

**Сибирское отделение Российской Академии наук
Институт геологии
Горно-Алтайский государственный университет**

А.Н. Дмитриев, Н.А. Кочеева, А.В. Шитов

**Анализ грозовой активности Горного Алтая
за 1958-1999 годы**

**Новосибирск - Горно-Алтайск
2002**

Аннотация:

В работе исследуется грозоактивность Горного Алтая как межгеосферный процесс. Учтены и обработаны данные по 11340 грозам с 1963-1999 гг. в пространстве основных и вспомогательных признаков (n=14). Обработка данных проведена по программе СУБД - "Гроза". Выявлена периодизация грозоактивности во времени и установлена гелиозависимость грозовых процессов на исследуемой территории. В частности обнаружено, что интенсивность и встречаемость гроз (согласно наблюдательным данным по 16 ГМС) зависит от четности солнечного цикла. Подтверждена, ранее выявленная гелиозависимость электромагнитных процессов на территории Горного Алтая и установлены основные участки с повышенной гелиочувствительностью. Сделана попытка, выявления, как реагируют грозовые процессы на техногенные воздействия (на ракетные пуски с Байконура и ядерные взрывы на Семипалатинском полигоне).

Работы поддержаны грантами:

- РФФИ № 00-05-65445 "Прогноз природных и техногенных катастроф в зонах триггерных ландшафтных обстановок (на примере Западной Сибири)";
- "Университеты России" № УР.09.01.056. "Комплексное изучение влияния геодинамических процессов Горного Алтая на характер грозовой активности и исследование мест повышенной техногенной аварийности".

1. Актуальность проблемы и новые направления изучения грозоактивности.

В последнее десятилетие, в связи со скоростным изменением климатической машины Земли, возникли сложные задачи по поиску признаков прогноза региональных климатических перемен. Неравномерность климатических перемен особенно характерна для горных стран. Научное реагирование на эти события становится все более обширным и ответственным [3,9,19,24].

К концу 90-х годов к исследованию "технологии" климатических изменений подключились физики, планетофизики, геофизики и гелиогеофизики [2,10,27,46,48]. Внимание специалистов указанных направлений значительно углубило научную проработку вопросов климатического состояния Земли и приблизило к разгадке некоторых причин крупномасштабных перемен. Сейчас большинство исследователей придерживается версии, по которой планетофизические преобразования связаны с космическими процессами в Солнечной системе [26,31,39].

Развитие климатических изменений сопровождается не только температурными изменениями и нарушением влагооборотных процессов, но и переменами в состоянии геофизических полей. В частности, все больше доводов в пользу инверсии геомагнитного поля [9,10,47] и значительного вещественно-энергетического изменения в режиме солнечно-земных взаимосвязей [20,37,39]. Именно в связи с возрастающей энергоемкостью солнечно-земных взаимосвязей, а также и межпланетных взаимодействий наметилось увеличение функциональной значимости грозовой активности [3,31,41,51]. Сейчас меняется общая мировая карта грозораспределения. И к хорошо известным региональным очагам гроз добавляются новые. Кроме того, отмечается нарастание проявления разнообразия грозовых разрядов [12,21,29,52,58].

Особенно большое значение для общего режима состояния стратосферы и нижнего ионосферного D-слоя, имеет разновидность грозопроцессов под общим названием спрайты (Sprites) [13,61]. Эти разряды, согласно спутниковым регистрациям, часто наблюдаются на значительном расстоянии от грозовых облаков, сначала в основном на юге Тихого океана. Начало их спутникового изучения относится к 1995г., и в последующие годы проведена регистрация спрайтов над многими горными системами. Вспышки кратковременны (от 20 до 100 м/с), но весьма энергичные (до 10^{12} Дж [60]) происходят на высотах 40-100 км от поверхности Земли. Считается, что эти разряды тяготеют к участкам стратосферы, где развиваются квазиэлектростатические процессы, и где потенциалы электричества во время грозы превышают 1000 В/м. Характерно, что над такими территориями спрайты регистрировались самолетными грозосчетчиками еще в середине 80-х годов.

Особенно интенсивно сейчас исследуется общая энергетика грозоразрядов и токи в обратных ударах молний [1,2,8,21,22]. Дистанционные регистрации энерговыделений и токов в молниях "земля - туча", "туча-туча" (импульсные радары и регистрация следа) показали, что во всех типах молний энерговыделение колеблется в пределах 115-800

Дж/м. Характерно также, что на широте 45° С длительность тока в горах в 2,5 раза меньше, чем на равнинных площадях.

В связи с общей энергоемкостью гроз на Земле в последующие годы отмечаются особо насыщенные очаги гроз. Именно над такими участками со спутниковых систем, в два последних десятилетия начали регистрировать вспышки гамма-излучения. Этот факт был неожиданным, тем не менее, он подтвердился надежными исследованиями. Впоследствии установили, что гамма-излучение возникает в случаях, когда число разрядов в грозовом активном пространстве превышает 100 грозовых импульсов в минуту. Полного картирования этих очагов активности еще не произведено, но укрепляется предположение о том, что очаги интенсивности гроз тяготеют к зонам вертикального энергоперетока во взаимодействии оболочек Земли [25,29,30,34,53,57].

Учащается также и количество "сухих гроз", что наиболее четко указывает на модифицированную геолого-геофизическую специфику грозоразрядных процессов. Кроме того, в ряде мест начали регистрироваться грозовые разряды положительного знака [47], эта инверсия знака заряда молний резко повышает пожароопасность, местами в 6-8 раз. Пожары Мексики, юго-западных штатов США и Восточной Сибири 1998 года, возможно, имеют эту причину.

Все более отчетливо выявляется связь грозовой активности с солнечной [14,27,31]. При этом для грозового очага в Якутии, например, была выявлена (за 1973-1993гг) высоко значимая отрицательная связь (-0,83) интенсивности гроз с вариацией солнечных пятен [22].

В последние годы грозоактивность подвергалась изучению в более широком контексте взаимодействия оболочек Земли. Верхнее полупространство, как среда распространения и генерации электромагнитных волн, изучается в направлении тектонофизического неравновесия земной коры [4,30]. Выявлены новые радиоволновые помехогенерирующие особенности грозовых процессов [17,23,38,43] и пересматриваются оценки количества грозоразрядных процессов над Мировым океаном и над сушей [33,35].

Все больше исследовательского внимания уделяется выяснению функциональной роли шаровых молний [5,38,51] и другим формам природных самосветящихся образований [12,50]. В последние годы пристально изучается энергоструктурная связь разнообразных энергопроявлений при возникновении торнадо - особенно старших энергоемких процессов $F \geq 3$ [15,60]. По мере углубления исследовательских методов прогноза землетрясений и выяснения физической природы очагов землетрясений заострилась проблема истинных и фиктивных электромагнитных предвестников землетрясений [6,8,16,25,28,41].

В целом комплексе изучения признаков скоростных климатических изменений все более отчетливо проявляется роль энергоемких грозовых процессов, модификация которых происходит совершенно непредсказуемым образом. Именно вновь вскрываемая функциональная роль гроз и является предметом начала изучения грозоактивности на территории Горного Алтая, в том числе и с целью уточнения региональной специфики климатических перемен. Дальнейшее изложение касается вопросов: общей феноменологии грозовых процессов, обнаружения некоторых общих закономерностей гроз на исследуемой территории, построения возможных схем интерпретации полученных результатов, формулировки полученных выводов.

