

ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОМАГНИТНЫЕ ЭФФЕКТЫ, ВЫЗВАННЫЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

к.ф.-м.н А.А. Можаяев, к.т.н. С.В. Арепьев, В.М. Коновалов, М.Н. Журавский
(представил д.т.н., проф. Д.В. Голкин)

Приведены результаты исследований зависимости изменений определенных характеристик ионосферы накануне сильных землетрясений.

Землетрясения по своим разрушительным последствиям и числу человеческих жертв занимают одно из первых мест среди природных катастроф. Территория Украины характеризуется наличием сейсмоактивных регионов, которые охватывают Карпаты (район Вранча – Румыния) и Крым (акватории Черного и Азовского морей). В последнее время в связи с проблемой оперативного прогноза землетрясений возрос интерес к изучению предвестников землетрясений связанных с возмущением ионосферы и геомагнитного поля Земли [1-4]. В этих работах описаны изменения критических частот и профилей электронной концентрации в F и E - областях ионосферы, образование спорадического слоя E, диффузность в F - слое, временные вариации геомагнитного поля Земли, наблюдавшиеся в период подготовки землетрясений.

Результаты проведенного авторами анализа современного состояния теории и практики решения задачи предсказания землетрясений посредством изучения возмущений ионосферы и геомагнитного поля Земли показывают, что в настоящее время данные вопросы изучены не в полной мере и не позволяют с достаточной степенью вероятности прогнозировать землетрясения и их характеристики. Из этого следует, что изучение возмущений ионосферы и геомагнитного поля Земли с целью предсказания землетрясений и прогнозирования их параметров является актуальной научно-технической задачей, которая требует проведения различного рода исследований.

В данной работе были использованы данные, полученные в результате комплексных ионосферных исследований, охватывающие период от Спитакского (7 декабря 1988г., $t = 10$ час. 41 мин. 24,6с. LT) до Индийского (штат Руджарат вблизи г. Ахмедабад 26 января 2001г., $t = 03$ час. 02 мин. 18,5 с. LT) землетрясений. В процессе исследования использовался одновременный прием сигналов спутниковых радионавигационных систем для когерентных частот 150 и 400 МГц на средних и высоких широтах. Для приема и регистрации сигналов применялся автоматизированный интерферометр - поляриметр, описанный в [5]. Методика обработки реализаций и оценки стати-

стических характеристик флуктуаций амплитуд и приведенных фаз радиосигналов изложена в [6].

Количественным критерием для оценки интенсивности амплитудных флуктуаций, имеющим ясный физический смысл, является индекс мерцаний S_4 , а для фазовых – дисперсия σ_ϕ флуктуационной составляющей, приведенной к частоте 150 МГц, разности фаз радиосигналов. Исследования проводились на примере Спитакского землетрясения (порядка 10 баллов по шкале Рихтера), в ходе которых сравнивались изменения значений S_4 и σ_ϕ до и во время землетрясения с суточным ходом этих величин, построенным для магнитоспокойных дней ($K_p < 4$) декабря 1988г., поскольку в период землетрясения индекс K_p не превышал 2.

Результаты проведенных авторами исследований представлены на рис.1, где показан суточный ход индекса S_4 (сплошные линии), вертикальными линиями указаны доверительные интервалы с вероятностью 0,95. Индекс S_4 изменяется от значений 0,15-0,2 в дневное время до значений 0,3-0,4 в ночное время суток. Также приведен суточный ход индекса S_4 для 6 декабря (пунктир) и 7 декабря (штрих-пунктир). Анализ данных кривых показывает, что за сутки до землетрясения значительно (в 2-4 раза) увеличилось значение индекса S_4 по сравнению со среднемесячными значениями. Так в 13.00 часов 6 декабря было $S_4=0,55$; тогда как в это время среднемесячное значение $S_4=0,20$. Значительное увеличение индекса мерцаний по сравнению со среднемесячными наблюда-

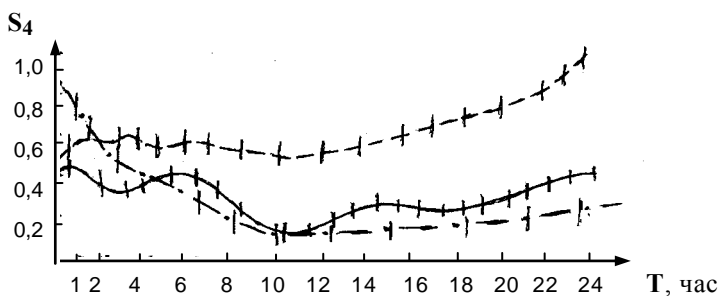


Рис. 1. Зависимость индекса мерцаний S_4 от времени

лось и в ночь с 6 декабря на 7 декабря 1988г. Значения S_4 для 21.00 часа достигло 0,85, а для 23.00 часов - 1,05 по сравнению со значением S_4 для нормальных условий ночной ионосферы равной 0.35. По состоянию на 7 декабря, за несколько часов до землетрясения (в 1-3 час.) выявлено увеличение значений индекса S_4 по сравнению со среднемесячными для этого интервала времени. Но, начиная с 5.00 часов утра 7 декабря и до времени начала землетрясения ($t=10$ час. 41 мин. 24,6 сек.) происходит резкое уменьшение значений величины индекса S_4 . В 4 час. 30 мин. LT значения индекса мерцаний становятся равными среднемесячным, а в 10 час. 30 мин. -

$S_4=0,17$, что является в 2-3 раза меньше среднемесячных значений.

