

Многолетняя динамика гроз в Иркутской области и Прибайкальской территории на фоне солнечной активности с 1997 по 2023 год

Васильев К. М.* , Васильев Р. В.* , Зоркальцева О. С.* , Ткачев И. Д.* , Яньякова Ю. С. **

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия

**Иркутское УГМС, г. Иркутск, Россия

vasilevkm@iszf.irk.ru, roman_vasilyev@iszf.irk.ru, meteorologistka@gmail.com,
tid007@iszf.irk.ru, gmc@irmeteo.ru

Аннотация.

В работе проведено исследование многолетней динамики грозовой активности на территории Иркутской области и Прибайкальской территории. Были использованы данные наблюдений на метеорологических станциях Иркутского УГМС, а также архивные данные из литературных источников. Критерием динамики гроз являлась информация о количестве дней с грозой в год. Проводилось исследование долговременной динамики числа дней с грозой и сравнение активности гроз в регионе с циклами солнечной активности в периоды с 1997 по 2023 год.

Введение.

Гроза – опасное метеорологическое явление, связанное с конвекцией воздуха, образованием кучевой облачности, интенсивными осадками и возникновением молниевых разрядов. Для возникновения грозы необходим интенсивный нагрев поверхности, наличие водяного пара в воздухе и условий способствующих первоначальному поднятию вверх разогретых влажных воздушных масс. Конденсация водяного пара и замерзание капель при охлаждении воздуха вследствие его первоначального подъёма приводит к образованию облачности и выделению скрытого тепла, обеспечивающего дальнейший подъём воздушных масс. Встречное вертикальное движение капель, снега и града внутри облака приводит не только к росту капель и выпадению осадков, но и к электризации встречных потоков и разделению электрического заряда по высоте внутри облака. Величина разделённых зарядов может достигать значений, при которых электрические поля образованные зарядами начинают превышать пороговые значения электрического пробоя в воздухе, в результате чего начинают происходить молниевые разряды.

Существует три основных способа образования гроз. При перемещении фронтальных масс воздуха вдоль земной поверхности более тёплые массы воздуха, содержащие большее количество водяного пара, локальные или фронтальные, поднимутся выше, что приведёт к их остыванию и конденсации водяного пара. Грозы, возникающие в результате таких явлений, называют фронтальными. Внутримассовые грозы образуются в

результате неравномерного нагрева подстилающей поверхности, характеризующемся различным альбедо, влажностью и растительностью почвы, что провоцирует возникновение интенсивных вертикальных конвективных потоков воздуха без адвективной составляющей. Для Прибайкальского региона важно выделить кучево-дождевые грозовые облака, образованные в результате движения масс воздуха к склонам гор и горных массивов. Грозы, образованные таким способом, называют орографическими.

Со второй половины XX века глобальная температура приземного воздуха выросла на 1,1 °С [1]. Вследствие ряда положительных обратных связей и локальных воздействий температура приземного воздуха в высоких широтах Северного полушария увеличивалась быстрее, чем в среднем по земному шару: в частности, в России в 2,5 раза с 1976 года [2]. Изменился температурный режим средней тропосферы: в частности, увеличился вертикальный градиент при росте температуры приземного воздуха. Потепление приводит к увеличению влагосодержания атмосферы. Рост температуры приземного воздуха и влажности воздуха, а также увеличение вертикального градиента усиливают атмосферную конвекцию и могут привести к усилению и увеличению частоты сильных конвективных явлений в атмосфере. Поэтому изучение грозовой активности над территорией Иркутской области на фоне климатических изменений является актуальной задачей.

Одним из факторов, от которого зависит грозовая деятельность, может являться солнечная активность (СА). Например, в работе [3] авторы, рассматривая вариации грозовых ОНЧ-шумов в летнее время их связь с индексами солнечной активности, над территорией Якутии, приходят к выводу, что они связаны обратной зависимостью. В работе подчёркивается широкая область таких корреляций, от востока Сибири до Африканского мирового грозового очага. Данная связь объясняется через канал, имеющий глобальный характер — планетарный электрический контур [4].

Также, в работе [5] описывается проводимость глобальной атмосферной электрической цепи с учётом степени её ионизации потоком заряженных частиц различной природы, в частности солнечными космическими лучами. Приводятся результаты измерений вертикальной компоненты электрического поля и полюсной проводимости, выполненных по данным метеозондов во время солнечного протонного шторма. Делается вывод о связи параметров космической погоды с параметрами, влияющими на образование молний.