2. Общая и региональная постановка задачи

Исследование грозоактивности Горного Алтая, с учетом его географической и геолого-геофизической специфики [14,16,34], представляет собой региональное звено в общей проблеме грозовых процессов на Земле. В свою очередь интегральная грозоактивность планеты включена в более общую проблему функционирования электрического поля Земли, а так же и ее магнетизма [6,10,35,36].

Изучая физико-энергетическую сторону грозовых процессов нельзя не учитывать характер и количественные оценки планетарного электрического поля. Широко известно, что поверхность Земли заряжена отрицательно по отношению к окружающей ее атмосферной оболочке. За стандарт электрической напряженности поля (E) принята величина порядка 100 В/м. По направлению от поверхности к газо-плазменным оболочкам напряженность экспоненциально спадает. Регистрируемая плотность тока J , направленного к поверхности Земли, составляет около 10^{-12} А/м² и значимо не зависит от высоты над поверхностью. С набором статистических данных по электрическим замерам выявилось, что напряженность поля (E) имеет суточное колебание. Причем, в какой бы точке Земли не измерялась напряженность, ее максимальное значение приходится на 19 часов по лондонскому времени (Гринвичскому меридиану). Впоследствии это глобальное электроколебание было названо унитарной вариацией электрического поля Земли.

В ключе нашей постановки задачи огромное значение имеет общеизвестный факт, что максимальное количество гроз на земном шаре происходит в окрестности 19 часов по лондонскому времени. Характерно также, что грозоактивные максимумы на Земле располагаются над территорией океанов, где должна наблюдаться обратная [положительная] полярность электрического поля. Эти наблюдательные факты дополняются новыми предположениями В.В.Кузнецова [47] об электрогенерационной роли Мировых магнитных аномалий:

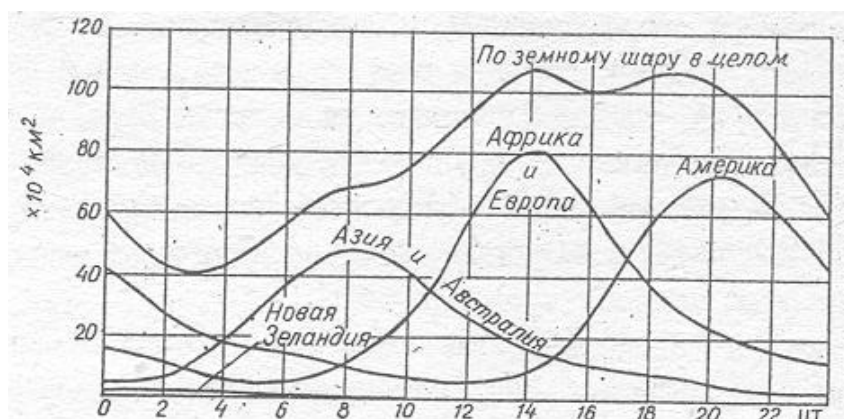


Рис.1. Суточное изменение площади охваченной грозами [27].

две в западном полушарии [Канадская и Бразильская] и две в восточном (Восточно-Сибирская и Южный полюс). Выявленная поглощающая способность космического радиационного материала Мировыми магнитными аномалиями позволяет допускать возникновение течения "тока" к поверхности Земли с большей интенсивностью, чем за пределами площади аномалии. Большие значения вертикальной составляющей магнитного поля, чем горизонтальной (характерное для Восточно-Сибирской аномалии), подкрепляет высказанное предположение, о том, что в районе мировых аномалий могут возникать условия для инверсии знака заряда поверхности земли.

Как уже отмечалось данная постановка задачи вытекает из специфики геолого-геофизических характеристик Горного Алтая, а именно: сгущенной разломной сетью, гелиочувствительностью, высокой встречаемостью природных самосветящихся образований, значительной неравномерностью сейсмичности [12,24] и др. Рассматриваются доводы в пользу того, что территория Горного Алтая, с ее зонами вертикального энергоперетока [34], может представлять собой полигон для широкого развертывания разнообразия энергоемких грозовых процессов при становлении особых признаков регионального изменения климата.

В ключе общего состояния проблемы первым этапом решения задачи грозоактивности Горного Алтая является обнаружение очагов гроз и их миграция по территории во времени. Последующие этапы решения должны выявить энергетические характеристики и экологические следствия грозоактивности. Для решения этих этапов была создана база данных, в которую вошла не только полная совокупность стандартных характеристик гроз за время их регистрации (с 50-х годов). В ходе разработки базы данных за это время были подсоединены и количественные характеристики о геомагнитном режиме, и некоторые гелиофизические показатели.

В общие интерпретационные схемы изучения энергетики, взаимосвязей и картирования грозоактивности Горного Алтая вводилась информация тектонофизического профиля по тому или иному виду взаимосвязей и очагу сгущения гроз. Исследуемая территория является уникальной и по причине размещения на ней тангажных плоскостей ракетных пусков. Сотни ракетных пролетов вызывают длительные турбулентные процессы в нижней ионосфере [7,44] и способствовали модификации газо-плазменных неустойчивостей и физико-химических процессов в стратосферно-тропосферной оболочке [33].

Основной целью постановки данной задачи является обнаружение общего характера изменения грозоактивности на исследуемой территории; выявление взаимосвязей с вариациями магнитного поля в связи с Солнечной активностью и картирование основных очагов с максимальным экологическим риском. В качестве дополнительной цели формулируется задача по выявлению разнообразия физического характера проявления грозоактивных процессов и их приуроченность к зонам вертикального энергоперетока, где максимизируется встречаемость природных самосветящихся образований.

3. Общая характеристика гроз Горного Алтая

Длительное изучение природных самосветящихся образований и сопровождающих их явлений [12,34,50] неизбежно связывалось с наблюдениями и регистрациями гроз. В частности изучался ряд физических полей при прохождении гроз [магнитные вариации, изменение атмосферных электропотенциалов, радиационный мониторинг]. При этом визуально регистрировался характер разрядов в непосредственной близости к грозовому очагу и на расстоянии [особенно с высоких отметок хребтов].

В частности были отмечены разряды: туча-земля, туча-туча, туча-ионосфера. В процентном отношении за период наблюдений 1974-1990 годы было отмечено резкое убывание встречаемости разрядов, которое идет от туча-земля к туча-ионосфера. Отсутствие грозорегистрационной службы не позволяет привести количественные оценки. В последние годы участились "сухие грозы", в том числе и при совершенно ясной погоде. Отмечается также факт большого разнообразия молний: линейные, чёточные, ленточные, шторовые, шаровые, объемные, полосовые, спрайты (спутниковые регистрации). Чёточные молнии представлены своими стандартными проявлениями: прерывистые разряды с четким ярким пунктиром, ленточные - как правило, это медленно и плавно скользящие яркие узкие полосы, шторовые - длинные вертикальные светящиеся и колышущиеся свечения, сопровождающиеся низким негромким гулом (наблюдались в окрестности с. Талда и вблизи с. Курай, в сторону Северо-Чуйского хребта), шаровые - довольно частое явление (с диаметром от см. до метров), наиболее крупные из них давали радарные метки, объемные - полупрозрачные вспышки при слабой облачности (чаще перед основной фазой грозы) с сильным звуком треска "отовсюду", полосовые - сильно напоминают полярное сияние "положенные на бок", горизонтальные полосы группируются друг над другом [3-4 полосы], чаще всего в предгольцовых и гольцовых зонах основных хребтов Горного Алтая. Размеры грозовых туч колеблются в очень широких пределах от 6 км² до 20 км², что в общем совпадает и с размерами равнинных областей. В случае модели плоского конденсатора [42] можно дать приближенную энергетическую оценку среднего "грозового года" Горного Алтая. Пусть средний размер грозового фронта составляет 13 км², т.е. S= 1,3·10⁷ м². Если расстояние между подстилающей поверхностью Земли и тучей принять за L = 10³ м, что для долин может отражать реальное расстояние, то общая разность потенциалов составит U = 10⁵ В. Для такой модели электроемкость, в среднем, составит C = 1, 15 10⁷ Ф, или 0,115мкФ, если вычислять по общей формуле для

$$C = E_0 * S/L, (1),$$

где E₀=8,85 10⁻¹² Ф/м - электрическая постоянная. При всем этом следует иметь в виду огромную разность потенциалов накапливающуюся, особенно в местах с повышенной электропроводностью горных пород. Поэтому, несмотря на малую

