

Аэрозольные предвестники землетрясений в нижней атмосфере в районах тектонической активности

АЛЕКСЕЕВ В.А.¹, АЛЕКСЕЕВА Н.Г.¹, ГРИШИН А.И.², МАТВИЕНКО Г.Г.²

¹Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований ТРИНИТИ, Россия

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия

aig@iao.ru, mgg@iao.ru

Задача краткосрочного прогноза землетрясений до настоящего времени не решена, хотя за последние десятилетия был создан ряд новых методов исследования предвестников сейсмических процессов. Одним из наиболее перспективных методов мы считаем наблюдения аэрозольных потоков, поступающих в атмосферу из глубин Земли [1-3] через приповерхностные микротрешины. Наблюдаются изменения концентрации, спектра размеров, а также химического состава аэрозольных частиц [1-3]. В то же время аэрозольная компонента может приводить к изменению электрического поля Земли, которое также способно активно реагировать на изменчивость тензометрических характеристик земной коры. Выбор электростатических характеристик Земли в качестве возможного признака землетрясения обусловлен также тем, что известна корреляция аномалий геоэлектрического поля с повышением концентрации газов в подпочвенных слоях и в атмосфере при деформации земной коры в районах очагов землетрясений [4-5]. Исходя из этих предпосылок, в ноябре 1999 года были проведены экспедиционные работы на Таманском полуострове в зоне Бугазского поперечного разлома. В ходе проведения экспедиционных работ измерялись следующие физические характеристики:

- напряженность электрического поля атмосферы при помощи датчика динамического типа, преобразующего постоянное поле Земли в переменное;
- электрическая проводимость атмосферного воздуха, измеряемая по времени разряда сетчатого открытого конденсатора;
- коэффициента аэрозольного объемного рассеяния с помощью малогабаритного датчика аэрозоля, измеряющего рассеянное под углом 45⁰ излучение. Измерительные приборы подключались к портативной ЭВМ Notebook, которая обеспечивала сбор экспериментальных данных, а также их первичную статистическую обработку.

На рис. 1 представлен временной ход коэффициента аэрозольного рассеяния (кривая сверху) и напряженности электрического поля за период 19-22 октября 1999 года. Стрелка указывает время, когда местная сейсмическая станция зафиксировала подземный толчок с магнитудой M=4.5 и эпицентром, расположенным в 450 км от сейсмостанции "Анапа". Звезда соответствует наблюдениям в штолне, когда в 300 м от места измерений был проведен взрыв 500 кг аммонита. Из рисунка видно, что за несколько часов перед землетрясением наблюдается существенное увеличение по модулю напряженности электрического поля E до величин порядка 170 В/м. После этого непосредственно перед толчком величина E быстро падает до фоновых значений. Значение коэффициента рассеяния за этот период возросло примерно на 50% и оставалось практически на постоянном уровне вплоть до толчка, после чего произошел сброс к прежнему уровню. Из рисунка также видно, что сотрясение почвы, вызываемое техногенной причиной (взрывом в карьере), не оказывает существенного влияния на временной ход величины E. В то же время сотрясение почвы вызвало осыпание пыли со стенок и потолка штолни, что привело к увеличению коэффициента аэрозольного рассеяния после взрыва.

