

Краткие сообщения

УДК 551.24 + 528.2/3

О ДЕФОРМАЦИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ПРОРЫВА БОЛЬШОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 1975-1976 гг. НА КАМЧАТКЕ

©2013 М.А. Магуськин¹, Н.Н. Титков², Ю.В. Демянчук¹

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;
e-mail: magma@kscnet.ru

²Камчатский филиал ГС РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Приведены количественные характеристики горизонтальных и вертикальных составляющих деформаций земной поверхности в районе Северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения 1975-1976 гг. на Камчатке в период 1976-2011 гг. Инструментально измеренные относительные вертикальные деформации опускания до 233 см связаны с прогибанием земной поверхности из-за образовавшихся масс шлаковых конусов и многометровых свежих лав. Горизонтальные деформации, выразившиеся в уменьшениях длин линий, связаны с релаксацией напряжений, возникших в ходе извержения, и уменьшением в объеме остывающих приповерхностных базальтовых даек.

Ключевые слова: измерения, реперы, движения, земная поверхность, извержение.

В процессе активной вулканической деятельности (увеличение давления в очаге, извержение) возникают аномально высокие напряжения в земной коре, которые вызывают видимые и измеряемые горизонтальные и вертикальные деформации земной поверхности в первые дециметры, метры и более. После извержения происходит длительная во времени релаксация возникших горизонтальных напряжений, продолжаются вертикальные деформации. Для слежения за этими процессами, как правило, выполняют повторные геодезические измерения. Сравнительно частые извержения в Южной аральной зоне шлаковых конусов Толбачинского дола на Камчатке в историческое время – общеизвестный факт. Здесь необходимо периодическое слежение за деформациями земной поверхности геодезическими методами, в том числе, для выявления прогностических признаков извержения.

Деформации земной поверхности вблизи новых вулканических шлаковых конусов, образовавшихся во время Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) 1975-1976 гг.

изучались лабораторией геодезии Института вулканологии ДВО РАН (ныне Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН) с самого начала извержения для изучения механизма внедрения магм в слои земной коры, образования магматических очагов и их глубин, прогноза вулканических извержений методами геодезических измерений. Результаты этих исследований изложены в работах (Магуськин и др., 2003; Шульман, Шароглазова, 1980; Федотов и др., 1984).

В 2011 г., через 36 лет после начала БТТИ 1975-1976 гг., здесь на сравнительно небольшой площади была создана геодезическая сеть с применением глобальной навигационной спутниковой системы GPS на основе прежде существовавших пунктов для выявления скоростей остаточных деформаций земной поверхности (рис. 1). В этот же год выполнено повторное нивелирование II класса по трассе от грунтового репера 3046 до скального репера 16 (рис. 2).

На рис. 3 показаны относительные вертикальные подвижки этих реперов во времени. Все