Иркутская область непосредственно граничит с Якутией, поэтому интересно рассмотреть влияние уже исследованных факторов на динамику гроз вблизи Байкала. Для анализа грозовой активности было использовано количество дней с грозой, поскольку

такой критерий использовался в ранее полученных и обобщенных для Байкальского региона сведениях [6]. Данные о количестве гроз были получены с сети метеостанций Иркутского УГМС и сопоставлены с индексом CA F10.7.

Данные и методы.

В работе [6] представлены статистические данные числа дней с грозой с 1900 по 1970 год для станций Иркутск, Братск, Баяндай в периоды: с 1931 по 1950 год, с 1920 по 1970 год, с 1900 по 1970 год. Также, приводятся статистические параметры: среднеквадратичное отклонение σ , коэффициент асимметрии A , коэффициент эксцесса E . Данные показанные Филипповым А. Х. характеризуют область в районе метеостанции Баяндай, как более конвективную. Меньшее количество дней в году с грозой наблюдается на метеостанции Иркутск, что интерпретируется автором близким географическим расположением с озером Байкал, над холодной поверхностью которого в летние месяцы наблюдается инверсия температуры, затрудняющая конвективное движение воздуха. Автором [6] приводятся карты пространственного распределения числа дней с грозой, где выделяется область пониженного количества дней с грозой в зоне Ангарского кряжа, где располагается метеостанция Братск.

На станциях и постах Иркутского УГМС проводят наблюдения за грозами в сроки регулярных метеонаблюдений через каждые 3 часа, а также между сроками. Фиксируется время начала и окончания гроз. В данной работе были использованы данные наблюдений и рассчитано количество дней с грозой с 1997 по 2023 год для всех работающих метеостанций. Полученные значения были сопоставлены с полученными данными за период с 1900 по 1970 год.

В качестве характеристики солнечной активности в данной работе были использованы значения индекса F10.7. Который представляет собой поток радиоизлучения с длинной волны 10.7 см. Данные значений индекса F10.7 представлены в открытом доступе по ссылке [7], в работе были использованы интегральные годовые значения.

Результаты и их обсуждение.

На первом этапе исследования мы сопоставили среднее количество дней с грозой за период 1971-2023 гг. с ранее полученными данными [6] для станций Иркутск, Баяндай, Братск. Оператор извлекал сведения за 1971-1996 гг из журналов метеорологических наблюдений ТМ-1 Иркутского УГМС и составлял электронную таблицу для последующих расчётов среднего значения в год и его среднеквадратичного отклонения (СКО) за указанный период. Сведения за период 1997-2023 гг извлекались из уже оцифрованного

архива метеоданных на основе которых затем рассчитывалось среднее и СКО по всем годам указанного диапазона. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сводные данные о среднем количестве дней с грозой (N) и СКО дней с грозой (σ) в период с 1900 по 2023 год

	Источник: [А. Х. Филиппов, 1974]		По данным из журналов метеорологических наблюдений ТМ-1 Иркутского УГМС		По данным анализа цифровых архивов Иркутского УГМС	
	1900 - 1970		1971 - 1996 (с апреля по сентябрь включительно)		1997 - 2023	
	N	σ	N	σ	N	σ
Иркутск	16.0	4.75	14.0	3.69	17.5	4.4
Баяндай	18.4	5.33	17.6	5.86	14.4	5.1
Братск	16.7	5.21	Данные не собирались		22	5.1
Средние значения	17	5	15.8	4.77	17.9	4.8

С 1900 года существенных изменений в количестве дней с грозой для данных станций не наблюдается. Для всех станций среднее количество дней с грозой за теплый период года составляет около 15 дней. Отметим, что для Иркутска и Братска за последние 20 лет количество дней с грозой увеличилось, а для Баяндай наоборот – уменьшилось, однако разности числа дней с грозой за период 1900-1970 и 1971-2023 не превышают СКО, что говорит о статистически незначимых изменениях.

Воздействие солнечной активности носит глобальный и слабовыраженный характер, поэтому с большой долей вероятности проявление этого воздействия для отдельной станции будет малозначимым. Поэтому, для анализа взаимосвязи гроз с солнечной активностью в Иркутской области и Прибайкальской территории имеет смысл рассмотреть интегральную региональную характеристику. Хранящиеся в уже оцифрованном архиве (1997 - 2023 гг) данные со всех метеостанций Иркутской области позволяют вычислить среднее количество дней с грозой и СКО этого параметра для всех метеостанций за отдельный год. Значения вычисленных параметров на фоне нормированных значений индекса F10.7 представлены на рисунке 1.

