаются как причины его возникновения и динамика развития, так и последствия таких климатических изменений. Несомненно, процесс такого масштаба влияет на многие области нашей жизни и науки, в том числе на область метеорологии.

Факт потепления подтверждается мониторингом изменения фактических показателей метеорологических, океанологических, гляциологических, химических и других величин биосферы [1]. Это объясняется достаточно просто: из-за роста средней температуры воздуха как в летние, так и в зимние месяцы процесс испарения влаги начинает протекать более активно, вследствие чего конвективные движения происходят чаще и над большим количеством территорий. В таких случаях атмосфера становится неустойчивой и, соответственно, возникают благоприятные условия для образования кучево-дождевых облаков и конвективных явлений, таких как грозы, град, шквалы, смерчи.

В условиях увеличения частоты и мощности грозовой активности важно совершенствовать методы прогнозирования опасных конвективных явлений для уточнения выпускаемых прогнозов и шторм-оповещений. Поэтому для синоптика-прогнозиста информация о возможности возникновения и типичных условиях образования гроз в том или ином синоптическом процессе будет не только полезна, но и значительно облегчит процесс прогноза погодных условий, а также оперативность составления шторм-оповещений. Все это определяет необходимость проведения исследования региональных особенностей формирования и развития гроз в различных физико-географических условиях, в том числе в Западной Сибири.

Исследованием синоптических условий возникновения гроз на территории Западной Сибири в разные годы занимались Н.М. Алехина [2], Р.А. Ягудин [3, 4], Э.А. Морозова [5], В.П. Горбатенко [6–11]. Грозы на территории Иркутской области изучали И.В. Латышева, К.А. Лощенко [12], Е.В. Шахаева [12–14]. На данный момент есть различные методы прогнозирования опасных явлений, но ни один из них не дает стопроцентной гарантии качества прогноза.

Целью настоящей работы является выявление синоптических условий, приводящих к грозам над юго-востоком Западной Сибири, а также изучение характерных отличий гроз, сформировавшихся в различных синоптических условиях.

Период исследования составил три года, с 2020 по 2022 г.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Построить карту распределения числа дней с грозой по Томской области за период с 2020 по 2022 г.; определить время наибольшей повторяемости грозовой деятельности в Томской области.

2. Сформировать таблицы типизации грозовой деятельности, провести анализ и определить синоптические условия возникновения гроз на юго-востоке Западной Сибири по синоптическим картам.

3. Сравнить полученные результаты с более ранними исследованиями и выявить закономерности.

Материал и методы исследования

Для исследования были просмотрены записи журнала «Шторм» Томской области за период с 2020 по 2022 г., предоставленные Томским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ТЦГМС).

Из журналов были выписаны следующие параметры для каждого случая с грозой: название станции, дата (число, месяц, год), время начала и окончания грозы. Так как регистрация гроз, как и наблюдения на метеостанциях, производится по всемирному скоординированному времени (ВСВ), в данном исследовании использовалось время ВСВ. Данные о грозах были перенесены в электронные таблицы и отсортированы по месяцам за каждый год для дальнейшего более углубленного анализа. За один случай принималась одна гроза на одной станции.

Для анализа синоптических условий возникновения гроз были исследованы приземные синоптические карты за основные синоптические сроки (00, 06, 12, 18 ВСВ) и кольцевые карты погоды (за сроки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 ВСВ) из архива авиационной метеорологической станции гражданской авиации города Томска (АМСГ Томск). Данные о синоптических ситуациях в сроки, ближайшие к моменту возникновения гроз, были занесены в таблицы и обработаны. За время исследования было проанализировано порядка 2500 синоптических карт, а число случаев с грозой за три года составило 2137. По приземным синоптическим картам для каждого случая определялись следующие синоптические характеристики: тип атмосферного фронта, тип барического образования, давление в центре барического образования, траектория смещения (для циклона). Выводы получены при использовании синоптических методов, пакетов прикладных программ Microsoft и Paint.

