

А.Н. Дмитриев, А.В. Шитов,
Н.А. Кочеева, С.Ю. Кречетова

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЖГЕОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО АЛТАЯ

Показано, что важной функцией реагирования различных процессов на Земле на солнечно-земные взаимосвязи являются характеристики геолого-геофизического строения, их динамические параметры. В данной статье показывается влияние солнечно-земных взаимосвязей на грозовую активность, на землетрясения и влияние землетрясений на грозовую активность и их синергетические взаимодействия.

В настоящее время в России и за рубежом активно проводятся исследования по изучению пространственных и временных закономерностей солнечно-земных взаимосвязей. Данные исследования производятся на глобальных, региональных и локальных уровнях и выявлено, что различные объекты (геологические, биологические) могут реагировать на внешние воздействия (солнечно-земные взаимосвязи) плавными, ритмическими, импульсными и шумовыми изменениями. При этом разные однородные объекты могут реагировать на одни и те же воздействия одинаково, а могут и по-разному. Нами предполагается, что важной функцией реагирования различных процессов на Земле на солнечно-земные взаимосвязи являются характеристики геолого-геофизического строения, их динамические параметры. В данной статье мы покажем некоторые закономерности межгеосферных процессов Горного Алтая и их синергетические взаимодействия.

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ГРОЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО АЛТАЯ

Солнечная активность оказывает большое и в некоторых случаях определяющее значение на геофизические и метеорологические процессы [1; 2]. Поэтому нами был произведен анализ степени влияния Солнечной активности на грозовую активность Горного Алтая.

Характеристика грозовой активности по гидрометеостанциям (ГМС) Горного Алтая за разные солнечные циклы (19–23 солнечный цикл) выявила неоднородное проявление гроз в разные солнечные циклы. Обращает внимание активизация метеоявлений по ряду ГМС (рис. 1).

Для детального анализа влияния солнечной активности на грозовую активность отдельных районов Горного Алтая, где расположены ГМС нами были произведены следующие расчеты.

Рассчитывалось влияние Солнечной активности на грозовую активность каждой ГМС по следующей формуле:

$$K = N_W / (A * M),$$

где: K – индекс проявления гроз при определенной солнечной активности; N_W – общее количество гроз по ГМС в дни с определенными числами Вольфа (W); A – всего гроз по ГМС; M – общее количество дней, с определенными значениями чисел Вольфа за изучаемый период (во время наблюдения гроз).

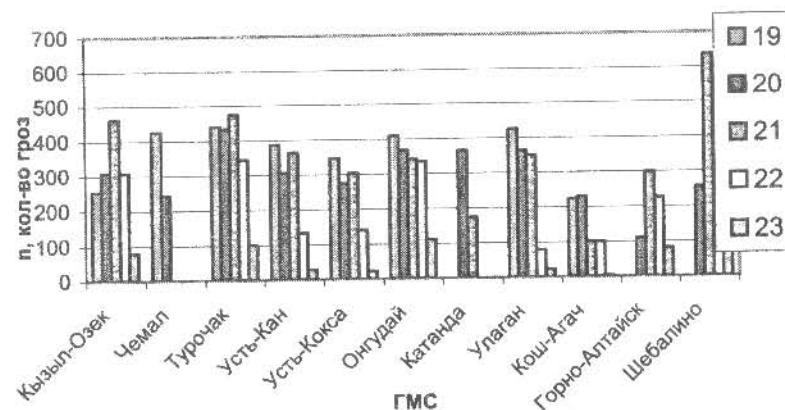


Рис. 1. Проявление грозовой активности за 19–23 циклы солнечной активности

Таким образом, при нормировании числа гроз на общее количество гроз в дни с определенными числами Вольфа по ГМС и на общее количество дней с определенными числами Вольфа нами были отфильтрованы региональные характеристики каждой ГМС и выявлялись общие закономерности влияния солнечной активности на грозовую активность Горного Алтая (рис. 2).

Выделенные значения количества гроз произошедших в дни с различными значениями чисел Вольфа по каждой ГМС показывают, в какие дни Солнечной активности чаще всего происходят грозы на территории Горного Алтая. При этом было получено, что грозовая активность наиболее интенсивно протекает в дни с высокими значениями чисел Вольфа (110 и более).

После этого, были рассчитаны коэффициенты взаимной корреляции полученных индексов между ГМС Горного Алтая (табл. 1).