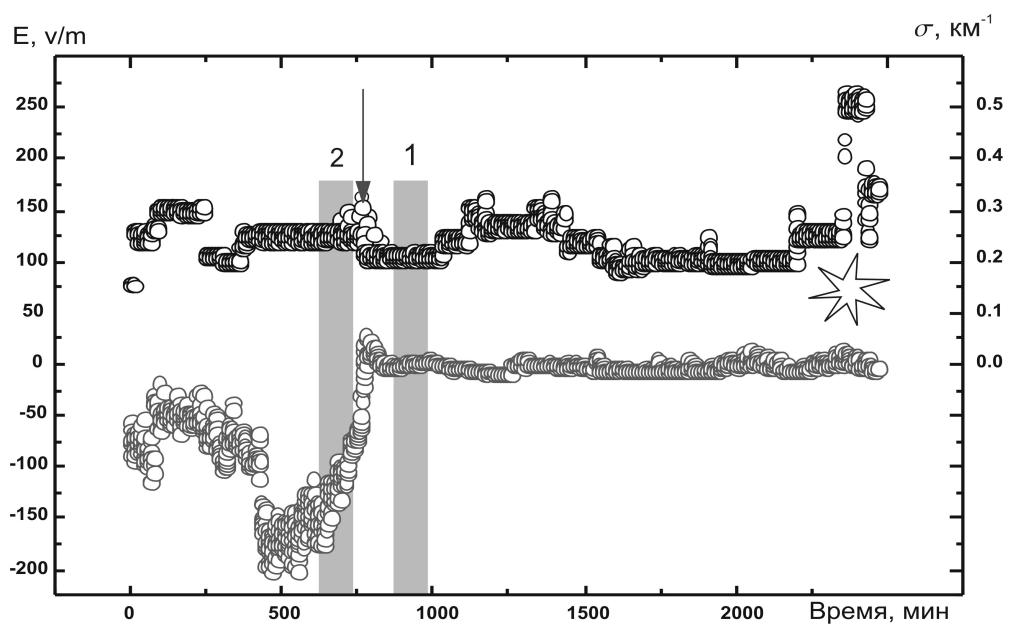


Рис. 1. Временной ход напряженности электрического поля E (нижний график) и коэффициента рассеяния σ . Стрелка соответствует моменту землетрясения, звезда – моменту взрыва при измерении в штолине. Первый закрашенный прямоугольник соответствует измерениям при отсутствии толчков, второй – непосредственно перед землетрясением

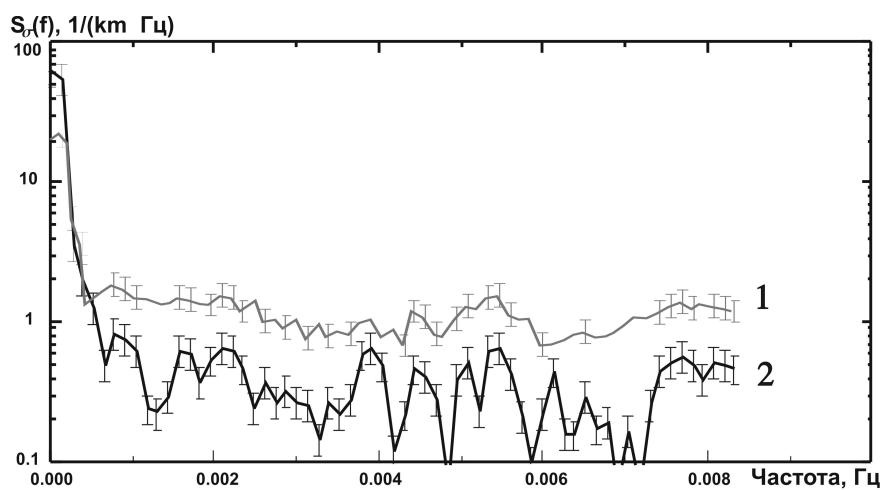


Рис. 2. Амплитудные спектры флуктуаций коэффициента рассеяния в спокойный период (кривая 1) и перед землетрясением (кривая 2). Вертикальные отрезки указывают на доверительный интервал для вероятности 0,9

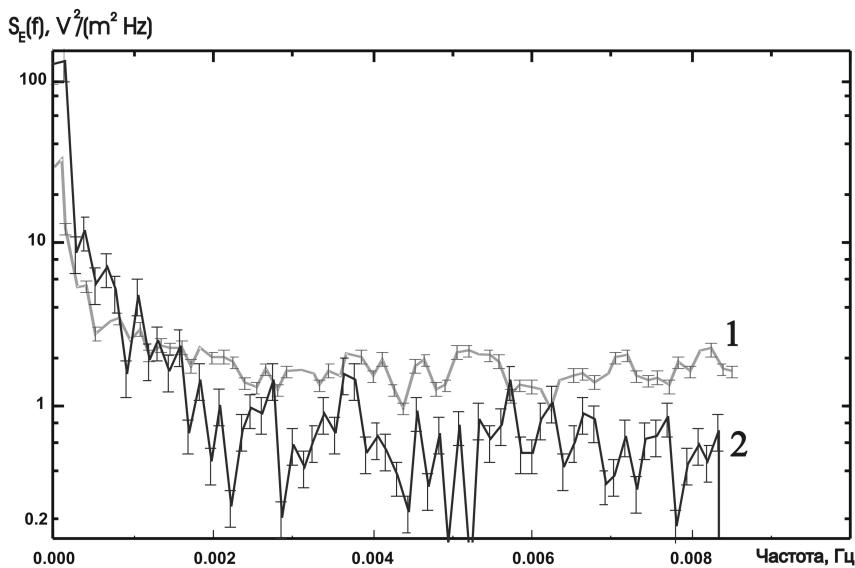


Рис. 3. Амплитудные спектры флюктуаций напряженности Е в спокойный период (кривая 1) и перед землетрясением (кривая 2). Вертикальные отрезки указывают на доверительный интервал для вероятности 0,9