Повторяемость гроз на юго-востоке Западной Сибири за 2020–2022 гг.

Динамика грозовой деятельности на юго-востоке Западной Сибири за три года показана в табл. 1 и на рис. 1.

Максимальное количество случаев с грозой было зафиксировано в июле 2020 г. и составило 282 случая. Минимальное число случаев фикс-

Таблица 1

Число случаев с грозой на юго-востоке Западной Сибири с 2020 по 2022 г.

Месяц \ Год	2020	2021	2022
Апрель	12	6	2
Май	122	106	81
Июнь	185	159	266
Июль	282	221	159
Август	224	156	108
Сентябрь	28	2	16
Октябрь	2	—	—
Всего за год	855	650	632

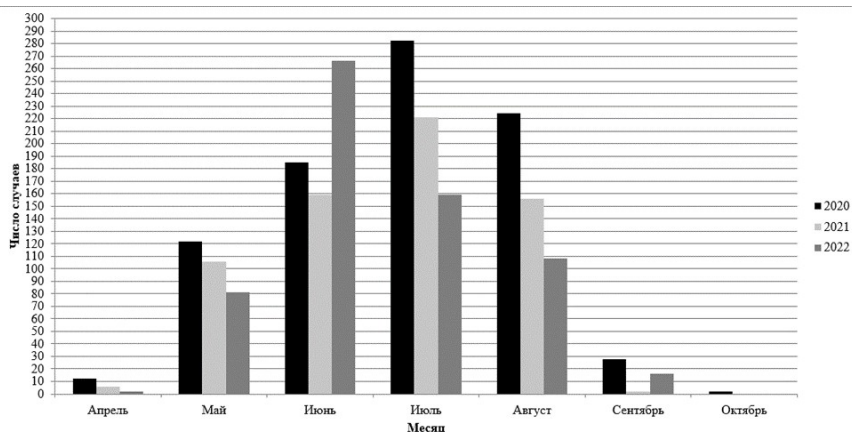


Рис. 1. Распределение числа случаев с грозой за каждый год с 2020 по 2022 по месяцам

ровалось в начальные и конечные месяцы грозового сезона: апрель (2 случая в 2022 г.), сентябрь (2 случая в 2021 г.). Самые поздние грозы были отмечены в октябре 2020 г. – 2 случая. Отмечено постепенное уменьшение числа случаев с грозой с 2020 по 2022 г.

В июне 2022 г. наблюдается резкий скачок числа случаев с грозой, который и составил максимальное значение для июня за 3 года – 266 случаев. Возможно, это связано с повышенным фоном температуры и влажности в этом месяце.

В целом можно заметить, что исследование с 2020 по 2022 г. относится к периоду высокой грозовой активности.

Такие же временные рамки наблюдались в распределении грозовой активности в Иркутской области (1987–2009 гг.) в исследовании [12]. В исследовании [6] временные рамки грозового сезона над Томской областью

за период 1966–1995 гг. ограничены апрелем и ноябрем. То есть можно говорить о достаточном постоянстве длительности грозового сезона над Западной и Восточной Сибирью. Выводов о сокращении грозового сезона, так как в данном исследовании последним месяцем с грозой был октябрь, мы делать не можем из-за разных временных промежутков исследований.

При оценке прогнозов и штормовых предупреждений опасных явлений погоды учитывается не только категория явления и район его распространения, но и разница во времени между предполагавшимся и фактическим началом этого явления [4]. Поэтому изучение времени возникновения и продолжительности гроз является очень важным.

Грозы различного генезиса, а также грозы, связанные с атмосферными фронтами, имеют различный и точно определенный суточный ход [15]. Но есть и такие ситуации, когда конвективная деятельность может обостриться в любое время суток, как, например, на фронте окклюзии.