электропроводность грозового пространства концентрации электроэнергии, согласно:

$$W = \frac{1}{2} CU^2 (2)$$

Достигают значений $5,75 \cdot 10^{10}$ Дж, что является вполне приемлемой оценкой для основных очагов гроз. Следует принять во внимание характер грозовых процессов в бассейне р. Чемал, или на участке с центром гора Бабырган, где высокочастотные разряды достигают 60 разр/мин. В указанных грозобойных участках в последние десятилетия нарастают разряды типа туча-туча. Эти участки резко выделялись повышенной частотой гроз. Таким образом, энергоактивность гроз на территории Горного Алтая могла превышать 10^{20} эрг/г.

О высокой электронасыщенности и грозобойности атмосферы на территории Горного Алтая свидетельствуют и многочисленные случаи электроразрядных процессов в электросетевой системе мараловодческих хозяйств. Так в хозяйстве сёл Талда и Мульта (Усть-Коксинский р-н) в грозобойные годы отмечались "грозовые забои маралов" (есть акты гибели животных по 10-30 голов). Отмечались также случаи электрического пробоя воздуха (6-ти метрового интервала) у ворот сетевого ограждения маральников, в последние годы учащаются случаи вывода из строя силовых подстанций и грозовых пожаров на автозаправках (например, в с. Онгудай, с. Усть-Кокса и др.).

3.1. Исходная информация и база данных

В общей сложности при изучении грозоактивности Горного Алтая была учтена и обработана информация по 11340 грозам за 1963-1999 годы (в пространстве 24 признаков). Для изучения динамики и интенсивности грозоактивности на территории Республики Алтай были использованы архивные данные гидрометеобюро республики. Для общего анализа отбирались сведения о грозоактивности по всем когда-либо существовавшим метеостанциям на данной территории (табл.1). При этом выяснилось, что некоторые метеостанций функционировали короткое время. Временные интервалы проводившихся на них наблюдений иногда не совпадают. Кроме этого, в изучаемый период времени менялась методика наблюдения и подсчета гроз, что также явилось осложняющим фактором при изучении атмосферного электричества и влияло на характер распределения гроз. Так до и после 1970 года методика определения гроз была разной. При изучении журналов наблюдений отбирались сведения по грозам: дата, время начала и конца, характер грозы. Так же делалась выборка по некоторым другим метеоявлениям: зарницам, смерчам.

Таблица 1

Фрагмент таблицы исходных данных

№ района	Дата	Начало	Конец	Тип	Метеостанция	Номер в БД	Район
----------	------	--------	-------	-----	--------------	------------	-------

8	16.05.55	8:30	8:35	4	Усть-Кокса	5977	У-Коксинск.
8	16.05.55	8:45	8:50	0	Усть-Кокса	5978	У-Коксинск.
8	21.05.55	11:00	11:15	2	Усть-Кокса	5979	У-Коксинск.
8	21.05.55	19:30	19:35	2	Усть-Кокса	5980	У-Коксинск.
8	02.06.55	15:15	18:30	2	Усть-Кокса	5981	У-Коксинск.
9	05.05.55	20:45	21:15	1	Турочак	7067	Турочакский

Трудности данной работы состоят и в недостаточном количестве метеостанций для такой большой и сложной территории. Кроме того, метеостанции располагаются в долинах и межгорных котловинах, а это ведет к недоучету гроз в закрытых высокогорных участках, так что учтенные грозы не исчерпывают весь объем гроз. Техническая оснащенность наблюдений в настоящее время достигла приемлемого уровня, но на территории Горного Алтая продолжают существовать лишь визуальные наблюдения, и необходимость ввода в работу грозосчетчиков интенсивно нарастает. Учитывая исключительное значение территории, работа по изучению грозоактивности проводится нами на основании представленных нам данных метеонаблюдений.

Современный уровень компьютерной техники и программного обеспечения позволяет проанализировать большие массивы пространственно-временных данных, которые характеризуют метеорологические процессы. На начальном этапе производился ввод в компьютер выбранных метеохарактеристик. Данная процедура осуществлялась при помощи электронных таблиц MS EXCEL. Возможности этой программы позволяли рассмотреть графическое распределение гроз во времени и в пространстве (по метеостанциям). Для изучения некоторых других графиков использовалась программа Statistica. Для полного и разнообразного анализа и представления полученных данных на языке DELPHI была написана программа системы управления базами данных [СУБД] "Гроза". Эта СУБД позволяла выбирать из общего массива данные по отдельным метеостанциям и суммарные [по всем метеостанциям]. При этом, возможно, было указать любой временной интервал выборки [по годам и месяцам] и характер метеоявления.

3.2. Расширение пространства признаков

В связи со слабой разработанностью физики гроз в целом и особенно в период модификации климата и грозоактивности на Земле, потребовался дополнительный учет характеристик геолого-геофизической среды и солнечно-земных взаимосвязей. Как уже упоминалось, выявленные прямые и обратные корреляции некоторых видов тропосферных и аэрокосмических явлений [1,27] с солнечной активностью (числа Вольфа) позволяют расширить число учтенных параметров. Это тем более необходимо, поскольку поиск прямых региональных признаков скоростного изменения климата еще только начинается. Именно поэтому мы расширили пространство признаков, как в сторону учета

природных характеристик, так и в сторону скоростных энергоемких техногенных процессов.

В целом работа по разработке базы данных и ее наполнению ориентирована в сторону не только получения данного конкретного результата, но и на пригодность решений в мировой схеме исследований. Следует подчеркнуть, что такая ориентация вытекает из новизны самой проблемы, поэтому подразделение дополнительной информации на: техногенную, геофизическую и гелиофизическую представляется в качестве поискового приема при изучении грозоактивных событий.

Техногенное давление на геолого-геофизическую среду Горного Алтая складывается из двух основных энергоемких процессов: ракетные пуски и ядерные взрывы. В отношении этих процессов уже нет сомнения в силе их воздействия на оболочки Земли (особенно на газоплазменные оболочки). Поэтому в базу данных были включены даты: запусков ракетносителей "Протон" над территорией Горного Алтая и ядерных взрывов на Семипалатинском исследовательском полигоне [СИП] и на Китайском исследовательском полигоне в районе озера Лобнор.

Состояние геолого-геофизической среды учитывалось характером геомагнитного режима. При этом учитывались общепланетарные геомагнитные индексы, которые отражают колебания напряженности магнитного поля Земли: C9, Kp, Ap [15,20] (табл.2). В связи с тем, что землетрясения, как правило, сопровождаются значительным выделением глубинных газов, то важно выяснить влияет ли локальное изменение газового состава природной атмосферы на грозовой режим. Для этой цели в базу данных был введен файл по сейсмической активности Алтае-Саянской складчатой области за исследуемый период времени.

В срезе солнечно-земных взаимосвязей, по мере работы оказалось необходимым также расширить и гелиофизические данные. Помимо пятнообразовательной активности на Солнце нами были учтены: скорость солнечного ветра и активность солнечных меридианов, которые отмечались номером земных суток (от 1 до 27) каждого солнечного оборота вокруг своей оси. Также учтена нумерация оборотов Солнца.