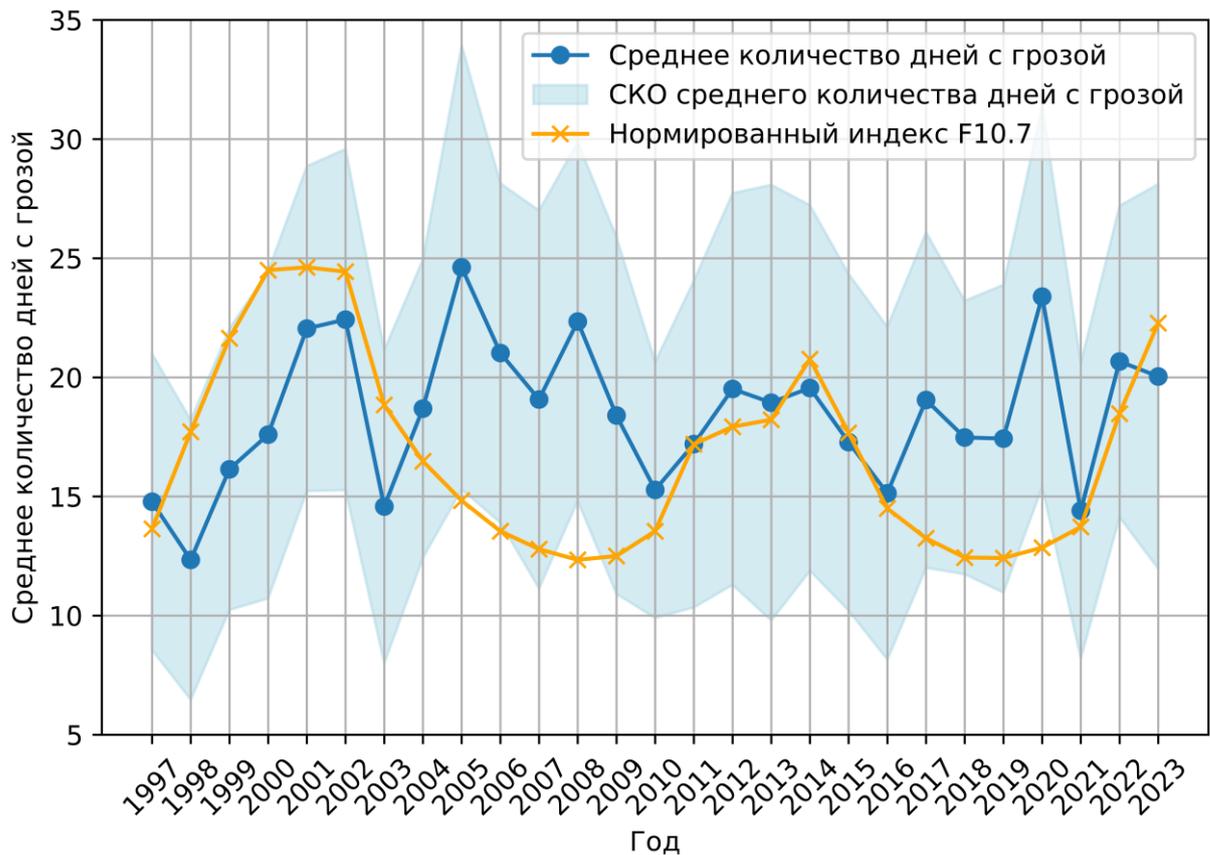
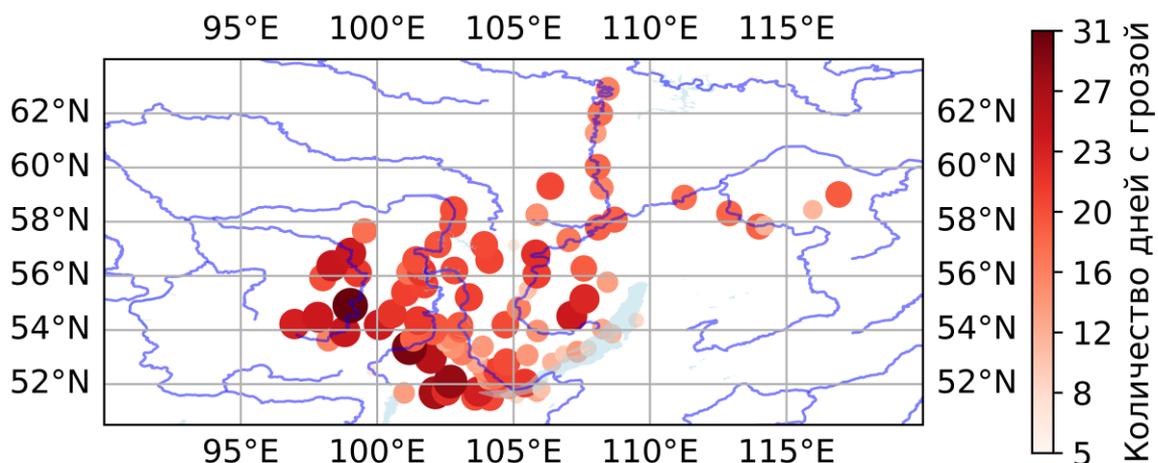