По данным о начале каждого случая с грозой за период с 2020 по 2022 г. был построен график суточного хода грозовой деятельности (рис. 2).

В результате исследования суточного хода гроз установлено, что чаще всего грозы возникали во вторую половину дня: в 8–11 ч по ВСВ – это 15–18 ч по местному времени. Минимальные значения приходятся на 3 и 19 ВСВ, это соответствует 10 ч утра и 2 ч ночи по местному времени.

Наибольший вклад в суточный ход грозовой деятельности вносят грозы на холодных фронтах, фронтах окклюзии и грозы во внутримассовых условиях, а наименьший – грозы на теплых фронтах. В исследовании Р.А. Ягудина [4] максимум в суточном ходе гроз (1964–1970 гг.) в районе Новосибирска также приходится на 15–18 ч, а минимум – на период 6–9 ч местного времени. То есть можно сказать, что суточный ход грозовой активности на юго-востоке Западной Сибири достаточно однороден.



Рис. 2. Суточный ход повторяемости (%) грозовой деятельности на юго-востоке Западной Сибири

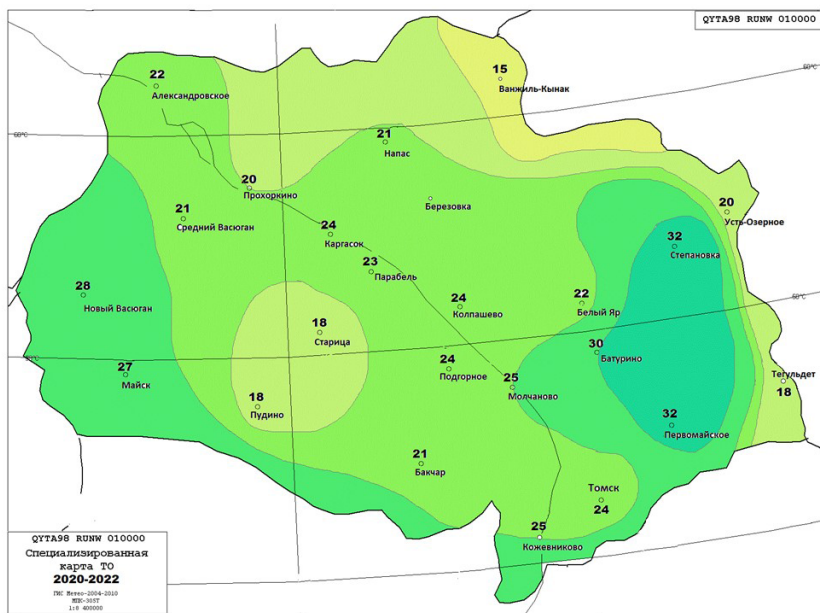
Распределение среднего числа дней с грозой по юго-востоку Западной Сибири

Одним из параметров грозовой активности на территории является число дней с грозой. На рис. 3 представлена карта распределения среднего числа дней с грозой по станциям Томской области с 2020 по 2022 г.

На карте хорошо прослеживается увеличение значений с северо-востока на юго-запад с очагом максимума в районе метеостанций Степановка и Первомайское (32 дня) и минимальными значениями в районе метеостанции Ванжиль-Кынак (15 дней).

В целом можно расценивать период нашего исследования с 2020 по 2022 г. как период высокой грозовой активности на юго-востоке Западной Сибири.

В работе В.П. Горбатенко [7] сказано, что среднее число дней с грозой в Томской области может колебаться от 15 до 30. В исследовании [6] максимальное среднее значение числа дней с грозой за период 1966–1995 гг.



Шкала числа дней с грозой



Рис. 3. Распределение среднего числа дней с грозой по территории Томской области с 2020 по 2022 г.