Таблица 2

Таблица расширенного пространства признаков

Солнеч.оборот	Номер солн.дня	Kp	Ap	C9	W	Sun Radio
1628	11	353	38	6	57	91.80
1628	11	353	38	6	57	91.80
1628	11	353	38	6	57	91.80
1628	11	353	38	6	57	91.80

1628	16 167	8	2	19 76.10
1628	17 177	9	2	14 75.70
1628	17 177	9	2	14 75.70
1628	17 177	9	2	14 75.70
1628	17 177	9	2	14 75.70
1628	18 127	6	1	7 74.00
1628	18 127	6	1	7 74.00
1628	18 127	6	1	7 74.00
1628	18 127	6	1	7 74.00
1628	19 173	8	2	7 72.30

Расширение телекоммуникационной и развитие международной сети Internet значительно облегчили доступ к тематическим Мировым Банкам Данных (МБД). Так с ряда серверов МБД в СУБД "Гроза" были введены необходимые количественные данные, которые и расширили исходное пространство признаков, полученное и обработанное из сети метеостанций Республики Алтай.

4. Анализ некоторых результатов исследований

В данном разделе приводятся результаты первого этапа работы по изучению грозоактивности Горного Алтая за исследуемый период. Сразу подчеркнем, что эти результаты в ряде случаев носят предварительный постановочный характер. Обнаруженные корреляции, во многих случаях, нуждаются в дополнительной работе по установлению истинной природы связей. Тем не менее, выделенные эффекты реагирования грозоактивности на природные и техногенные факторы представляются весьма значительными и подлежат учету в разработке версий регионального изменения климата Горного Алтая.

4.1. Техногенное воздействие на грозовой режим Горного Алтая

Рассматриваются скоростные энергоемкие технические процессы влияющие на газоплазменные оболочки Земли [1,7,16]. Дело в том, что изучаемая территория, это особо чувствительная геолого-геофизическая среда, и находится в зоне влияния как огромной серии ядерных взрывов на Семипалатинском ядерном полигоне (СИП), так и прямого воздействия, все еще продолжающихся, высокотоннажных ракетных пусков с ракетодрома Байконур (ракетоносители "Протон" и "Союз").

Реагирование грозовой активности в дни ядерных взрывов по годам

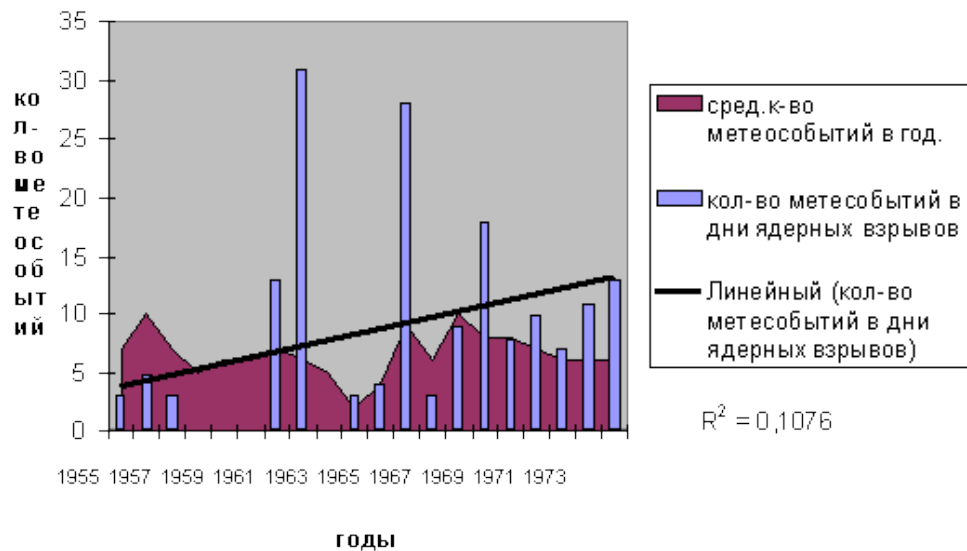


Рис.2. Грозовая активность в дни ядерных взрывов по годам (линия - линейный тренд количества метеособытий в дни ядерных взрывов, R - коэффициент корреляции между средним количеством метеособытий в год и количеством метеособытий в дни ядерных испытаний)

Воздействие ядерных взрывов на метеорологическую обстановку общеизвестно, но обычно такое воздействие рассматривается в ближайшей окрестности испытательных полигонов. Как правило, в этих версиях учитываются прямые метеорологические процессы, возникающие вслед за данным взрывом, без учета трансляций электрически заряженных радиоактивных аэрозолей на далекие расстояния. Перемещающееся в атмосфере радиоактивное облако представляет собой своеобразный "электропровод", который производит опрос качества геолого-геофизической среды. Поэтому в местах локализации знакопеременных магнитных аномалий или повышенной электризации атмосферы, даже слабое радиоактивное облако вызывает сильный метеорологический отклик, сопровождающийся выпадением радиоактивных осадков.

Отметим, что на СИП с 1949 по 1990 годы взорвано 418 ядерных зарядов (из них 343 подземных [51]). Естественно рассматриваются возможные воздействия ядерных взрывов на грозу со стороны воздушных, высотных и наземных типах взрывов. Подчеркнем, что горный Алтай представляет собой "сейсмоприемник" для взрывов на СИП и находится в сейсмической связи с полигоном во всем спектре сейсмических волн. В сильном геолого-геофизическом реагировании находится Горный Алтай и по отношению к ядерному испытательному полигону Китая на оз. Лобнор [5], на котором наземные испытания серии проводились с 1964 по 1980 годы. Подчеркнем также, что основные испытательные серии (во все годы) проводились за пределами сезонных максимумов грозоактивности, т.е. в августе-ноябре. Следует подчеркнуть, что

на Новоземельном испытательном полигоне в режиме подземных взрывов общая энергия взрывов превысила 20 МГт [51].



Рис.3. Встречаемость гроз на территории Горного Алтая в день запуска космических аппаратов (ракетоноситель "Протон").

На рис.2 приведена гистограмма встречаемости гроз по годам, учитывались грозы в дни ядерных взрывов. Согласно данным рисунка выделены грозовые максимумы 1962, 1966, 1969 годов. Отметим: 1962 год характеризуется повышенной работой СИП, на котором было проведено 40 испытаний. На 1966 год пришелся испытательный максимум ядерных зарядов (общей энергией в 3,432 Мт) на Лобнорском полигоне. В 1969 году осуществлено воздушное летнее испытание мощностью в 3,4 Мт тротилового эквивалента. Необходимо учесть, что мегатонные взрывы оказывают сильное воздействие на геодинамический режим особенно в горных системах. Конечно, представленный вид зависимости довольно неопределенный по своей природе и требует дополнительных уточнений.

Воздействие ракетных пусков на грозоактивность изучалась [7,50] и, в частности, установлено, что процессы запуска космических аппаратов стимулируют грозы. В попытке выявить грозовую чувствительность Горного Алтая мы использовали дни пуска высокотоннажных ракетносителей "Протон" с космодрома Байконур. Дело в том, что эти пуски ложатся в веер тангажных плоскостей и по территории республики Алтай. В качестве задачи и рабочего предположения были взяты утверждения о нарастании числа гроз в день ракетных пусков и гипотеза о том, что в день пуска грозы должны "высыпаться" по коридору ионосферной турбулентности, возникающей после проработки плоскости пуска двигательным топливом.