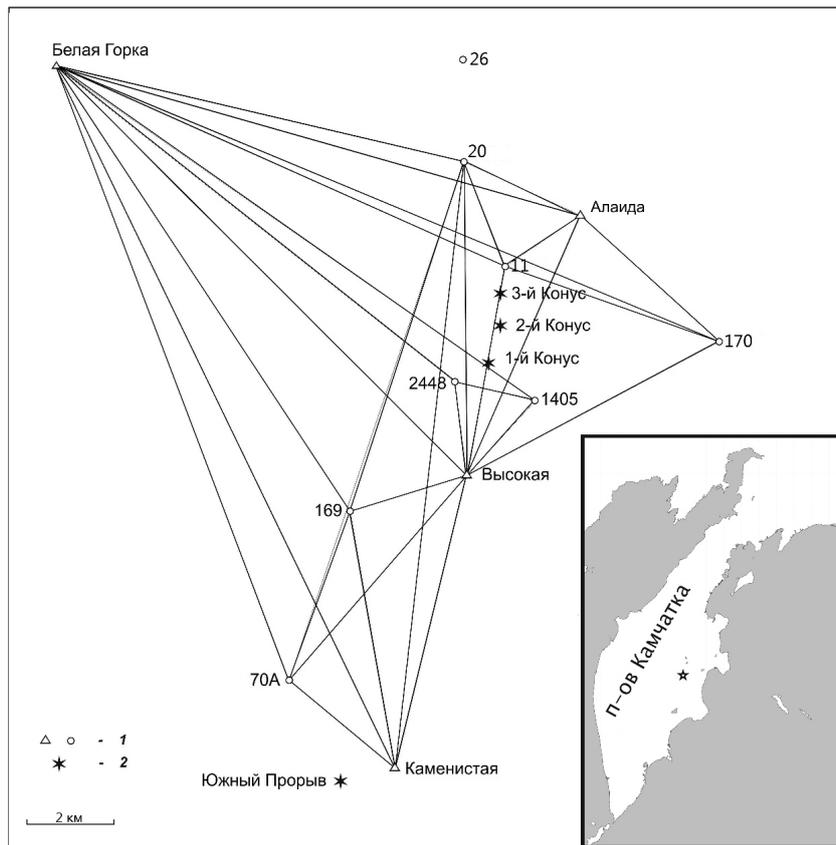


Рис. 1. Схема геодезической сети, созданной в 2011 г. GPS наблюдениями на основе ранее заложенных центров: 1 – пункты государственной триангуляции (треугольники), центры, заложенные в 1975-1976 гг. (кружки); 2 – новые шлаковые конусы. На врезке звездочкой показан район исследований.

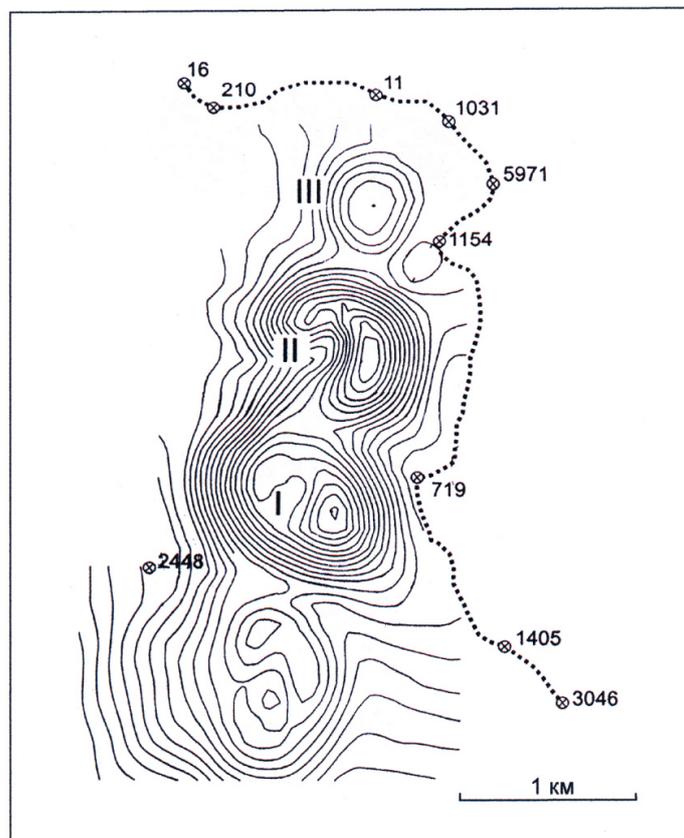


Рис. 2. Схема расположения реперов нивелирования II класса. I, II, III – новые шлаковые конусы.

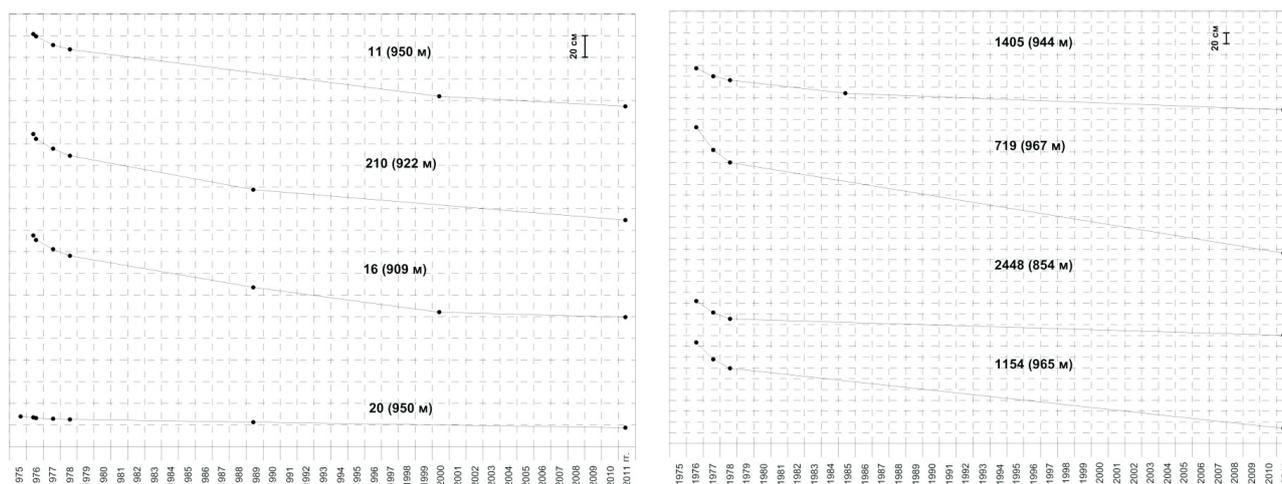


Рис. 3. Ход опускания реперов вблизи Северного прорыва БТТИ 1975-1976 гг. Реперы 16, 210, 11 заложены в старые лавы, реперы 1031, 5971, 1154, 719, 1405, 3046, 2448 — на глубину 3 м в верхние слои шлака, выпавшего в 1975 г.