Полученные коэффициенты взаимной корреляции свидетельствуют об общих структурных характеристиках изучаемой территории Горного

Алтая, определяющих степень влияния солнечной активности на грозовую активность (табл. 1).

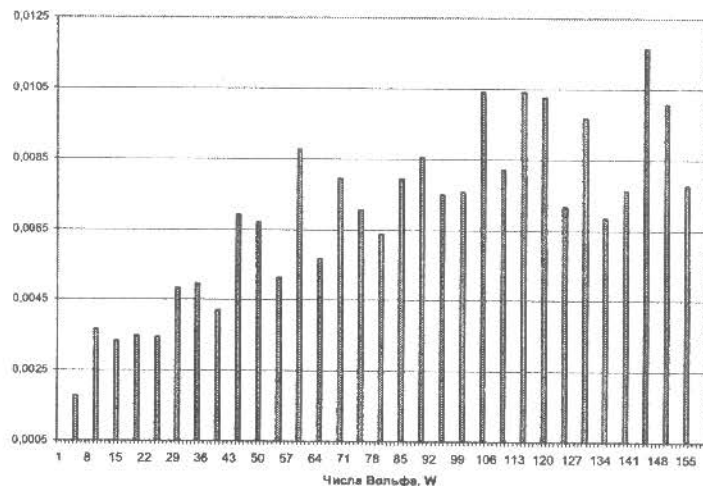


Рис. 2. Индекс проявления гроз при определенной Солнечной активности (ГМС Онгудай)

Таблица 1
Коэффициенты корреляции индекса реагирования грозовой активности на Солнечную активность (жирным выделены значимые величины)

	1	2	3	4	5	6	7
Огундай		-06	-07	91	00	03	90
Горно-Алтайск				-14	-07	10	34
Чемал				-08	-10	27	50
Уландрык						-05	-07
Бертек						-04	-05
Улаган							23
Усть-Кан							
Усть-Кокса							
Турочак							
Кызыл-Озек							
Шебалино	97	14	-12	90	00	05	90
Ак-Кем							
Катанда							
Кош-Агач							

Продолжение табл. 1

	8	9	10	11	12	13
Огундай	91	80	90	24	39	35
Горно-Алтайск	09	03	26	14	19	23
Чемал	55	34	40	-19	20	62
Уландрык	93	97	73	90	07	24
Бертек	-08	01	-03	22	36	05
Улаган	12	42	22	03	07	45
Усть-Кан	98	88	96	13	39	66
Усть-Кокса		83	83	91	11	35
Турочак			88	16	30	56
Кызыл-Озек				90	25	43
Шебалино	91	80	90	24	43	37
Ак-Кем					19	-01
Катанда						32
Кош-Агач						

Примечание. Цифрами в вертикальных столбцах обозначены: 1. Огундай. 2. Горно-Алтайск. 3. Чемал. 4. Уландрык. 5. Бертек. 6. Улаган. 7. Усть-Кан. 8. Усть-Кокса. 9. Турочак. 10. Кызыл-Озек. 11. Ак-Кем. 12. Катанда. 13. Кош-Агач

По степени реагирования грозовой активности на солнечные процессы выделяются два типа ГМС:

1. имеющие значимые коэффициенты взаимной корреляции с солнечной активностью: Шебалино, Онгудай, Усть-Кан, Усть-Кокса, Кызыл-Озек, Уландрык, Турочак;

2. не имеющие значимых коэффициентов взаимной корреляции: Катанда, Кош-Агач, Улаган, Горно-Алтайск.

На основании полученных данных мы можем объединить территории ГМС с высокой степенью реагирования грозовой активности на солнечные процессы, как имеющие общие структурные особенности, определяющие их энергоёмкость.

Для изучения влияния земных суток солнечного оборота на грозовую активность территории нами была произведена выборка грозовой активности за разные сутки солнечного оборота по ГМС. Затем, было рассчитано среднее значение и дисперсия. Данная операция позволила оценить степень изменения количества гроз в различные дни земных суток солнечного оборота. Наибольшей дисперсией отличается значения гроз по ГМС Турочак, Шебалино, Онгудай, Кызыл-Озек. Таким образом, мы статистическим методом подтвердили реагирование грозовой активности на изменение характеристик солнечной активности.

