

Отклик градиента потенциала атмосферного электрического поля на прохождение эруптивного облака при извержении вулкана Шивелуч 16.12.2016 г.

Р.Р. Акбашев¹, П.П. Фирстов¹, Д.В. Мельников²

¹КФ ФИЦ ЕГС РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: arr@emsd.ru

²ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

По комплексу геофизических методов рассмотрено развитие эруптивного шлейфа во время эксплозии вулкана Шивелуч 16 декабря 2016 г., начало которой определено по сейсмическим данным. Спутниковые снимки и ветровая стратификация атмосферы позволили определить разнонаправленность шлейфа, возникшего во время извержения. Во время пеплопада в п. Ключи (48 км) было зарегистрировано очень низкое значение градиента потенциала электрического поля атмосферы (-1230 В/м).

Электризация эруптивного облака

Электрические процессы в вулканических облаках являются составной частью вулканической деятельности. Вулканические облака (шлейфы) несут мощный электрический заряд, который может регистрироваться приборами наземного базирования. Контролируя градиент потенциала электрического поля атмосферы (V' ЭПА) в приземном слое, можно обнаруживать присутствие даже аэрозольных эруптивных облаков насыщенных частицами мелкодисперсного пепла [7, 9].

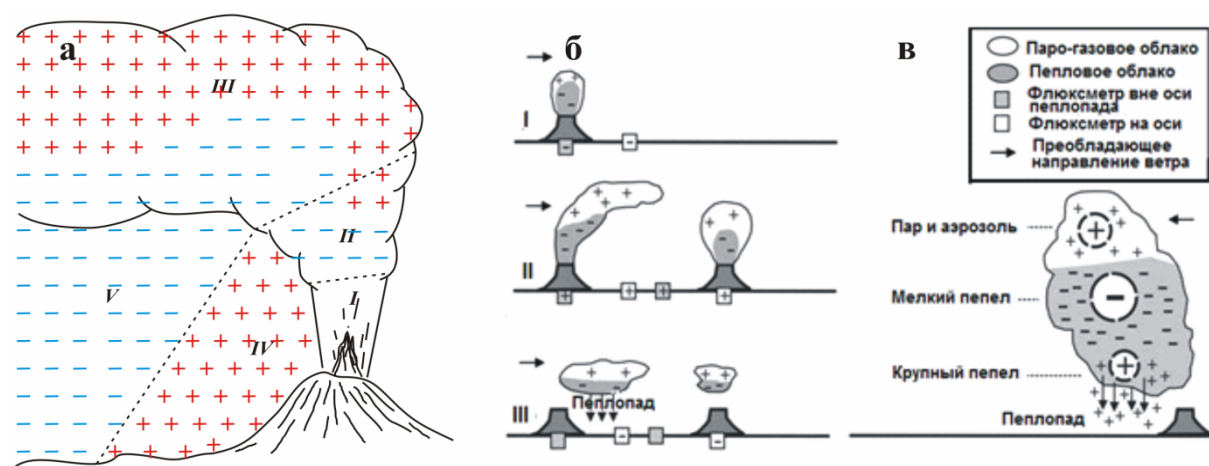


Рис.1. Схематические модели формирования электрических структур в эруптивном облаке. В ближней зоне по [4] (а), Схемы разделения заряда при формировании вулканического шлейфа по [8]: I – разделение зарядов под действием гравитационных сил на начальном участке при слабом ветре; II – формирование облака на автомодельном участке под действием ветра; III - шлейф в зоне плавучести (б). Разделение зарядов в эруптивных облаках на основе натурных наблюдений на вулкане Сакурадзима по [8] (в).

На рис. 1 показана упрощенная схема электризации эруптивного облака в ближней зоне, в которой выделяются 5 областей [4]: I – область участка газового напора, инъекции пепло-газовой струи с квазистационарным режимом течения; II – область автомодельного участка эруптивной колонны, на котором возникает развитая турбулентность за счет смешения горячих продуктов извержения с воздухом; III – область участка плавучести, когда эруптивное облако достигает точки равновесия и сносится ветром; IV – область выпадения крупной фракции вулканического материала; V – область выпадения тефры.

Развитие эруптивного облака и знак электростатического заряда в зависимости от расположения флюксметра относительно облака показаны на рис. 1б, в.