составило 28 дней, минимальное – 17 дней. Можно сказать о небольшом увеличении грозовой активности в районах максимальных значений и уменьшении грозовой активности в северной части области. Также важно упомянуть о том, что карта распределения среднего числа дней с грозой по Томской области, построенная в рамках исследования [6], несколько отличается от карты, построенной в нашем исследовании. По данным В.П. Горбатенко и Т.В. Ершовой [6], максимальные значения находятся как в Майске и районе Степановки, так и в районах метеостанций Бакчар и Колпашево. Тогда как в нашем исследовании район Колпашево имеет средние значения по области, а район метеостанции Бакчар – ниже среднего.

В работе [2] Томская область была разделена на два района по характеристикам грозовой деятельности. Первый район охватывает долину среднего течения Оби, низовья рек Тима, Васюгана, долину Кети, бассейны Чулыма, Шегарки. В этом районе средняя повторяемость гроз составляет 22–26 дней. Во втором районе значения чуть больше – 26–33 дня. В целом цифры настоящего исследования хорошо вписываются в эту статистику, но минимальное значение на северо-востоке области в 15 дней с грозой, конечно, выбивается из нее. Важно отметить, что основное отличие в том, что первый район пролегает по речной сети, а второй, с максимальными значениями, находится на юго-западе и северо-востоке. Тогда как на карте, построенной в нашем исследовании, отчетливо прослеживается увеличение грозовой деятельности с северо-востока на юго-запад области, т. е. минимальные значения зафиксированы именно на северо-востоке области.

В исследовании Е.В. Шахасовой [14] за период с 2000 по 2013 г. в Иркутской области максимальное среднее число дней с грозой составляет 15 дней, минимальное – 1 день. В сравнении с данным исследованием это достаточно маленькие значения. То есть можно сказать, что на Томскую область большое влияние оказывают местные факторы, способствующие образованию грозовой деятельности, траектория прохождения барических образований и пролегания атмосферных фронтов, а также ее западное положение относительно Иркутской области.

Синоптические условия образования гроз над юго-востоком Западной Сибири

Для более детального изучения синоптических условий и возникновения опасных явлений, в частности гроз, в каждом типе барических образований в исследовании использовалась классификация, разработанная В.П. Горбатенко, И.И. Ипполитовым и Н.В. Поднебесных [16, 17]. В этой методике барические образования подразделяются на несколько типов по месту зарождения и траектории движения.

В соответствии с этой классификацией выделяются барические образования, приходящие на территорию Западной Сибири и влияющие на погодные условия, такие как:

I – западные циклоны, перемещающиеся из центральных районов Европейской России к Восточно-Сибирскому плоскогорью вдоль 60–65° с.ш.;

II – западные циклоны, образующиеся на волне полярного фронта в районе Екатеринбург, Омск, Самары;

III – юго-западные циклоны, приходящие из районов Каспийского и Аральского морей и смещающиеся на северо-восток;

IV – северные циклоны, образующиеся в Карском море и северных районах Западной Сибири, смещаются на юг-юго-восток;

V – южные циклоны, приходящие из районов Ашхабада, Ташкента или из междуречья Амударьи и Сырдарьи, смещаются на северо-восток;

VI – местные циклоны, образующиеся непосредственно на территории Западной Сибири: на южной части или в районе междуречья Обь–Иртыш. Ведут себя достаточно статично и имеют минимальные вектора смещения, из которых нет возможности выделить преобладающий;

VII – северные циклоны, которые приходят из районов Кольского полуострова, Баренцева моря или севера европейской территории России, смещаются на юго-восток в направлении Омска.

С VIII по XII – типы антициклонов, пришедших на территорию Западной Сибири и образовывавшихся над ней.

Для выявления региональных особенностей возникновения гроз на юго-востоке Западной Сибири по кольцевым картам погоды определялся тип барического образования, при котором возникали грозы.

Каждый грозовой случай с 2020 по 2022 г. классифицировался по месяцу и типу барического образования, в котором наблюдался:

1. Циклон (с I по VII тип).
2. Антициклон (с VIII по XII тип).
3. Седловина.
4. Малоградиентное поле.