Приведенные результаты могут служить еще одним подтверждением, во-первых, реагирования атмосферных процессов на процессы на Солнце, и, во-вторых, уникальности по пестроте самих грозовых проявлений. Районы Горного Алтая в разное время увеличивают или в соответствии с геолого-геофизическим качеством на данное время снижают реакцию на процессы, происходящие на Солнце. В этом отношении можно предполагать наличие природного механизма, который позволяет сбалансировать поступающую солнечную энергию с электрическим состоянием зон вертикального энергоперетока, что в свою очередь позволяет геоферам по-разному реализовывать тектонофизические напряжения. Вполне возможно, что реагирование атмосферных процессов контролирует геодинемическая активность Горного Алтая, в свою очередь, реагирующая на солнечно-земные взаимосвязи [3–5].

ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ВОЗМУЩЕНИЯ НА ГРОЗОВУЮ АКТИВНОСТЬ ГОРНОГО АЛТАЯ

В связи с тем, что грозовые процессы являются частью энергоемких процессов в атмосфере, нами были проанализированы распределения грозовой активности в дни с различной геомагнитной активностью.

Анализ грозовой активности производился по имеющимся сети ГМС, расположенных на разных гипсометрических уровнях, в разных погодных условиях и в различных геолого-геофизических средах. Не исключено, что особые грозоактивные районы и участки с пониженной встречаемостью гроз должны иметь контрастные геолого-геофизические характеристики. Поэтому возникает вопрос о том, как проявляется грозовая активность на разных ГМС в дни с различными индексами геомагнитной активности.

С целью решения данного вопроса по общепланетарному геомагнитному индексу S_9 была построена гистограмма встречаемости гроз по всем ГМС исследуемой территории (рис. 3). Выделяются грозовые очаги (Шебалино, Онгудай, Кызыл-Озек, Турочак, Улаган). Показано, что больше всего грозовая активность проявляется в дни с геомагнитной активностью $1 \leq S_9 \leq 3$.

Общий спад грозовой активности с возрастанием величины S_9 естественен и связан с уменьшением числа суток с геомагнитными бурями. Обратим внимание, что нормирование общего количества наблюдаемых гроз в дни с разными значениями геомагнитной активности S_9 не повлияли на внешний вид графика.

Для дальнейшего изучения влияния геомагнитной активности на грозовую активность Горного Алтая мы провели нормировку количества

гроз в дни в разном индексом геомагнитной активности S_9 на общее количество дней с определенными значениями индекса геомагнитной активности (за наблюдаемый период). Данной операцией мы учли общее количественное распределение гроз в дни с различной геомагнитной активностью (рис. 4).

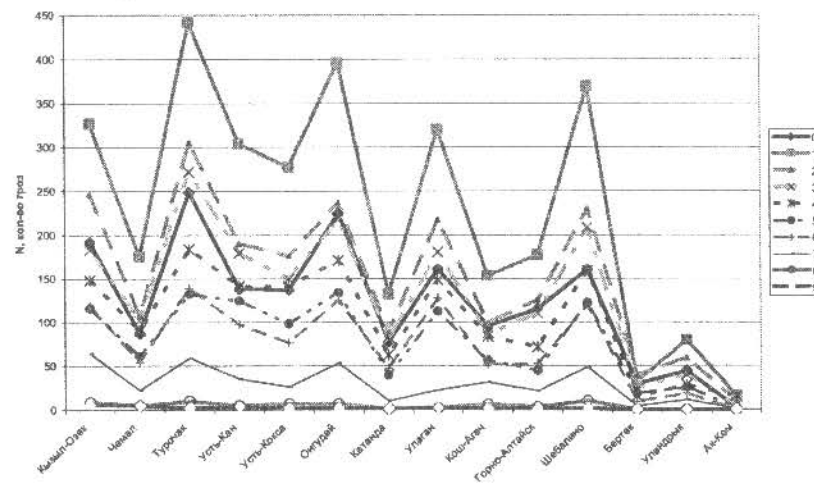


Рис. 3. Проявление грозовой активности в дни с различным индексом S_9 (по ГМС)

Нами зафиксировано реагирование ряда ГМС Горного Алтая на геомагнитные возмущения. Выявленный нами факт реагирования грозовой активности на Солнечную активность позволяет сделать предположение о различной степени реагировании территорий Горного Алтая, на которых расположены ГМС. Наиболее активной на процессы на Солнце является ГМС Шебалино. Здесь расположен самый интенсивный грозовой очаг в Горном Алтае. Также данный очаг реагирует на изменение геомагнитной активности. Представленная корреляционная матрица (табл. 2) реагирования грозовой активности на Солнечную активность представляет следующий ряд ГМС, имеющих высокий коэффициент корреляции: Онгудай, Усть-Кокса, Уландрык, Усть-Кан, Турочак.