Исследование спектральных характеристик флюктуаций коэффициента аэрозольного рассеяния σ показало, что они существенно зависят от активности земной коры в период измерений. На рис.2 приведены спектры плотности мощности флюктуаций амплитуды σ , построенные для “спокойного” периода и в интервал времени, непосредственно предшествующий землетрясению. Анализ данных показывает, что максимальные значения спектров флюктуаций амплитуд приходятся на период перед землетрясением, при этом максимумы спектров отличаются более чем в 2 раза. Кроме того, амплитудный спектр флюктуаций σ для активного периода отличается большим диапазоном изменчивости величины $S_\sigma(f)$. Спектры флюктуаций напряженности электрического поля $S_E(f)$ также существенно зависят от времени проведения измерений. На рис.3 приведены спектры флюктуаций амплитуд величины Е для периодов “спокойной” земной коры и перед землетрясением. Как видно из графиков, максимальные значения спектров амплитуд для разных ситуаций отличаются более чем на порядок! Столь значительное отличие показывает, что в формировании структуры электрического поля данного региона весьма значительную роль играют тектонические процессы земной коры.

На рис.4 показан временной ход электрической проводимости атмосферы. Из рисунка видно, что моментам толчков предшествует увеличение проводимости атмосферы, что можно объяснить увеличением концентрации в воздухе заряженных частиц. Из сравнения рисунков 1 и 4 видно, что непосредственно перед толчком увеличивается как коэффициент рассеяния, так и электрическая проводимость атмосферы, поэтому возникает вопрос о взаимосвязи аэрозольных и электропроводящих свойствах атмосферы. Оценить влияние аэрозоля на концентрацию заряженных частиц n можно из следующего уравнения:

$$\frac{dn}{dt} = \nu - \alpha n^2 - \beta N n$$

где ν – интенсивность ионообразования, α – коэффициент рекомбинации, β – коэффициент присоединения легких ионов к аэрозольным частицам, N – концентрация аэрозольных частиц. Для равновесного состояния при $dn/dt = 0$ дифференциальное уравнение превращается в уравнение второго порядка и легко решается относительно n . Из решения видно, что влияние аэрозольных частиц на концентрацию ионов существенно при

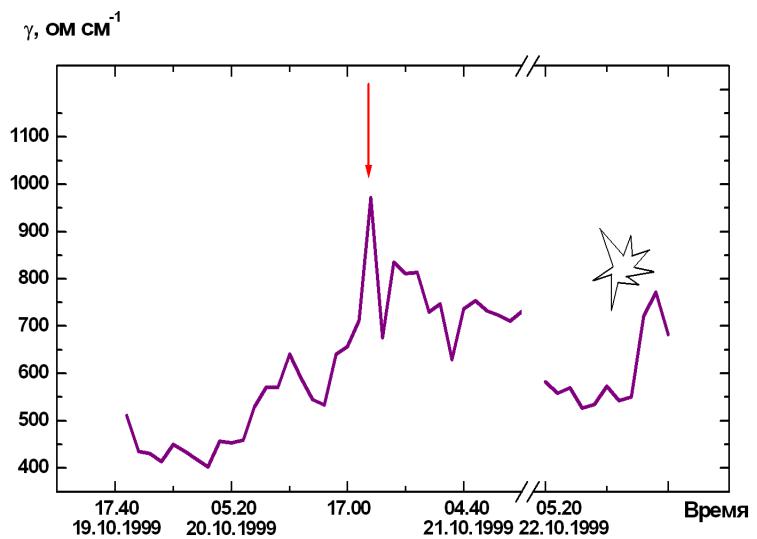


Рис. 4. Временной ход проводимости атмосферного воздуха с 19 по 22 октября. Стрелка соответствует моменту толчка, звезда – взрыву при измерениях в штолне

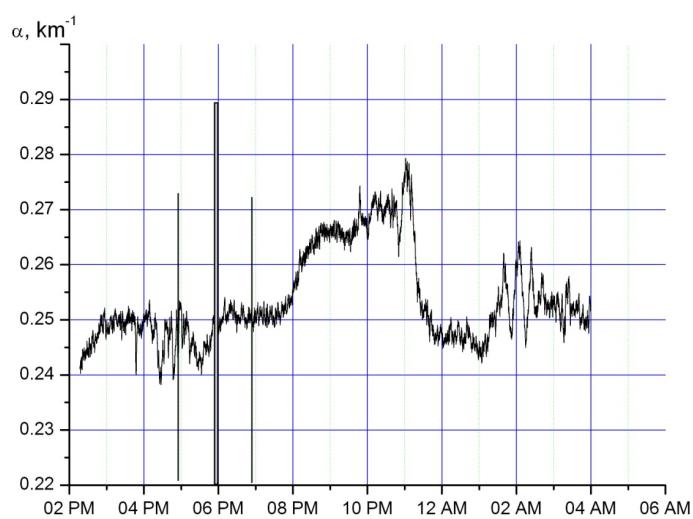


Рис.2 Временной ход коэффициента рассеяния за 1-2 августа 2008 года. Тонкие вертикальные линии соответствуют началу и концу затмения. Толстая линия-фаза полного солнечного затмения.