"Съемка" грозоактивности территории республики Алтай в день пуска ракет осуществлялась всеми 26-тью гидрометеостанциями. Таким образом, достигалась объективность опроса территории на реагирование режима

электричества в тропосфере при возникшей ионосферной турбулентности, стадийное затухание которой в некоторых случаях происходило в течение суток [7,44]. На рис.3 представлена интегральная картина распределения гроз в Горном Алтае в сутки ракетных пусков. Проверка нашей гипотезы оказалась успешной, и максимальные сгущения гроз легли вдоль тангажных плоскостей пуска, а именно (с запада на восток) сёла: Кызыл-Озек, Шебалино, Онгудай, Турочак, Улаган.

Таким образом, даже в общей постановке задачи об отклике грозоактивности на ракетные пуски, решение оказывается удовлетворительным и подтверждающим более ранние результаты о стимуляции грозоактивности ракетными пусками. Физика, физикохимия этого эффекта, видимо, еще связана с качеством геолого-геофизической среды территории и с режимом магнитосферных процессов. Далее следует сделать экологоориентированный вывод о том, что наряду с общим нарастанием грозоактивности " ракетный вклад" в энергию и частоту встречаемости гроз будет лавинно нарастать, о чем и свидетельствует грозоактивность Горного Алтая в 2000 году.

4.2. Геомагнитный режим и встречаемость гроз

Рассматривая вопрос взаимосвязи магнитного режима с характером грозовой активности, напомним приуроченность суточного максимума событий ко времени унитарной осцилляции электрического поля Земли [27,33,37]. Именно в сущности данной закономерности лежит основание к тому, что определенное количество гроз, в соответствующих геолого-геофизических средах, должно быть чувствительно к некоторым пороговым дозам возмущения геомагнитного поля. Первая попытка поиска сгущения грозовых событий была успешно осуществлена в середине 90-х годов [15]. Был выявлен на территории США максимум встречаемости торнадо высоких классов (интенсивностью $F \geq 3$). При значении общепланетарного индекса $S_9=6$, к этой величине возмущения геомагнитного поля приурочено в среднем около 80% событий.

Изучение связи пороговых значений геомагнитного поля с грозоактивностью Горного Алтая было затруднено тем, что нет надежной классификации гроз по интенсивности. Поэтому в расчет принимается весь массив данных по всей территории. Для увеличения надежности искомой зависимости были взяты основные общепланетарные коэффициенты оценки интенсивности геомагнитных возмущений - S_9 , K_p , A_p .

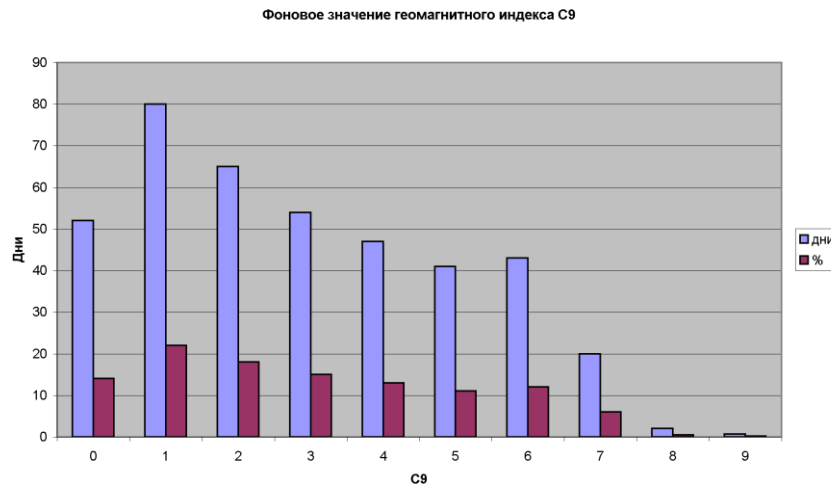


Рис.4. Выявление порогового значения геомагнитного поля для гроз Горного Алтая.

Как уже указывалось, опрос грозовой активности производился имеющимися ГМС, которые расположены на разных гипсометрических уровнях, в разных погодных условиях и в различных геолого-геофизических средах. Не исключено, что особые грозобойные районы и участки с пониженной встречаемостью гроз должны иметь контрастные геолого-геофизические характеристики. Поэтому представляет интерес вопрос о том, во всех ли конкретных обстановках грозы "ощущают" пороговые значения возмущения геомагнитного поля.

С целью проверки данного предположения по индексу C9 (рис.4) была построена гистограмма встречаемости гроз по всем ГМС исследуемой территории. Общий спад грозоактивности с возрастанием величины C9 естественен и связан с уменьшением числа суток с геомагнитными бурями. Обращает на себя внимание всплеск грозовой активности при C9=6. Причем этот всплеск характерен (с той или иной степенью выраженности) для всех ГМС, т.е. для всей территории Горного Алтая. Учитывая ранее полученный результат по выпадениям торнадо на территории США и тот факт, что это значение индекса C9 приходится на наиболее энергоемкие события, то можно сделать следующее правдоподобное предположение. На территории Горного Алтая имеется определенный класс высокоинтенсивных гроз, структурообразование которых и энергия их выявления связана с общим состоянием геомагнитного поля. В связи со значительным возрастанием числа торнадо высших классов в США данное явление сейчас рассматривается как энергоемкий и прямой признак климатических изменений. В этом отношении рост числа особо интенсивных гроз на территории Горного Алтая особенно важен. Поэтому ракетные пуски по тангажным плоскостям через территорию республики в периоды достижения геомагнитных возмущений следует запретить. В случае ракетных стартов при пороговых значениях геомагнитного возмущения может произойти эффект взаимного усиления двух грозопусковых

факторов - техногенного и природного, что может вызвать дополнительные разрушительные метеособытия.

Конечно, этот вопрос требует дополнительной и оперативной доработки. Следует учесть два вида геомагнитных бурь - спорадические и рекуррентные, зависящие от изолированных и рекуррентных солнечных вспышек [20,26,48]. Вполне возможно, что статистика может выявить с каким типом бурь связан всплеск грозоактивности на исследуемой территории, по достижении магнитного возмущения $S9=6$.

Для контроля полученного результата была проведена работа по выявлению взаимосвязи гроз с геомагнитными возмущениями с использованием общепланетарных индексов Kp [15,16] и Ap . Как и следовало ожидать (рис.5) выявляется общий максимум встречаемости всех аномальных метеоявлений и гроз (на рисунке они выведены сплошной ломаной линией). Причем, начиная с $Ap=1$ идет резкое нарастание метеоявлений и гроз, которое максимизируется при $Ap=6$. Далее идет постепенный, но со значительными флуктуациями, спад встречаемости событий. Обращает на себя внимание общее слабое возрастание числа событий в районе значений $Ap=22-30$. Эта интенсивность геомагнитного возмущения, которая соответствует значению $S9=6$. К данному всплеску относятся наиболее энергоемкие события в составе зарегистрированных гидрометеостанциями.