В представленном ряду, ГМС Турочак является самым интенсивным грозовым очагом в регионе и в тоже время этот грозовой очаг не очень сильно реагирует на Солнечно-земные процессы.

Вполне возможно, что фактором, определяющим степень реагирования грозовой активности на процессы на Солнце являются характеристики гео-

лого-геофизического строения. В представленном ряду ГМС таким фактором может служить наличие вблизи данных ГМС активных разломов.

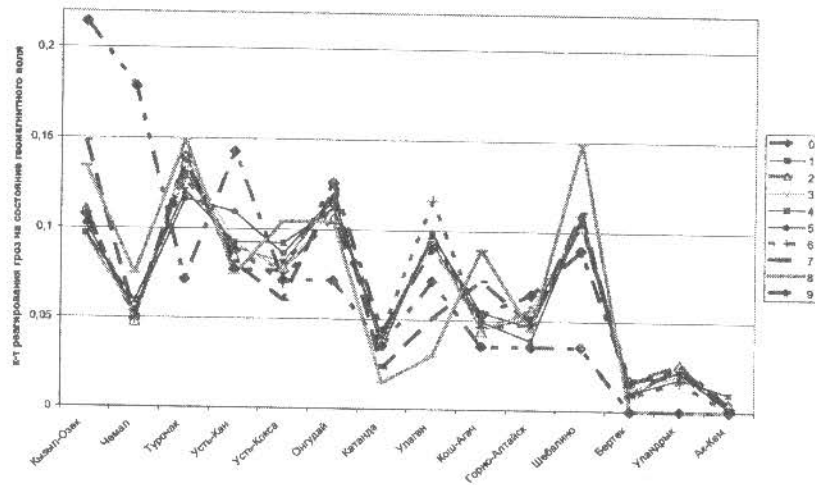


Рис. 4. Изменение коэффициента проявления гроз при разном индексе геомагнитной активности C9 (по ГМС)

Учитывая выявленные ранее закономерности реагирования низкоширотных полярных сияний, активности проявления природных самосветящихся образований [4, 5], грозовой активности [2], мы можем провести картирование реагирования атмосферных процессов на солнечно-земные взаимосвязи.

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА СЕЙСМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГОРНОГО АЛТАЯ

В ряде работ (Сытинский, 1973; Казаков, Солоницына и др., 1986; Сытинский, 1998; [8]) на обширном статистическом материале показано влияние солнечной активности на сейсмический режим Земли на глобальном, региональном и локальном уровнях. Для нас представлял интерес характер взаимосвязей Солнечной, геомагнитной и сейсмической активности на территории Алтая, как на одной из самых сейсмически активных территорий России.

Для изучения влияния процессов на Солнце на сейсмический режим Алтая нами изучалось распределение количества землетрясений Алтая по земным суткам солнечного оборота (рис. 5). Анализ показал, что имеется крайне неравномерный характер проявления землетрясений, выраженный

в максимуме, который приуроченный к 11–12 суткам солнечного оборота. Данная закономерность может быть связана с расположением геоэффективных меридианов на Солнце и прохождением пятен через них.

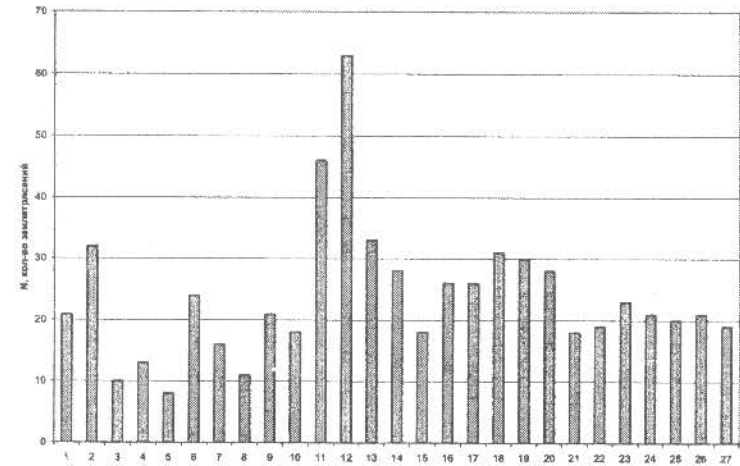


Рис. 5. Распределение количества землетрясений по земным суткам солнечного оборота

ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Общий анализ распределения землетрясений по дням с различным значением индекса геомагнитной активности C9, показал, что выделяются дни со значением индекса C9 = 3 [8]. Для выявления закономерностей данного явления нами было произведено нормирование количества землетрясений происходивших в дни с разным значением индекса C9 на общее количество дней с данными значениями индекса C9. В результате более контрастно выделились дни с индексами C9 = 1 и C9 = 3 (рис. 6).