Рис. 5. Временной ход коэффициента рассеяния 1-2 августа 2008 г. Тонкие вертикальные линии соответствуют началу и концу затмения. Толстая линия-фаза полного затмения

$\beta N >> \alpha\nu$. Данное условие в приземном слое атмосферы выполняется всегда, поэтому учет аэрозольной компоненты необходим при расчетах электростатических характеристик атмосферы. Кроме того, из анализа статистических данных многолетних измерений электрических характеристик атмосферы следует, что со временем электропроводность атмосферы медленно падает, что связывается с увеличением концентрации аэрозоля антропогенного происхождения. Так как в нашем случае наблюдается обратный процесс, можно сделать вывод, что в атмосферу при этом выделяется значительное количество ионов. Второй этап измерений аэрозольного рассеяния проводился на Алтае вблизи Кош-Агача в глубокой штолине. Он интересен тем, что во время измерений проходило полное солнечное затмение 2008 года. Представленный на рис.5 график показывает нарастание аэрозольного рассеяния после прохождения фазы затмения. Объяснение этого факта требует привлечения новых данных дополнительных исследований.

Литература

1. Алексеев В.А., Алексеева Н.Г. К вопросу о поступлении тяжелых металлов при дегазации Земли // Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды. - Труды 2 Всесоюзного совещания – Ленинград – Гидромет – 1985. - С.173-179.
2. Алексеев В.А., Алексеева Н.Г., Муравьев Я.Д. и др. Аэрозольный предвестник извержения Авачинского вулкана в январе 1991 г. // ДАН. – 1995. – Т.345. - №5. - С.667-670.
3. Alekseev V.A., Alekseeva N.G. Investigation of metal transfer in the biosphere during gaseous emission in zones of tectonic activity using methods of nuclear physics // Nucl.Geophys. – 1992. - V.6 - No 1. - P.99-110.
4. Kondo G. The variation of atmospheric field at the time of earthquake // Mem. Kakioka Magn. Observ. - 1968. - V.13. - P.11-23.
5. Andreson R. V. Larson R. E. Atmospheric electric and radon profiles over a closed basin and open ocean // J.Geophys.Res. - 1974. - V.79. - No.24. - P.3432-3435.

Aerosol precursors of earthquakes in the lower atmosphere in the areas of tectonic activity

Alekseev V.A.¹, Alekseeva N.G.¹, Grishin A.I.², Matvienko G.G.²

¹ Troitsk Institute for Innovation and Fusion Research, Russia

² V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Russia

The problem of short-term earthquake prediction has not been solved so far, although during the last decades, new methods to study seismic process precursors have been developed. These include monitoring of gas and aerosol flows penetrating into the atmosphere from the depths of the Earth. One of the indicators of tectonic activity increase is the increase of aerosol background determined by the appearance of aerosol particles in the atmosphere entrained by gas (H₂, H₂S, CO₂, CH₄ etc.) flows into the atmosphere through near-surface cracks. Changes in concentration, spectrum size and aerosol particle chemical composition may be observed. At the same time, due to electrification of particles, aerosol component may cause electric field configuration change in a local area of the earth surface. The basis of the present paper are experimental observations of atmosphere electric and aerosol characteristic changeability in

the regions of tectonic activity. The first stage of work was carried out in a seismically active zone on Taman peninsula in the area of Bugaz cross fault. Atmosphere electric field intensity, atmospheric air electric conductivity and aerosol volume scattering coefficient were measured during the experiment. The second stage of measurements of aerosol scattering was carried out in Altai near Kosh-Agach in a deep tunnel. It was interesting since total solar eclipse of 2008 occurred during this time. During the analysis of atmosphere temporal electric and optical characteristics, signal fluctuations, which coincided in time with underground shocks, were registered. Investigation of spectral characteristics of aerosol scattering coefficient fluctuations showed, that they significantly depend on the Earth core activity during measurements. Data analysis showed that the maximum values of amplitude fluctuation spectra are registered before an earthquake, spectrum maxima differ by more than 2 orders. Moreover, amplitude fluctuation spectrum for an active period differs by a larger range of changeability. Electric field intensity fluctuation spectra also significantly depend on time of measurements, maximum values of amplitude spectra for different situations differ by more than one order! The presented data confirm the prospectivity of such complex investigations of atmosphere electric and aerosol characteristics.