Результаты исследования представлены в табл. 2.

Анализ синоптических условий при возникновении гроз на юго-востоке Западной Сибири показал, что абсолютное большинство гроз (87,4 %) в этом районе возникает в циклонах различного происхождения. Максимальная повторяемость гроз наблюдается в июле в местных циклонах (VI тип) – 10,5 %, а также чуть меньше в юго-западных циклонах (III тип) – 8,6 %. В июне грозы чаще всего (6,8 %) наблюдались при выходе южных циклонов V типа.

Максимальная повторяемость гроз на юго-востоке Западной Сибири фиксируется при выходе юго-западных циклонов (III тип) – 17,8 % и в

Таблица 2

**Повторяемость гроз (%) в различных типах барических образований
с 2020 по 2022 г.**

Типы барических образований	Месяцы							Всего за сезон
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
I	0,5	2,0	2,8	4,8	1,5	0,6	–	12,2
II	0,1	3,1	4,0	0,4	3,7	0,2	–	11,5
III	0,3	3,9	0,7	8,6	3,6	0,7	–	17,8
IV	–	1,5	1,2	–	2,4	–	–	5,1
V	–	0,4	6,8	1,5	4,3	–	–	13,0
VI	–	–	4,1	10,5	1,9	0,2	0,1	16,8
VII	–	1,8	5,8	2,2	1,2	–	–	11,0
VIII	–	0,3	–	0,3	–	–	–	0,6
IX	–	–	1,0	–	–	–	–	1,0
X	–	–	–	1,6	3,1	–	–	4,7
XI	–	–	0,7	0,6	–	–	–	1,3
XII	–	0,3	0,4	0,2	0,6	0,1	–	1,6
Седловина	–	0,7	0,9	0,3	0,7	0,2	–	2,8
Малоградиентное поле	–	0,6	–	–	–	–	–	0,6
Всего	0,9	14,6	28,4	31,0	23,0	2,0	0,1	100,0

местных циклонах (VI тип) – 16,8 %. Минимальная повторяемость гроз наблюдалась в антициклонах VIII типа и в малоградиентном поле – 0,6 %.

Анализируя полученные результаты, можно сказать о том, что изначально при анализе синоптических карт было замечено, что местные циклоны (VI) могут достаточно долго находиться на территории Западной Сибири, так как не имеют определенного вектора смещения, а также именно этот тип очень часто регенерировал и увеличивал время своего существования на заданной территории. Юго-западные циклоны (III), несмотря на то что имели вектор смещения и редко стационарировали над исследуемым районом, чаще остальных приходили на юго-восток Западной Сибири, и, соответственно, грозовая деятельность чаще развивалась именно в данном типе барических образований.

В антициклональных условиях грозы наблюдались достаточно редко и в основном на восточной периферии. Всего в антициклонах отмечено 9,2 % всех грозовых случаев. В седловине и малоградиентном поле зафиксировано всего 3,4 % случаев всех гроз.

Можно отметить, что с 2020 по 2022 г. повторяемость гроз в западных циклонах I и II типов и северных циклонах VII типа (ныряющих) почти одинакова и составляет 11–12 %, а вот в северных циклонах IV типа в

данном исследовании она минимальная: 5,1 %. В северных районах Иркутской области [13] грозы чаще всего связаны со смещением ныряющих и западных циклонов, что в целом совпадает с результатами наших исследований.