Для детального изучения влияния геомагнитной активности на сейсмический режим Горного Алтая нами использовались данные индекса геомагнитной активности Kp и база данных ОИФЗ РАН по землетрясениям Алтая и западных Саян, ограниченная географическими координатами 48–52°E и 46–52°N.

В связи с тем, что характер распределения суммарных значений Kp за разные интервалы времени различаются (рис. 7), то выборки были разделены на несколько временных интервалов: 1953–1969 (133 события) и 1980–1995 гг. (147 событий).

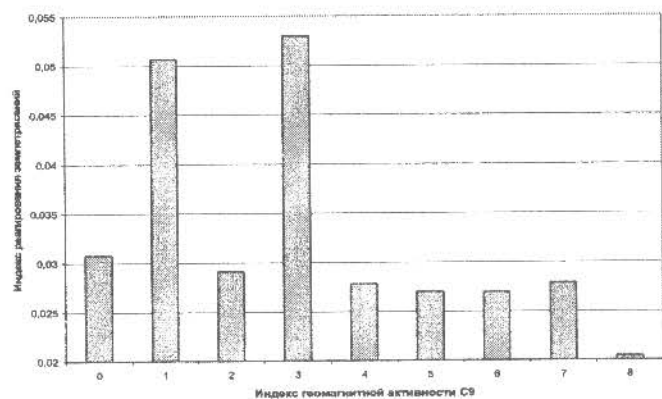


Рис. 6. Распределение индекса реагирования землетрясений Алтая на геомагнитные возмущения по индексам C9

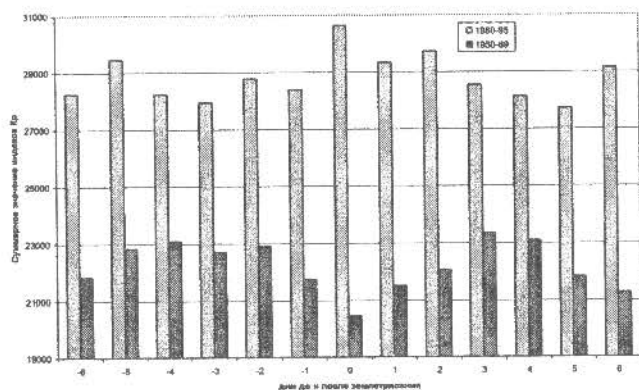


Рис. 7. Значение реагирования землетрясений Алтая и Западных Саян на значения геомагнитного индекса Kp

В связи с большой энергоемкостью и интенсивным афтершоковым процессом отдельно обрабатывались геомагнитные данные во время начала Урэгнурского землетрясения 15.05.1970 г. (рис. 8) и Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. (рис. 9).

Наличие тесной связи повышения индекса Kp и времени землетрясения показывает единство межгеосферных процессов, происходящих в недрах Земли и внешних источниках вариаций геомагнитного поля. Последствия этих процессов оказывают влияние на начало крупных землетрясений.

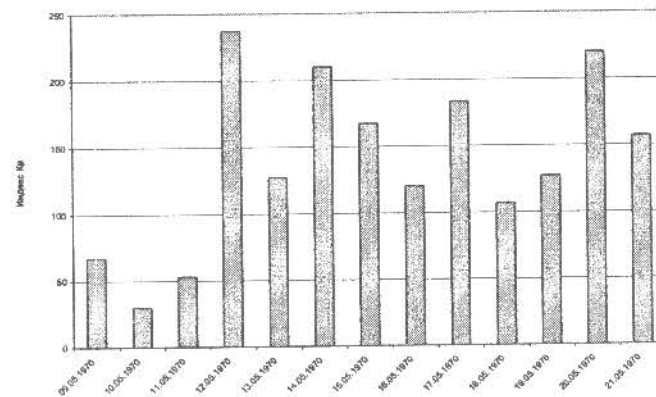


Рис. 8. Реагирование Урэгнурского землетрясения (15.05.1970 г.) на значения геомагнитного индекса Kp