Результаты анализа суточного хода среднеквадратичного отклонения σ_ϕ флуктуации фазы для невозмущенных геомагнитных условий ($K_p < 3$) представлены на рис. 2 (сплошная линия). Как видно из графика, значения σ_ϕ изменяются, от значений 0,8-1,05 в дневное время суток до значений 1,85-2,15 в ночное время суток. На этом же рисунке приведен суточный ход σ_ϕ для 6 декабря (пунктир кривая) и 7 декабря 1988г. (штрих-пунктир кривая). Анализ изменений значения σ_ϕ за сутки до землетрясения по сравнению с усредненными значениями обнаруживает значительное (в 3-5-раза) увеличение значений по сравнению с усредненными значениями. Так в 13 часов 6 декабря $\sigma_\phi=3,4$, а в 22 часа $\sigma_\phi=3,7$, тогда как средние значения σ_ϕ для этих интервалов времен составляют 0,95 и 1,25 соответственно. Фазовые измерения 7 декабря, за несколько часов до начала землетрясения (1-3 час.) также показывают увеличение среднеквадратичного отклонения по сравнению со среднемесячными значениями. При приближении времени землетрясения фазовые параметры ведут себя аналогично амплитудным, т.е. существенно уменьшаются.

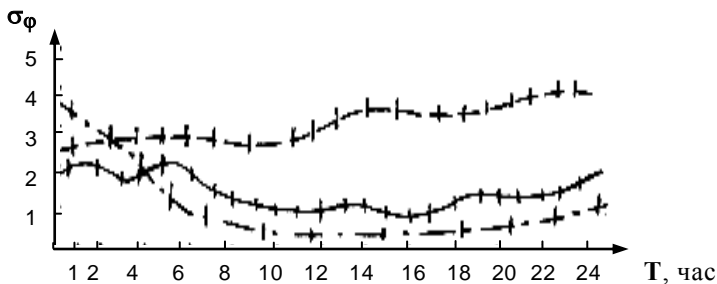


Рис. 2. Зависимость σ_ϕ от времени

В результате проведенных исследований была обнаружена связь между флуктуациями сигналов спутниковых радионавигационных систем, рассеянных ионосферной плазмой и моментом начала землетрясения. За сутки до начала землетрясения наблюдается увеличение интенсивности вариаций мерцаний, характеризующихся резким увеличением индекса мерцаний S_4 и среднеквадратичного отклонения фазы σ_ϕ по сравнению со среднемесячными значениями. За несколько часов до начала землетрясения просматривается спад интенсивности мерцаний, который сопровождался резким уменьшением индекса мерцаний S_4 и среднеквадратичного отклонения σ_ϕ . Такие же значения S_4 и σ_ϕ были отмечены в течение всего 7 декабря, т.е. и после землетрясения.

Кроме того, источниками информации о возможных землетрясениях могут быть и происходящие процессы в земной коре. В настоящее время эти процессы до конца не изучены. Однако, можно предположить их

связь с ионосферой и магнитосферой Земли. Эта связь позволяет выявить наличие значительных аномалий в ионосфере, описание которых приведено в [1-4, 7, 9]. Кроме того, над местом будущего землетрясения на высотах от 60 до 1000 км за определенное время до землетрясения происходят изменения макроскопической структуры параметров ионосферы (концентрации Ne, Ni и др.), которые могут фиксироваться как наземными, так и космическими средствами диагностики околоземного пространства. Это позволит повысить надежность выявления предвестников землетрясений и их информативность.

Результаты данной работы еще раз подтверждают уверенность в существовании ионосферных предвестников землетрясений и возможность оперативного предсказания моментов сильных (более 6 баллов по двенадцатибалльной шкале Рихтера) землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электромагнитные предвестники землетрясений / Под ред. М.А. Садовского. – М.: Наука, 1989. – 89 с.
2. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Герасимович Е.А., Матвеев И.В. Оперативные электромагнитные предвестники землетрясений. – М., 1985. – 116 с.
3. Шарадзе Э.С., Джапаридзе Г.А., Жвания Э.К., Квавадзе Н.Д. Возмущения в ионосфере и геомагнитном поле, связанные со Спитакским землетрясением // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1991. – №11. – С.106 - 116.
4. Гохберг М.Б., Кустов А.В., Липеровский В.А. О возмущениях в F - области ионосферы перед сильными землетрясениями // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1988. – № 4. – С. 12 - 20.
5. Солодовников Г.К., Рускин В.М., Савенков А.В. Автоматизированный дисперсионный интерферометр - поляриметр для исследования ионосферы и распространения радиоволн // Приборы и техника эксперимента. – 1987. – №5. – С.105 - 109.
6. Иванов Ю.Г. Автоматизированная система регистрации и обработки амплитудно-фазовых флуктуаций. // Волновые процессы в приземной плазме. – М.: ИФЗАН СССР. – 1988. – С. 61 - 74.
7. Воинов В.В., Гуфельд И.Л., Круглинов В.В. Эффекты в ионосфере и атмосфере перед Спитакским землетрясением 7 декабря 1988 г. // Изв. РАН. Физика Земли. – 1992. – №1. – С. 96 - 101.
8. Солодовников Г.К., Можаяев А.А., Джулик В.В. Флуктуации амплитуды радиоволн в ионосфере, вызванные землетрясением в Спитаке // Деп. в ГПНТБ Украины. – 1995. – С. 75 - 80.
9. Коцаренко М.Я., Корепанов В.С., Івченко В.М. Дослідження іоносферних провісників землетрусів (експеримент “Попередження”) // Космічна наука і технологія. – 1995. – №1. – С. 96 - 99.

Поступила в редколлегию 28.02.2001