В исследовании В.П. Горбатенко [7], проводившемся с 1990 по 2010 г., изучение синоптических условий образования гроз осуществлялось по той же классификации барических образований, что и в данной работе. Поэтому сравнение результатов представляет достаточно большой интерес. В исследовании [7] максимальный процент гроз в циклонах приходится на западные циклоны I и II типов (20 % в обоих случаях), а также чуть меньше на северные циклоны IV типа (17,5 %). Эти результаты отличаются от результатов нашего исследования. В местных циклонах (VI) повторяемость гроз почти не изменилась: с 1990 по 2010 г. составила 17 %, с 2020 по 2022 г. – 16,8 %. Так как результаты исследований имеют различия, важно отметить, что период исследования [7] почти в 7 раз превышает период данного исследования. Так что, скорее всего, в [7] вошли различные циркуляции атмосферы, смена которых провоцировала изменение частоты появления различных типов циклонов и траектории их движения на исследуемой территории.

По условиям возникновения грозы делятся на внутримассовые и фронтальные. Внутримассовые грозы образуются в теплых неустойчивых воздушных массах при развитии кучево-дождевых облаков за счет термической конвекции или при резком вторжении холодного воздуха в тыл циклона. Наиболее интенсивные грозы возникают на атмосферных фронтах [18].

Все случаи с грозой за период с 2020 по 2022 г. классифицировались не только по типу барического образования, но также и по наблюдению в зоне фронта (с выделением типа) или во внутримассовых условиях (табл. 3).

Таблица 3

**Повторяемость (%) фронтальных и внутримассовых гроз
на юго-востоке Западной Сибири с 2020 по 2022 г.**

Тип фронта	Месяцы							Всего за сезон
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
Теплый	0,7	5,2	6,3	6,9	3,3	0,7	–	23,1
Холодный	0,1	5,2	7,9	10,0	8,0	0,3	0,1	31,6
Окклюзия	0,1	3,1	11,5	7,0	5,7	0,4	–	27,8
Вторичный	–	0,1	1,1	4,1	3,0	0,4	–	8,7
Внутримассовая гроза	–	1,0	1,6	3,0	3,0	0,2	–	8,8
Всего	0,9	14,6	28,4	31,0	23,0	2,0	0,1	100,0

За период исследования максимальные значения повторяемости гроз отмечались на холодных фронтах и фронтах окклюзии – 31,6 и 27,8 % соответственно. Минимальное количество гроз наблюдалось на вторичных холодных фронтах – 8,7 % и во внутримассовых условиях – 8,8 %. Внутримассовые грозы отмечаются в период с мая по сентябрь. В начале и конце грозового сезона отмечаются только фронтальные грозы.

Наибольший процент гроз наблюдался на фронтах окклюзии в июне – 11,5 %, на холодных фронтах в июне, июле и августе – 7,9; 10,0 и 8,0 % соответственно.

Такое распределение было весьма ожидаемо, так как чаще всего условия для грозовой деятельности формируются на холодных фронтах и фронтах окклюзии. Это связано с особенностями возникновения характерных типов облачности для данных фронтов и скоростью их перемещения. Также можно отметить, что 82,4 % от общего количества гроз наблюдалось в летние месяцы, так как это самые теплые месяцы грозового сезона.

Соотношение фронтальных и внутримассовых гроз распределилось примерно как 90 и 10 %.

В работе [7] также проводился анализ повторяемости фронтальных и внутримассовых гроз. Наибольший процент гроз тоже наблюдался на холодных фронтах (34 %), а наименьший – на фронтах окклюзии (5 %). Фронтальные грозы составляли 69 % случаев, внутримассовые – 31 %. В данном случае отличие полученных результатов можно объяснить особенностями синоптических процессов в годы нашего исследования и тем, что в исследовании [7] за случай с грозой принимался случай, когда хотя бы на одной станции Томской области отмечалась гроза. В процессе нашего исследования неоднократно было установлено, что в один день могут отмечаться как фронтальные, так и внутримассовые грозы.

Изучение повторяемости гроз на различных атмосферных фронтах в Иркутской области с 2000 по 2013 г. проводилось в работе [14]. По результатам исследования было выявлено, что чаще всего фронтальные грозы наблюдались на основных и вторичных холодных фронтах (46–77 %), также автор отмечает, что по сравнению с более ранними исследованиями повторяемость гроз на фронтах окклюзии увеличилась (9–14 %).