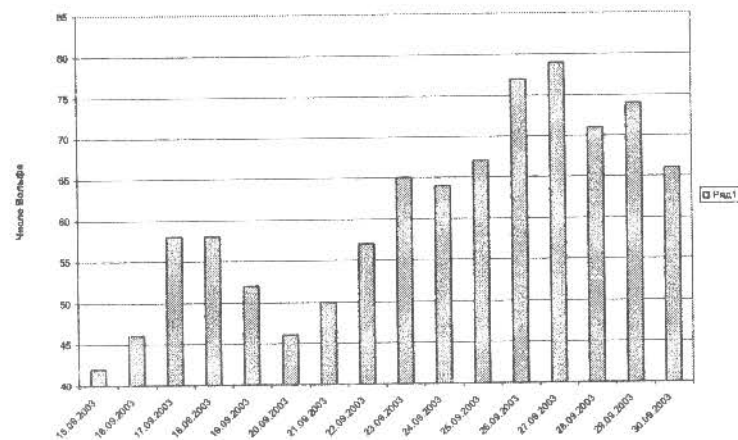


Рис. 9. Характер солнечной активности во время Чуйского землетрясения (27.09.03 г.)

ВЗАИМОСВЯЗЬ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЛИТОСФЕРНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В ряде работ [Шило и др., 1983] путем сопоставления геологических факторов и анализа их энергетического вклада определяется заметное влияние на метеорологические процессы геодинамических процессов, особенно при землетрясениях. Учитывая существующую изменчивость

динамики атмосферных аэрозолей, возникающую при землетрясениях, было интересно рассмотреть вопрос реагирования грозовых процессов, удаленных от эпицентров землетрясений.

ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ГРОЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО АЛТАЯ

Не редко перед землетрясениями и после них наблюдается выход из Земли в атмосферу больших количеств водорода и радона. Рост концентрации радона после землетрясения обусловлен активизацией старых и образованием новых трещин и разночастотными вибрациями среды при основном подземном толчке и афтершоках (Thomas, 1988; Wakita et al., 1988). Выход радиоактивного радона из поверхностных толщ коры приводит к дополнительной ионизации воздуха продуктами радиоактивного распада радона. Выход радона ведет, в свою очередь, к росту концентрации ионов и изменению электропроводности приземной атмосферы. Вследствие этого, в окрестности эпицентра возможно значительное увеличение атмосферной проводимости и уменьшение электрического поля. Согласно расчетам (Piege, 1978) рост электропроводности атмосферы перед землетрясением при ясной погоде может достигать до 20% днем и до 40% ночью, таким образом, изменяется качественный и количественные характеристики распределения зарядов атмосферы, что, в свою очередь, существенно сказывается на грозовых процессах.

Кроме этого, существует предположение (Yoshino and Tomizawa, 1988; Kingsley, 1988) о возможности быстрых вариаций механических и пьезоэлектрических напряжений, которые создают условия для генерации электромагнитных волн. Эти волны будут распространяться к поверхности вдоль разломов, связанных с очагом землетрясения, причем разломы будут играть роль своеобразных волноводов (Плазмообразование... 1992; Сурков, 2000) и передавать энергию и вещество на расстояние. Кроме того, нарушение суточного хода электромагнитного излучения вблизи эпицентра землетрясения сопровождается нарушением суточного хода вариаций температуры воздуха (Гасанов, Метакса и др., 1987).

Установленным фактом считается влияние процессов, сопровождающих подготовку землетрясения, на характер и динамику метеопроцессов. Известно, что активизация разломов сопровождается усилением облакообразования над ними (Морозова, 1997). Например, работами исследователей из МГУ на основе анализа данных с 1936 по 1981 г. было установлено, что за 3–5 дней до землетрясений в Крыму появляется облачность с бальностью 8–10 (Бибикова, 2001). В зимние месяцы (декабрь, январь) также за 3 дня до землетрясения начинается аномальное понижение тем-

пературы относительно среднего уровня, достигающее максимума в день землетрясения (до -4°C). За 9–10 дней до землетрясения наблюдается повышение температуры на $2-3^{\circ}\text{C}$.

Еще в 80-х гг. выявлено (Садовский, Баннов, Мирзоев, 1985) что практически каждому землетрясению предшествует сбой равновесия функций температура-давление. Отмечено, что сбой равновесия функций температура-давление встречается как положительного, так и отрицательного знака, т.е. в некоторых случаях происходит избыток, а в других – недостаток давления атмосферы.

Нами проводился анализ влияния землетрясений Алтае-Саянской складчатости (база данных ОИФЗ РАН) на грозовую активность Горного Алтая (Дмитриев и др., 2002; Дмитриев и др., 2004). Для поиска закономерностей влияния сейсмических процессов на грозовую активность Горного Алтая была произведена выборка, характеризующая динамику поведения гроз до и после землетрясения и построена гистограмма (рис. 10).