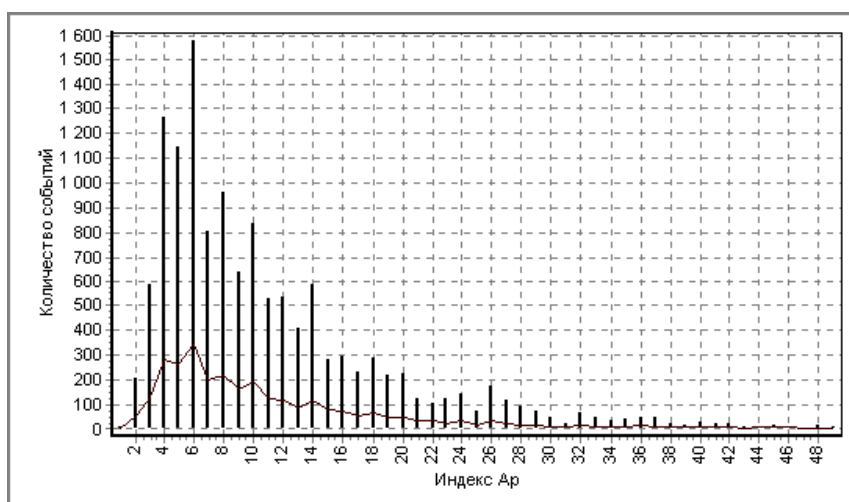


Рис.5. Распределение метеособытий и гроз в отображении на общепланетарный индекс Ap (линия - среднегодовое значение Ap).

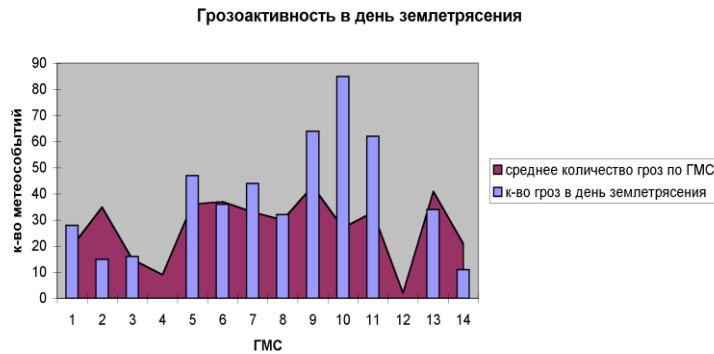


Рис.6. Проявление грозовой активности в день землетрясений по метеостанциям

Надо также учитывать, что имеющаяся положительная корреляция между числом гроз и интенсивностью сейсмичности [20,40,45] модифицирует грозоактивность в сейсмонагруженных районах (меридиональные хребты восточных районов Горного Алтая) (рис.6). Для этих районов будет перемежаемость сейсмических и грозовых процессов во времени, чем частично и объясняется дрейф основных очагов гроз.

Здесь надо указать на двойственный характер влияния на грозы со стороны ядерных взрывов. С одной стороны они наращивают число гроз, а с другой - уменьшают вызывая дополнительные неопределенности в сейсмонагруженных районах.

4.3. Солнечная активность и грозовой режим Горного Алтая

Изучение взаимосвязи грозоактивности Земли и солнечной активности, по мере развития космических средств изучения солнечно-земных связей, быстро нарастает [32,54-57,61]. Довольно быстро активизируются и наземные средства изучения некоторых видов связи грозовой деятельности с активностью Солнца в региональной и общепланетарной постановке [6,11,14,21,31,59,61].

В данном разделе излагаются результаты работы, развернувшиеся в ключе экологоориентированных задач [9,10,16]. Явно региональный характер исследований местами в силу специфики предмета изучения дорастает до общих вопросов солнечно-земных взаимосвязей. Это становится неизбежным в связи с нашей трактовкой грозового процесса не с позиций метеорологической аналитики и предположений, а с позиций взаимодействия оболочек Земли, т.е. в ключе феноменов вертикального энергоперетока [4,8,13,34,36]. Естественно, что в этой постановке роль энергоемких процессов в геолого-геофизической среде становится господствующей. Именно в этом ключе и строится сценарий изучения связи гроз Горного Алтая с солнечной активностью. В частности, в связи с его отчетливой гелеочувствительностью, представляется важной задача по обнаружению чувствительности Горного Алтая на инверсию знака солнечных пятен при переходе от цикла к циклу. Практически важен вопрос

производительности гроз четными и нечетными циклами, а также выявления "грозоактивного" солнечного меридиана.

Выявление регионального реагирования грозоактивности на четность солнечного цикла проводится впервые. В этом отношении сама постановка задачи расширяет диапазон отслеживаемых параметров по солнечно-земным взаимосвязям. Была составлена общая таблица более чем по 13 тыс. гроз. По всем гидрометеорологическим станциям Горного Алтая, согласно ряду солнечных циклов (19, 20, 21, 22) было выявлено количество гроз. Каждая строка цикла включала в себя последовательность чисел гроз по данной ГМС. Таким образом, как и в случае с поиском связи гроз геомагнитным режимом, была опрошена вся исследуемая территория. При этом оказалось, что из 13 ГМС, охвативших своими регистрациями два солнечных цикла, 6 станций дали значительное преимущество нечетных циклов по грозоактивности. И лишь по двум станциям отмечены преимущества четных циклов.

Таблица 3

Грозоактивность Горного Алтая в разные солнечные циклы

Номер солнечного цикла	min				max			
	годы		значения		годы		значения	
	грозы	Солнечная активность	Нсред	Wсред.	грозы	Солнечная активность	Нсред.	Wсред.
19	1964	1964-65	218	27,6	1956	1957	340	142,6
20	1976	1974-76	270	36,5	1968	1968	341	91,4
21	1987	1986-88	184	41,3	1978	1979	349	114,0
22	1998	1996-97	147	28,6	1990	1989-91	231	118,9

Таким образом, с учетом техногенных воздействий на грозовой режим Горного Алтая, отчетливо прослеживается реагирование гроз на четность знака солнечного цикла. Из всех ГМС, работавших полный мониторинговый срок, лишь 15,4% зарегистрировали возрастание числа гроз в четные солнечные циклы (20,22). Чёткое преимущество нарастания гроз в нечетные солнечные циклы (21,23) зарегистрировало в ГМС (46,2%). Незначительное преимущество нечетных циклов зарегистрировано 38,4% от всех ГМС. Этот способ опроса гелиочувствительности территории Горного Алтая подтвердил ранее обнаруженный эффект.

Представляется весьма важным обнаружить дополнительные факты высокой степени гелиочувствительности Горного Алтая. Естественно, что при положительной региональной корреляции грозоактивности и солнечной активности должны появиться статистические закономерности в высыпании гроз по шкале времени. Это предположение легко проверить сравнением эпох грозоактивности и циклов солнечной активности. Наиболее характерным

проявлением солнечной периодизации активности является наличие пятнообразовательных солнечных минимумов и максимумов, которые разграничивают циклы и устанавливают точки перегиба кривой активности данного цикла. Именно на годовые отметки минимума и максимума 4-х солнечных циклов и ложатся грозовые минимальные и максимальные отметки (табл. 3). Особенно точно грозовые минимумы и максимумы ложатся на максимумы солнечной активности. Характерно, что двухвершинный 22-ой солнечный цикл (1989-1991г.) в реагировании грозовой активности Горного Алтая получил среднегодовую отметку (1990г.) Надо подчеркнуть, что грозоактивность частично опережает солнечные максимумы, т.е. на этапе подхода к максимуму на Солнце активизируются грозоэффективные процессы. Таким образом, выявленный волновой процесс затухания и возрастания грозовой активности в Горном Алтае полностью подчинен солнечной активности и является звеном в солнечно-земных взаимосвязях.

Таблица 4

Таблица чисел регистрации гроз на ГМС Горного Алтая по номерам солнечных циклов.