Большую роль в электризации эруптивных облаков имеет процесс фрагментации (разрушения) магмы [3, 6, 7]. Происходит формирование разнополярных зарядов и возникновение вулканических молний различной интенсивности. Основными причинами электризации эруптивного облака при фрагментации магмы и формировании эруптивной колонны может быть разная подвижность катионов Na^+ в примесных центрах на поверхности фрагментированных частиц с разной структурой. Разделение пепловых частиц разных размеров в эруптивной колонне и шлейфе, также приводит к пространственному формированию зарядов [3].

Было интересно рассмотреть отклик в градиенте потенциала электрического поля атмосферы (V ЭПА) во время пеплопада в п. Ключи, произошедшего в результате извержения в. Шивелуч 16 декабря 2016 г. в 22:31 (здесь и далее UTC).

Аппаратура и система наблюдения

В Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН регистрация V ЭПА ведется в трех пунктах (рис. 1а) с помощью электростатических флюксметров ЭФ-4 [2]. Пункт KRM – обсерватория «Карымшина». Пункты KLY и KZV в центральной части полуострова Камчатка представляют особый интерес, так как здесь располагается Северная группа вулканов, включающая четыре действующих вулкана: Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Плоский Толбачик. Частые эксплозивные извержения этих вулканов увеличивают вероятность регистрации V ЭПА под вулканическими шлейфами [9].

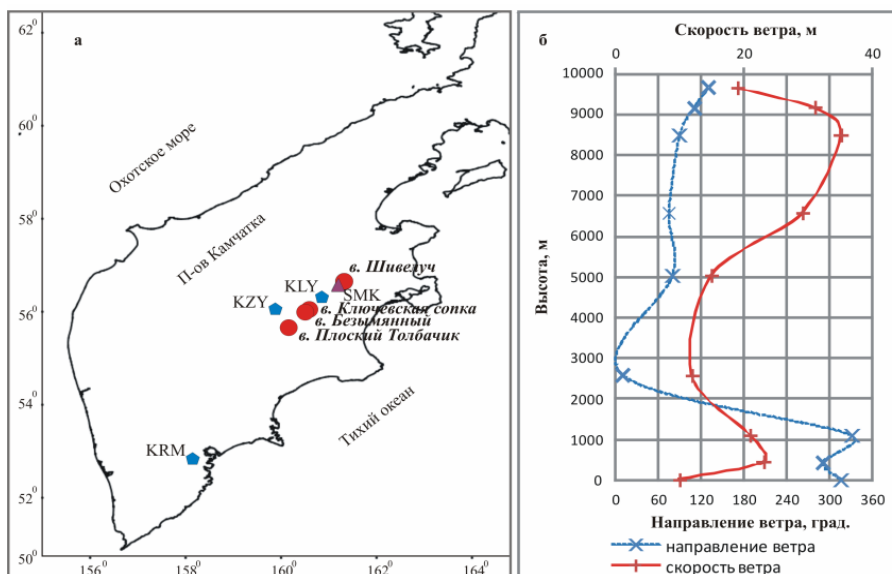


Рис. 2. Схема расположения пунктов регистрации V ЭПА на Камчатке (а) и вертикальные разрезы скорости и направления ветра по данным баллонного зондирования атмосферы 17 декабря 2016 г. (б). KLY – сейсмостанция «Ключи»; KZY – сейсмостанция «Козыревск»; KRM – пункт «Карымшина».

В районе Северной группы вулканов сеть радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) КФ ФИЦ ЕГС РАН позволяет вести мониторинг за проявлениями активности вулканов. Ближайшая к вулкану Шивелуч РТСС «Семкорок» (SMK) находится в 10 км от кратера вулкана (рис. 2а).

На метеорологической обсерватории «Ключи» Камчатского управления по гидрометеорологии и мониторингу за окружающей средой два раза в сутки проводится баллонное зондирование атмосферы. http://www.esrl.noaa.gov/raobs/intl/intl2000.wmo_

По данным ветровой стратификации выполненной 17.12.2016 в 00:00 на высотах 2500 - 4500 м зафиксирована скорость ветра 10-15 м/с с северного – севера - восточного направления с азимутом $0^\circ - 45^\circ$ соответственно. На высотах 5000 м и выше скорость ветра, преимущественно с восточного направления с азимутом $80^\circ - 90^\circ$, изменялась от 15 м/с до 35 м/с (рис. 2б).