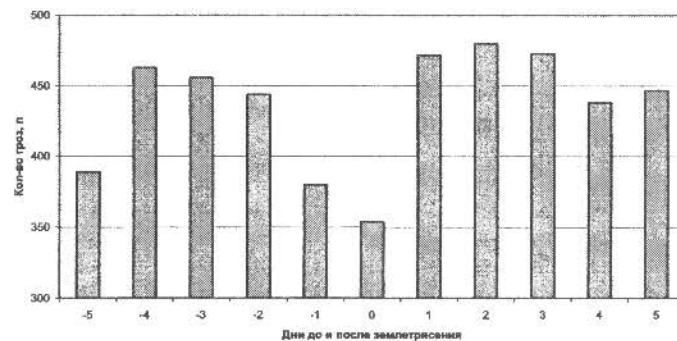


Рис. 10. Характер грозовой активности в дни до и после землетрясения

Согласно данным графика, выявлен эффект уменьшения грозовой активности перед землетрясением и резкое ее повышение – после землетрясения. Изменение составляет 118 гроз на следующий день после землетрясения. Обнаруженный эффект указывает на один из механизмов взаимодействия геосфер. По существу этот механизм обеспечивает перекачку энергии между земными недрами и атмосферой, так называемый межгеосферный энергопереток «литосфера ↔ атмосфера».

На основании полученных данных по грозовой активности и землетрясениям была построена сравнительная гистограмма проявления грозовой активности в день землетрясения, пронормированной на количество лет измерения

по данной ГМС и среднегодовое значение гроз. Таким образом, мы убираем региональные факторы грозовой активности и учитываем количество лет наблюдения по ГМС. В результате выявляем только фактор влияния сейсмических процессов на грозовую активность данных метеостанций (рис. 12).

Наиболее интенсивно грозовая активность в день землетрясения отмечается на ГМС: Кызыл-Озёк, Уландрык, Шебалино, Горно-Алтайск, расположенных вблизи активных разломов. Слабо проявляется грозовая активность в дни землетрясений по станциям: Ак-Кем, Кош-Агач, данный эффект видимо связано с большим влиянием географических характеристик.

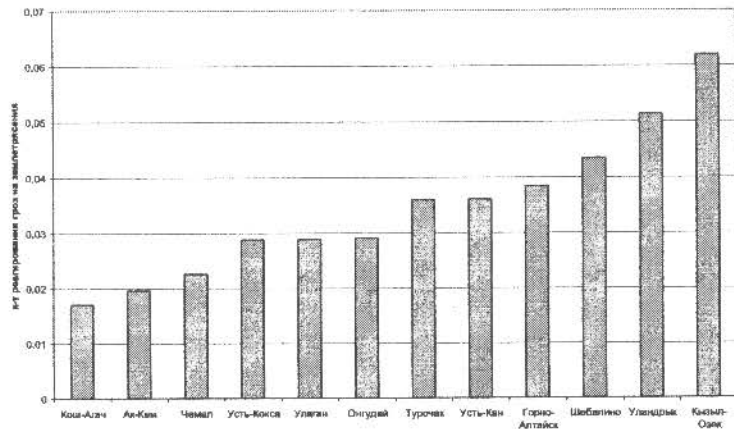


Рис. 12. Коэффициент реагирования грозовой активности на землетрясения по ГМС

В результате временного анализа совокупной грозовой активности в день землетрясения было выявлена значительная активизация отзвон грозовой активности на землетрясения в 1970 г. Было установлено, что повышением грозовой активности связано с отзывом на серию крупных землетрясений на границе Тувы и Монголии (более 200 толчков). Наряду с 1970 г., можно также выделить 1977, 1961, 1965, 1972, 1989 гг. Необходимо отметить, что в ходе анализа не учитывалось Чуйское землетрясение и его афтершоки, которые также влияли на погодные условия в дни проявления толчков [8].

В дальнейшем возникает возможность осуществить районирование характеристик грозовой активности на землетрясения по тектоническим блокам, разделенным активными разломами.

По степени реакции грозовой активности на землетрясения мы можем более детально рассмотреть геодинамическую активность блоков земной коры

Горного Алтая. Эта чувствительность грозовых процессов к геодинамическим характеристикам земной коры (на том или ином участке) может применяться в качестве дополнительного критерия в оценке геоэнергетических обстановок.