В работе [8] одной из анализируемых территорий была Западная Сибирь. Исследование проводилось по обширному списку параметров грозовой деятельности, в том числе было рассчитано соотношение фронтальных и внутримассовых гроз с 1967 по 1971 г. Наибольший процент фронтальных гроз наблюдался на холодных фронтах (33 %), что чуть больше значений в данном исследовании, а наименьший опять же на фронтах окклюзии (5 %), тогда как с 2020 по 2022 г. грозы на фронтах окклюзии составили 27,8 %. Также стоит отметить, что в рамках исследования [8]

фронтальные грозы составили 67 % от общего количества гроз, тогда как в настоящей работе на долю фронтальных гроз приходится чуть больше 90 % общего количества гроз. Автор [8] отмечает, что в исследовании не были учтены как таковые вторичные фронты, а все грозы в тылу циклона были отнесены к внутримассовым. Возможно, из-за этого процент фронтальных гроз получился чуть заниженным.

Заключение

В рамках данного исследования было установлено хорошо прослеживаемое распределение числа случаев с грозой: увеличение грозовой активности с северо-востока на юго-запад. За каждый год исследуемого периода (2020–2022) выявлены центры максимальной грозовой активности в районе метеостанции Степановка (41–54 случая), расположенной на востоке Томской области, и метеостанции Майск (73–78 случаев), расположенной на западе области. Величина среднего числа дней с грозой за три года возрастает с северо-востока на юго-запад с очагом максимума в районе метеостанции Степановка (30–32 дня) и минимальными значениями в районе метеостанции Ванжиль-Кынак (15 дней).

Суточный ход повторяемости гроз очень хорошо согласуется с повторяемостью фронтальных и внутримассовых гроз. Максимальная повторяемость приходится на 15–18 ч по местному времени. Минимальные значения приходятся на 2 ч ночи и 10 ч утра по местному времени. Аналогичные результаты были получены в исследовании [4], т. е. можно сказать, что суточный ход грозовой активности на юго-востоке Западной Сибири достаточно однороден.

В целом грозовой сезон на юго-востоке Западной Сибири стабильно начинается в апреле и заканчивается в сентябре. В некоторые годы отдельные грозы наблюдаются и в октябре. Максимальная грозовая активность приходится на центральный летний месяц – июль. Аналогичное распределение было получено в более ранних исследованиях В.П. Горбатенко [6] и И.В. Латышевой [12]. То есть длительность грозового сезона в Западной и Восточной Сибири сохраняет постоянство. Также стоит отметить, что с 2020 по 2022 г. наблюдался период высокой грозовой активности.

Барические образования, в которых чаще всего возникают грозы – конечно, циклоны. Согласно классификации [16, 17] в рамках данного исследования наибольшая повторяемость гроз была зафиксирована в юго-западных (III) и местных циклонах (VI): 17,8 и 16,8 % соответственно. По сравнению с более ранними исследованиями, в изучаемый период настоящей работы (2020–2022) увеличилась повторяемость гроз в юго-западных циклонах (III), а в северных (IV типа) – уменьшилась.

Наибольший вклад в грозовую деятельность вносят грозы на холодных фронтах и фронтах окклюзии, а наименьший – на вторичных фронтах и внутримассовые грозы. В работах [7, 8, 14] наибольшая повторяемость гроз так же отмечена на холодных фронтах и чуть меньше – на теплых, а наименьшая – на фронтах окклюзии.

Соотношение фронтальных и внутримассовых гроз распределилось примерно как 90 и 10 %. По сравнению с предыдущими исследованиями [8] повторяемость фронтальных гроз увеличилась, а внутримассовых – уменьшилась.