Номер ГМС	преимущество нечетных циклов					слабое преимущество нечетных циклов					Преимущество суммачетных циклов			
	12	2	6	8	7	3	9	10	11	14	5	13	4	13.
Номер солн. цикла														
19	250	450	400	340	370	25	440	260	250	240	410	250	90	287
20	10	250	360	260	250	90	420	300	350	210	360	350	90	246
21	400	200	350	320	360	30	470	460	650	100	350	180	30	295
22	300	120	75	150	160	100	330	320	450	100	340	200	180	197
Отношение четного к нечетному	0.48	0.57	0.58	0.62	0.62	0.69	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	1.28	2.37	0.76

Обращает на себя внимание пространственное размещение районов восприимчивости четности Солнечных циклов (табл.4). Характерно, что отчетливая инверсия знака реагирования на четность циклов выявлена на двух ГМС. Сближенные по соседству станции (3 - Уландрык и 4 - Бертек) локализируются в крайней высокогорной юго-юго-западной части Горного Алтая. Следует также указать на геолого-геофизическую специфику данного района, в котором локализованы значительные месторождения металлических полезных ископаемых (Шибеты, Калгуты) и отмечается отчетливая аридность климата.

Завершая рассмотрение грозовых процессов в исследуемом регионе, представляется важным (как теоретически, так и практически) выявить грозоактивные меридианы на Солнце. Для этого всю учтенную совокупность гроз разнесли по земным суткам каждого солнечного оборота за исследуемый интервал времени. Двадцатисемисуточная развертка всех солнечных оборотов на рис. 7 представлена в виде

ломаной кривой. Обращает на себя внимание десятисуточный интервал (с 12 по 21-ые сутки), на который приходится около 60% всех гроз. Характерно, что к началу и концу солнечного оборота растет градиентность кривой. Согласно данным распределения гроз по земным суткам солнечного оборота следует предположить, что грозоактивные меридианы на Солнце имеются и приходятся на интервал 12-21 земных суток.

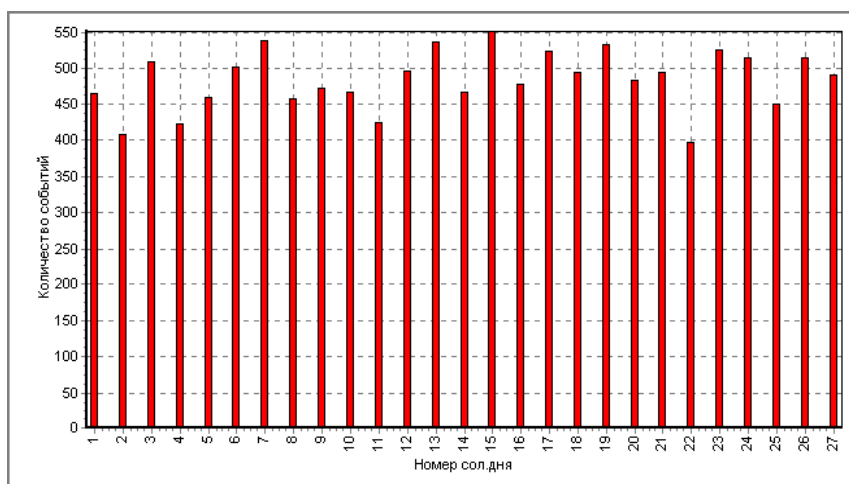


Рис.7. Распределение гроз по земным суткам солнечных оборотов за исследуемый период.

Уместно высказать ряд предположений о механизме реагирования грозоактивности исследуемого региона на геоэффективные процессы на Солнце. Известный процесс инверсии знака магнитного поля солнечных пятен на Северном и Южном полушарии может ощущаться электромагнитным каркасом Горного Алтая. Причем этот отклик на инверсию знака в пределах большого Алтая имеет двойкий характер: большая часть территории в отношении грозопродуктивности откликается на нечетные циклы и лишь высокогорное плоскогорье Плоскогорье Укок откликается повышением числа гроз на четные циклы.

Выводы

1. Учет признаков скоростного изменения климата Земли привел к интенсификации изучения глобальной, региональной и локальной грозоактивности. Отмечается по спутниковым и наземным регистрациям гроз, что за последние годы произошли значительные модификации грозопроявлений. Направление этих модификаций связано с общим ростом энергоемкости, разнообразия и географии гроз. За последнее десятилетие грозоактивность предстала в виде основного экологического риска.
2. Неизбежность регионального учета изменения климата в первую очередь потребовала изучения энергоемких процессов в горных районах. Специфика геолого-геофизической среды Горного Алтая проявляется в характере грозовых процессов. Проведенная мобилизация исходных

данных (за 1955-1998 гг.) по грозоактивности позволила региональную информацию подвергнуть многоцелевому исследованию по компьютерным технологиям. Построение базы данных и разработка СУБД "Гроза" перевели всю информацию о грозах в состояние широкого исследовательского и практического пользования.

3. Конкретное изучение таблиц исходных данных и рабочих таблиц с расширенным пространством признаков (данные по гео- и гелиофизической обстановке) позволило уже на первом этапе работ выявить значительные закономерности проявления гроз во времени и пространстве. В частности выявлены связи геоактивного режима с проявлениями гроз, установлено пороговое значение геомагнитного возмущения ($S_9=6$, $A_p=11-28$) стимулирующее наиболее интенсивные грозы. Выявлена значительная положительная связь циклов солнечной активности с периодизацией гроз в Горном Алтае, как в режиме временного согласования минимумов и максимумов активности и гроз так и в плане обнаружения "гелиочувствительных" участков. Проведена также первичная работа по обнаружению техногенного влияния (ядерные взрывы и ракетные пуски) на режим грозовой активности. Выявлено, что очаги гроз мигрируют по территории Горного Алтая.

Литература

1. Авакян С.В. Аномальные аэрокосмические явления - геофизический аспект // Геомагнетизм и аэрономия. 1999, том 39, №1. С.3-9.
2. Анисимов С.В., Мареев Е.А. Аэроэлектрические структуры в атмосфере // ДАН, 2000, том 37, № 1. - С. 101-104.
3. Арабаджи А.К. Грозы и грозовые процессы. Минск: Наука. - 1960. - 368 с.
4. Баласанян С.Ю. Динамическая геоэлектрика. Новосибирск: Наука, 1990. 232 с.
5. Барри Д. Шаровая молния и четочная молния. М.: Мир, 1983. 264 с.
6. Бузевич А.В., Дроенини Г.И., Фирсов П.П. и др. Гелиогеофизические эффекты, предвещающие Кроноцкое землетрясение 5 декабря 19977 г., $M=7,7$ // Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1977 года, предвестники, особенности, последствия. Петропавловск-Камчатский, 1998. С.177-188.
7. Власов М.Н., Кричевский С.В. Экологическая опасность космической деятельности: Аналитический обзор. М.: Наука, 1999. 240 с.
8. Воробьев А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // Геология и геофизика. №2, 1970. С.124-128.
9. Глобальные изменения природной среды и климата // Избр. тр-ды. Отдельн. вып. М., 1996. - 434 с.
10. Головков В.П., Чернова Т.А. Роль главного магнитного поля Земли в процессах обуславливающих влияние геофизических явлений на окружающую среду и климат // Геомагнетизм и аэрономия. Т.37, №6, 1997. С.113-121.