Отклик электрического поля атмосферы на пеплопад в п. Ключи

Вулкан Шивелуч самый северный из действующих вулканов Камчатки ($56^{\circ}47'$ с.ш., $157^{\circ}56'$ в.д.) с андезитовым составом лавы и высотой экструзивного купола 2500 м н.у.м. В последние десятилетия его извержение, обусловленное медленным выжиманием магмы и формированием экструзивного купола, периодически сопровождается сильными пепловыми эксплозиями.

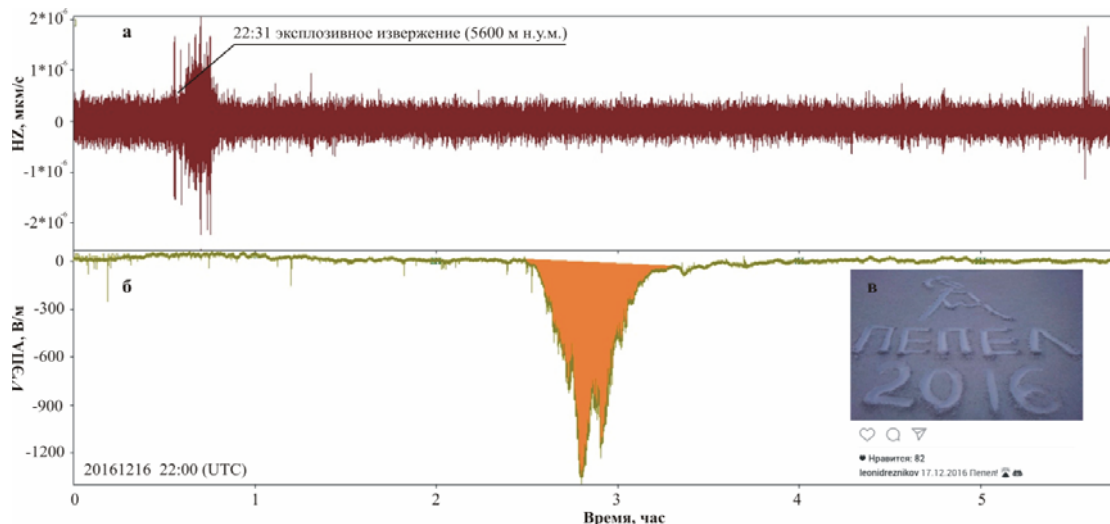


Рис. 3. Фрагмент сейсмограммы записи вертикальной компоненты на сеймостанции SMK (а); отклик в вариациях V' ЭПА на пеплопад в п. Ключи (б); фото пепла на снегу, приведенное в социальных сетях 17.12.2016 (в).

На рис. 3а показан фрагмент сейсмограммы с РТСС SMK (вертикальная компонента), на которой записано землетрясение, сопровождавшее эксплозию на в. Шивелуч 16 декабря 2016 г в 22:31. По данным KVERT, 23:20 UTC 16 декабря эксплозии подняли пепел до 7-7,5 км н.у.м. (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php?n=2016-196>). На основании записи сейсмического сигнала высота эруптивного облака оценивается в 5600 м н.у.м [1, <http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/>]. Спустя ~ 2 часа в п. Ключи, расположенного южнее в 48 км в. Шивелуч по азимуту 30° , зарегистрирован пеплопад, интенсивность которого составила 20 гр/м^2 (устное сообщение А.Г. Маневич).

В п. Ключи выпал пепел из V области эруптивного облака (рис. 1), который распространялся на высотах 3000-4500 м в южном юго-западном направлении в соответствии с ветровой стратификацией (рис. 2б). На высотах выше 5000 м пепловое облако распространялось в западном – юго-западном направлении (рис. 2б), что отчетливо видно на спутниковых снимках (рис. 4). На момент времени первого спутникового снимка (23:28) (рис.4а) фронт пеплового облака расположен в 63 км от купола вулкана, на момент времени второго снимка (01:05) (рис.4б), фронт пеплового облака расположен в 153 км. Таким образом, скорость распространения пеплового облака, представленного мелкой фракцией пепла и аэрозолем, составила 16-18 м/с, что соответствует ветровой стратификации на высоте 5-5.5 км н.у.м. (рис. 2б). Это подтверждает факт возможности расслоения эруптивных облаков в зависимости от ветровой стратификации атмосферы, на что указывалось в работе [9].