В результате проведенных исследований нами выявлено.

1. Существует зависимость количества гроз по некоторым ГМС Горного Алтая от геомагнитного индекса C_9 .

2. Грозовая активность Горного Алтая по значениям индексов геомагнитной активности C_9 группируется, в основном, от 0 до 6.

3. Грозовая активность по ГМС Кызыл-Озек и Усть-Кан в отличие от других станций интенсивно проявляется в дни с индексом $C_9=9$. Причем по ГМС Кызыл-Озек грозовая активность также проявляется при $7 \leq C_9 \leq 9$. Влияние высоких значений индекса C_9 существенно для гроз, наблюдаемых по ГМС Шебалино.

4. Наиболее сильно реагируют грозами на землетрясения следующие участки земной поверхности, приуроченные к активным разломам: Кызыл-Озёк, Уландрык, Шебалино, Горно-Алтайск.

5. Не отзываются на землетрясения грозовой активностью высокогорные метеостанциями Ак-Кем, Кош-Агач.

6. Подтвержден ранее известный эффект межгеосферного энергоперетока (в том числе и электромагнитных излучений) во время землетрясений.

7. Результаты обработки данных по землетрясениям и солнечной и геомагнитной активности методом наложенных эпох показали, что существует синхронизация локальных процессов подготовки сильных землетрясений с геомагнитной и солнечной активностью.

8. Выделяется различный характер распределения индекса K_p во время землетрясений за изучаемые интервалы времени. Так, за период 1950–1969 гг. четко прослеживается максимум K_p за 2–4 дня до землетрясения, который сменяется понижением в день землетрясения, с последующим повышением K_p на третий день после землетрясения. Характеристика распределения K_p за период 1980–1995 гг. отличается от предыдущего интервала: здесь максимум K_p достигает в день землетрясений. В целом, несмотря на различие кривых K_p за изучаемые периоды, максимальный градиент по графику приблизительно совпадает и равен около 3000.

9. Характер изменения геомагнитного индекса K_p непосредственно перед началом и во время Урэгнурского землетрясения 15.05.1970 г. совпадает с распределением индекса K_p за период 1953–1969 гг.

10. Различие реагирования землетрясений Алтая и Западных Саян за периоды 1953–1969 и 1980–1995 гг. может быть связано с последствием проведения большого количества ядерных испытаний на полигонах СИЯП и Лобнор.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов-Холодный Г.С., Ким И.С.* Солнечные корпускулярные потоки и геомагнитные возмущения // Солнечная активность и ее геомагнитные проявления. Итоги науки и техники. М., 1990. Т. 33. С. 100–139.
2. *Дмитриев А.Н., Кочеева Н.А., Шитов А.В.* Геоинформационное построение карт-схем грозоактивности Горного Алтая / Новые информационные технологии в науке и образовании // Сб. науч. тр. Вып. 2. Горно-Алтайск: Универ-Принт, 2002. С. 76–88.
3. *Дмитриев А.Н., Похолков Ю.П., Протасевич Е.Т., Скавинский В.П.* Плазмообразование в энергоактивных зонах. РАН Сиб. отд.; Объед. ин-т геологии, геофизики и минералогии / Науч. ред. Б.Н. Родимов. Новосибирск, 1992. 212 с.
4. *Дмитриев А.Н.* Природные самосветящиеся образования (Серия «Проблемы неоднородного физического вакуума»). Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 1998. 243 с.
5. *Дмитриев А.Н., Кочеева Н.А., Шитов А.В.* Анализ грозовой активности Горного Алтая за 1958–1999 годы. Новосибирск; Горно-Алтайск: ГАГУ; Универ-Принт, 2002. 40 с.
6. *Шитов А.В.* Природные самосветящиеся образования как экогеологический фактор на территории Горного Алтая: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Томск: ТПУ, 1999. 24 с.
7. *Дмитриев А.Н., Кочеева Н.А., Шитов А.В., Кречетова С.Ю., Кречетова М.Ю.* Анализ влияния землетрясений на грозовую активность Горного Алтая / Новые информационные технологии в науке и образовании: Сб. науч. тр. Вып. 2. Горно-Алтайск: Универ-Принт, 2002. С. 69–76.
8. *Дмитриев А.Н., Шитов А.В., Гвоздарев А.Ю.* Метеорологические предвестники Алтайского (Чуйского) землетрясения // Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия: Матер. науч.-практ. конф. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2004. С. 143–147.