Рисунок 1 - Среднее количество дней с грозой по всем метеостанциям Иркутского УГМС, среднее значение SKO и нормированный индекс F10.7

Ход нормированного индекса F10.7 имеет выраженный характер, отражающий динамику солнечной активности за рассматриваемый период. Достаточно чётко прослеживаются максимумы 23, 24 и 25 циклов солнечной активности. Динамика среднего числа дней с грозой в регионе хоть и испытывает некоторые вариации, но находится на постоянном уровне, без трендовой составляющей. Минимальные значения вариаций числа дней с грозой имеют тенденцию группироваться на фазах роста и спада солнечной активности, тогда как максимальное количество дней с грозой наблюдается и в максимумах и в минимумах F10.7.



Оцифрованный архив (1997 - 2023 гг) данных со всех метеостанций Иркутской области позволяет построить пространственное распределение числа дней с грозой (рис 2) которое можно сравнить с ранее полученными сведениями [6]. Рисунок 2 - Среднее количество дней с грозой на метеостанциях Иркутского УГМС.

Видно, что в первую очередь пространственное распределение числа дней с грозой обусловлено физико-географическими условиями. Горные хребты (Саяны, Прибайкальские горы) создают благоприятные условия для развития конвекции за счет орографического подъема воздушных масс. Северные территории, такие как Катангский район, отличаются минимальной грозовой активностью — менее 10 дней в год из-за преобладания стабильных воздушных масс и меньшего прогрева поверхности. Центральные и южные районы, включая Иркутск, имеют средние показатели — 15–20 грозовых дней в год. Здесь значительную роль играют фронтальные разделы.

Заключение.

В ходе работы был проведён анализ динамики грозовой активности с 1900 по 2023 г. по данным [6] и метеостанций Иркутского УГМС, в результате которого не выявлено значимых изменений числа дней с грозой. Показанное в работе пространственное распределение с 1997 по 2023 г. согласуется с работами [6] и [8], а также с анализом вариации индексов конвективной неустойчивости в работе [9]. Анализ связи количества дней с грозой и индекса F10.7 показал, что в максимумах и минимумах солнечной активности мы наблюдаем пики грозовой активности. Иными словами, в среднем количество гроз коррелирует с вариациями индекса F10.7 с удвоенной частотой.

Список литературы

1. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. Росгидромет, 2020, 97 с.
3. Козлов В. И., Мулляров В. А. Грозовая активность в Якутии. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. 104 с.
4. Tinsley B. A. Correlation of atmospheric dynamics with solar wind-induced changes of air-earth current density into top clouds // Journal of geophysical research. 1996. V. 101. № D23. P. 29701-29714.
5. Nicoll K. A. Space weather influences on atmospheric electricity // Weather. 2014. V. 69, №. 9. P. 238-241.
6. Филиппов А. Х. Грозы Восточной Сибири. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 75 с.
7. Papitashvili N. E., King J. H. NASA Space Physics Data Facility: OMNI Yearly Data [Электронный ресурс]. URL: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html> (дата обращения 20.04.2025).
8. Ткачев И.Д., Васильев Р.В., Белоусова Е.П. Кластерный анализ молниевых разрядов по данным грозопеленгационной сети «Верея-МР» // Солнечно-земная физика. 2021. № 4. С. 91–98.
9. Чернокульский А. В., Елисеев А. В., Козлов Ф. А., Курганский М. В., Мохов И. И., Семенов В. А., Швець Н. В., Шихов А. Н., Ярынич Ю. И. Опасные атмосферные явления конвективного характера в России: наблюдаемые измерения по различным данным // Метеорология и гидрология. 2022. № 5 С. 27-41.