Выпадения пепла в п. Ключи сопровождалось резким уменьшением V' ЭПА, значение которого в пике составило -1230 В/м и длительностью примерно 45 мин. (рис. 3б). Такой отклик V' ЭПА свидетельствует о том, что пепловое облако, представленное мелкой фракцией пепла, несло мощный отрицательный заряд.

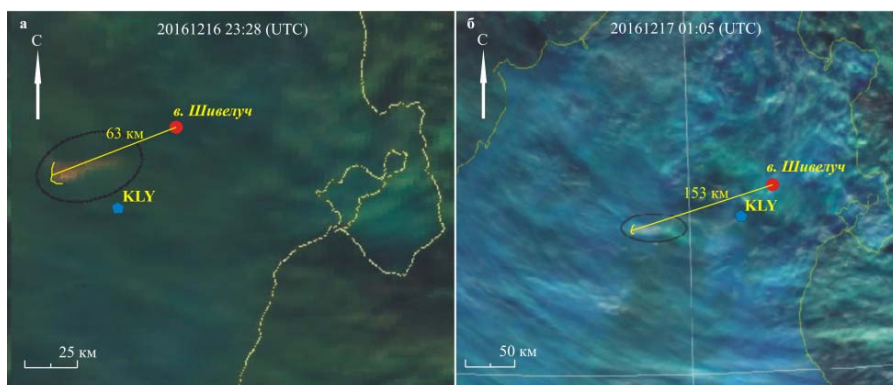


Рис. 4. Спутниковые снимки (Терра MODIS) эруптивного облака от извержения в. Шивелуч. Данные получены в режиме реального времени на приёмной станции Унискан-36, установленной в ИВиС ДВО РАН.

Выводы

Долговременные непрерывные наземные наблюдения за вариациями V 'ЭПА являются экспериментальной основой современных исследований атмосферного электричества вулканов. Регистрация электрических процессов в эруптивных облаках может быть одной из составляющих комплексного наблюдения за вулканическими извержениями с целью оценки пепловой опасности для авиатранспорта. Кроме того, по мнению авторов, наземные измерения V ' АЭП под вулканическими шлейфами в ближней зоне (до 500 км) могут в дальнейшем использоваться для оценок объёмов легкой фракции вулканического пепла в облаках, что до сих пор является неразрешенным вопросом.

Список литературы

1. Близнецов В.Е., Сенюков С.Л. Программа ADAP для автоматического выделения пепловых выбросов и расчёта их высоты по сейсмологическим данным // Сейсмические приборы. 2015. Т. 51. № 1. С. 46-59.
2. Ефимов В.А., Орешкин Д.М., Фирстов П.П., Акбашев Р.Р. Применение электростатического флюксметра "ЭФ-4" для исследований геодинамических процессов // Сейсмические приборы. 2013. Т. 49. № 4. С. 14-24.
3. Руленко О.П. Экспериментальное исследование электризации вулканических облаков. Автореферат на соис. уч. ст. к.ф.-м.н. Санкт-Петербург. 1994. 16 с.
4. Руленко, Токарев, Атмосферно-электрические эффекты Большого трещинного Толбачинского извержения в июле-октябре 1975 г. // Бюл. влк. ст. 1979. № 56. С.96-102.
5. Чалмерс Дж.А. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 420 с.
6. James M. R., Lane S.J., Gilbert J.S. Volcanic plume monitoring using atmospheric electrical potential gradients // J. Geol. Soc. London. 1998. № 155. P. 587-590
7. Mather T.A., Harrison R.G. Electrification of volcanic plumes // Serv Geophys. 2006. V. 37. P. 387-432/ DOI 10/1007/s10712-006-9007-2
8. Miura T, Koyaguchi T, Tanaka Y Measurements of electric charge distribution in volcanic plumes at Sakurajima volcano Japan // Bull Volcanol. 2002. 64:75-93
9. Shevtsov B.M., Firstov P.P., Cherneva N.V. et al. Lightning and electrical activity during the Shiveluch volcano eruption on 16 November 2014 // Nat. Hazard Earth Syst. Sci. 2016, V. 16, P. 871-874, doi:10.5194/nhessd-16-871-2016.