11. Дегтярев В.И., Надубович Ю.А., Платонов О.И., Шумилова Н.А. О характере корреляции географического распределения полярных сияний и аномального геомагнитного поля // Полярные геомагнитные возмущения и связанные с ними явления. Апатиты, 1989. С.16-20.
12. Дмитриев А.Н. Природные самосветящиеся образования. Новосибирск: изд-во Ин-та Математики, 1998. 243 с.
13. Дмитриев А.Н., Дятлов В.Л. Некоторые направления исследования свойств природных самосветящихся образований на основе модели неоднородного физического вакуума // Вестник МИКА. Новосибирск. Вып.5. 1998. С.20-29.
14. Дмитриев А.Н., Кочеева Н.А. Грозоактивность как экологический фактор на территории Горного Алтая // Экология и рациональное природопользование на рубеже веков. Итоги и перспективы (Материал. межд. конф. 14-17 марта 2000 г.). Том 2. Томск. - С.143-146.
15. Дмитриев А.Н., Тетенев А.В., Шитов А.В. Изучение пространственного распределения природных катастрофических процессов на территории США с помощью ГИС-технологий ГИС для устойчивого развития окружающей среды. ИНТЕРКАРТО-4. Барнаул,- 1998. С. 114-116.
16. Дмитриев А.Н., Шитов А.В., Кочеева Н.А. Некоторые особенности экологических исследований Горного Алтая // 300 лет горно-геологической службе России: История горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые. Барнаул: Изд-во АГУ, 2000. - С.408-472.
17. Дружин Г.И., Торопниченко Т.В., Шапаев В.И. Регулярный шумовой фон в ОНЧ-излучении и мировые очаги гроз. Геомагнетизм и аэрономия. Т.28, №1, 1998. С.81-86.
18. Дубовой Э.И., Михайлов м.С. Энерговыделения и токи в обратных ударах молний // Метеорология и гидрология, 2000, № 3. - С.47-54.
19. Загадки Космоса // Вестник РАН. 1998, №8. С.735-740.
20. Казаков В.В., Солоницына Н.Ф., Чепуренко Л.В., Шингаркин Н.Д. Связь возмущенности геомагнитного поля с гео-гелиофизическими параметрами // Полярные геомагнитные возмущения и связанные с ними явления. Апатиты, 1989. - С.42-46.
21. Клейменова З.П. Об изменении грозовой активности в солнечном цикле // Метеорология и гидрология. 1987, №8. С.64-68.
22. Козлов В.И., Муллаяров В.А. Инструментальные наблюдения грозовой деятельности в Якутии в 1993-94 гг. // Метеорология и гидрология. №2, 1996. С.105-109.
23. Корнилов И.А. ОНЧ-эмиссии и электронные высыпания стимулированные излучением гармоник линий электропередач // Геомагнетизм и аэрономия, 2000, том.40, № 3. С.124-129.
24. Летников Ф.А. Синергетика среды обитания человека // Земля и Вселенная. №5, 1998. С.17-25.
25. Литинский . Предвестники подземных бурь. М.: 1988. 128 с.

26. Марков М.Н., Мустель Э.Р. Пространственно-временные эффекты солнечно-земных связей в тропосфере и термосфере // Астрон. журнал. 1983, т.60, вып.3. С.417-421.
27. Марксон Р. Атмосферное электричество и проблемы связи между солнечной активностью и погодой // Солнечно-земные связи, погода и климат. М.: Мир, 1982. С.242-264.
28. Моргунов В.А. Электрические явления, предшествующие Шикотанскому землетрясению и его афтершокам // ДАН, 1998, том 359, №1. С.102-105.
29. Моргунов В.А. К природе литосферно-ионосферных связей // Физика Земли, 1988, №5. С.80-105.
30. Морозова Л.И. Динамика облачных аномалий над разломами в периоды природной и наведенной сейсмичности // Физика Земли. 1997, №9. 94-96.
31. Муллаяров В.А., Каримов В.М., Мурзаева Н.Н. Связь грозовой деятельности с солнечной активностью по наблюдениям фонового ОНЧ-излучения // Метеорология и гидрология. 1998, №8. С.48-56.
32. Открыто новое атмосферное явление // Природа. №11, 1994. С.116.
33. Орленок В.В. Физика и динамика внешних геосфер. М.: Недра, 1985. 182 с.
34. Плазмообразование в энергоактивных зонах // Дмитриев А.Н., Похолков Ю.П., Протасевич Е.Т., Скавинский В.П. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1992. 212 с.
35. Плоткин В.В. О проникновении атмосферных электрических полей от Земли к ионосфере. Новосибирск, 1990. (Препр. Ин-та геологии и геофизики СО РАН, №2). 9 с.
36. Родионов Б.У. Гипотетические магнитные монополи в атмосфере Земли // ДАН, том 350, №5, 1996. С.684-686.
37. Свиркунов П.Н. Диффузионный механизм формирования электрического поля в приземном слое атмосферы // Тр. эксп. метеорологии. М.: Гидрометеиздат, 1987. Вып. 44. С.3-8
38. Смирнов Б.М. Физика шаровой молнии // УФН, 1990, т.160, вып.4. С.1-45.
39. Солнечно-земные связи, погода и климат/ Под ред. Б. Мак Кромака и Т. Селиги. - М.: Мир, 1982, - 382 с.
40. Сорокин В.М., Яценко А.К. Возмущение квазистационарного электрического поля в атмосфере над сейсмоактивными районами // Химическая физика. - 2000, том. 19, № 6. - С. 71-80.
41. Сытинский А.Д., Оборин Д.А. Воздействие возмущенной планетной среды на сейсмичность и атмосферу Земли // Геомагнетизм и аэрномия. Т.37, №2, 1997. С.138-141.
42. Тарасов Л.В. Физика в природе. М.: Просвещение, 1988. 351 с.
43. Торошелидзе Т.И. О возмущении в верхней атмосфере Земли, предшествующих землетрясениям. Сообщ. АН Грузинской ССР, №126, №1, 1987. С.77-80.
44. Фаткулин М.И. Физика ионосферы. Итоги науки и техники. Геомагнетизм и высокие слои атмосферы. М.: ВИНТИ. 1982, т. 6. 224 с.

45. Федоров В.М. Гравитационный аспект циклических изменений солнечной активности и природных оболочек Земли // Изв. АН, сер. географ., № 6, 1997. С.30-39.
46. Фейнберг Е.Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М.: Наука: Физматиздат, 1999. 496 с.
47. Физика Земли: Новый взгляд на некоторые проблемы // В.В. Кузнецов, Н.Н. Семаков, В.Н. Доровский, П.Е. Котляр. Новосибирск: Наука, 1989. 128 с.
48. Чистяков В.Ф. Особенности солнечной активности за последние 20 тыс. лет // Солнечная активность и ее влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука. 1996. - С. 106-123.
49. Шитов А.В. Природные самосветящиеся образования как экогеологический фактор на территории Горного Алтая. Автореферат дисс: канд. геол.мин.наук. Томск, 1999. - 22 с.
50. Ядерные испытания СССР. М.: ИЗДАТ, 1997. - 304 с.
51. III Международный симпозиум по шаровой молнии УФЧ. Т.163, №5. С.124-125.
52. Kerr R.A. Magnetic "jerk" gaining wider acceptance // Science. 1984. Vol.225, № 4667. P. 1135-1136.
53. Nature. 1996. V.379, № 5588. P.799.
54. New Scientist. 1997, v.153, № 2076. P.26.
55. New Scientist. 1998. V.158, № 2136. P.27.
56. New Scientist. 1995. V.148, № 17. P.
57. Rycroft M.J. Smith A.J. Jones D. Et set. Global geospace study "Nature", 1984, 310, № 5977, P.499.
58. Science. 1997, v.276, № 5314. P. 934.
59. Sozou C. Electrical discharges and intense vortices. Proc.R.Soc. Lond. A.392, p.415-426 (1984). Printed in Great Britain.
60. Frank L.A. et al. The Theta Aurora // J. Geophys. Res. 1986. Vol.92. A.3. P.3177-4224.
61. Winckler J.R., Lyons W.A., Nelson T.E., Nemzek R.J. New High - resolution ground-based of sprites // J. Geophys. Res. D. 1996. 101, № 3. P. 6997-7004.