Резюмируя, можно сказать о том, что при сравнении с результатами более ранних наблюдений было выявлено достаточно много неоднозначных моментов. Помимо разного периода исследований, такие результаты объясняются еще и зависимостью грозовой деятельности от большого количества факторов. Так как основной из них – барические образования, нетрудно догадаться, что общая циркуляция атмосферы постоянно вносит коррективы как в развитие барических образований, так и в траектории их движения, а соответственно, изменяются динамика и характеристики грозовой деятельности. Также не стоит забывать о местных особенностях исследуемых территорий. Даже если территория исследования одна и та же в нескольких исследованиях, стоит учитывать возможность изменения ее характеристик во времени, которые в свою очередь влияют на местные процессы, происходящие на ней, в том числе и на конвективную деятельность.

Полученные результаты могут быть использованы для усовершенствования синоптических методов прогноза гроз.

Литература

1. Третий оценочный доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год / Под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. СПб.: Научно-емкие технологии, 2022. 676 с.
2. *Алехина Н.М.* Грозы юго-востока Западной Сибири и северо-востока Казахстана: Дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 1982. 144 с.
3. *Ягудин Р.А.* Физико-статистическое исследование ночных гроз в Новосибирской области // Труды НРГМЦ. 1971. Вып. 6. С. 9–23.
4. *Ягудин Р.А.* Синоптические факторы, обуславливающие время начала грозовой деятельности // Синоптическая метеорология. Труды ЗСРНИГМИ. 1975. Вып. 15. С. 115–127.
5. *Морозова Э.А., Ягудин Р.А.* О прогнозе ночных гроз в Новосибирской области // Труды НРГМЦ. 1971. Вып. 5. С. 17–24.
6. *Горбатенко В.П., Ершова Т.В.* Молния как звено глобальной электрической цепи: монография. Томск: Изд-во ТГПУ, 2011. 203 с.
7. *Горбатенко В.П.* Синоптические условия образования гроз над Томской областью // Климатология и гляциология Сибири: сб. материалов 2 междунар. науч. конф. (Томск, 20–23 окт. 2015 г.). Томск, 2015. 386 с.

8. Горбатенко В.П. Синоптические условия образования и развития гроз над территориями Западной Сибири и Казахстана // Вестн. Том. гос. ун-та. 2001. С. 148–154.
9. Горбатенко В.П., Дульзон А.А. Влияние изменения подстилающей поверхности на грозовую активность // География и природ. ресурсы. 1997. № 2. С. 142–146.
10. Горбатенко В.П., Дульзон А.А., Решетова М.В. Пространственные и временные вариации грозовой активности над Томской областью // Метеорология и гидрология. 1999. № 12. С. 21–28.
11. Дульзон А.А., Горбатенко В.П. Результаты исследования грозовой активности над территорией Томской области // Изв. Том. политехн. ун-та. 2006. Т. 309, № 2. С. 126–130.
12. Латышева И.В., Лоценко К.А., Шахаева Е.В. Исследование гроз на территории Иркутской области // Изв. Иркут. гос. ун-та. Серия: Науки о Земле. 2012. Т. 5, № 2. С. 163–175.
13. Шахаева Е.В. Конвективные явления на территории Иркутской области в 2000–2013 гг. // Изв. Иркут. гос. ун-та. Серия: Науки о Земле. 2015. Т. 12. С. 136–152.
14. Шахаева Е. В. Метеорологические и синоптические условия образования ливневых осадков и гроз на территории Иркутской области: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Казань, 2016. 23 с.
15. Беспалов Д.П., Девяткин А.М., Довгалюк Ю.А. и др. Атлас облаков. Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова. СПб.: Д'АРТ, 2011. 248 с.
16. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Поднебесных Н.В. Циркуляция атмосферы над Западной Сибирью // Метеорология и гидрология. 2007. № 5. С. 28–36.
17. Поднебесных Н.В. Динамика циклонической и антициклонической активности над Сибирью: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2010. 22 с.
18. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология. СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. 328 с.