они получены нивелированием II класса и вычислены по 1989 г. относительно условно неподвижного репера 26, расположенного в 4.5 км на ССЗ от конуса III (рис. 1). В 2011 г. нивелирование до этого репера не выполнялось. Каждая точка на графике имеет погрешность в пределах 2-15 мм в зависимости от удаления от репера 26. В 2011 г. за условно неподвижный репер принят пункт государственной триангуляции Бела Горка (рис. 1), который по данным исследований Производственного объединения «Дальаэрогеодезия» был стабильным в 1971-1977 гг. (Кириенко, 1979; Кириенко и др., 1978). От этого пункта превышения на т. 20 и далее на т. 11 передавались методом спутникового нивелирования по двухсуточным непрерывным GPS наблюдениям в предположении, что на таких коротких расстояниях высоты геоида (квазигеоида) над общим земным эллипсоидом одинаковы на всех трех точках. В силу этих причин отметки реперов, определенные в 2011 г. относительно пункта Бела Горка могут иметь погрешность в первые сантиметры, и на величины происшедших больших вертикальных деформаций за 22 года (с 1989 по 2011 гг.) они существенно не влияют (рис. 3). В табл. 1 приведены отметки геодезических центров (реперов) из определений разных лет. Максимальное опускание (-2.330 м) испытал репер 719 (рис. 2), заложённый в 1976 г. на глубину 3.0 м в толщу свежего шлакового покрова, выпавшего здесь во время образования трех конусов Северного прорыва БТТИ 1975-1976 гг. Он ближе всех расположен к примерному центру максимальной нагрузки на земную кору от веса конусов, шлака и лавы. В величинах опусканий реперов 719, 1154, 591, 1405, 2448, 3046, заложённых в толще выпавшего шлака, безусловно, присутствует доля за счет уплотнения нижних слоев шлака со временем. От такого влияния свободны ве-

личины опусканий скальных реперов 20, 16, 210, 11 (рис. 1, 2), заложённые на древнем лавовом потоке.

В табл. 2 приведены наклонные дальности (расстояния между геодезическими центрами) отдельных линий, измеренных в 1975-1989 гг. светодальномерами с погрешностью 2 ppm и определенных по GPS технологии в 1995-2011 гг. с погрешностью (2-3) ppm. Эти данные можно считать равнозначными. По этим немногочисленным данным видно, что наиболее близкие к центру Северного прорыва БТТИ пункты Высокая, 11, Алаида испытали наибольшие горизонтальные подвижки, причем скорость их была максимальной в первые годы после окончания извержения. При условии неподвижности пункта Бела Горка, характер изменения длин линий показывает, что пункт Высокая смещается по направлению СЗ, пункт Алаида на ЮЗ, пункт 11 на ЮЮЗ, пункт 20 на СВ. Налицо факт стягивания пунктов к центру Северного прорыва БТТИ — к центру опускания земной поверхности в этом районе. Разнонаправленное движение пунктов 20 и Алаида свидетельствует о нахождении их по разные стороны от узкой зоны растяжения, возникшей во время трещинного извержения 1975 г. За прошедшие 35 лет здесь происходили медленные возвратные движения, которые не следует считать сжатием земной поверхности.

ВЫВОДЫ

Земная поверхность вблизи Северного прорыва БТТИ 1975-1976 гг. продолжала опускаться относительно удаленного на 11 км от места извержения пункта Бела Горка. За прошедшие 35 лет величины опускания составили для реперов: 20 - 0.088 м; 16 - 0.714 м; 210 - 0.751 м; 11 - 0.746 м; 1154 - 1.590 м; 719 - 2.330 м; 1405 - 0.768 м; 2448 - 0.636 м.

Таблица 1. Отметки превышений геодезических центров относительно пункта Белая Горка в разные годы (система высот – Охотская).

Месяц и год определения	Номера геодезических центров									
	20	16	210	11	1154	591	719	1405	2448	3046
09.1975 г.	950.682	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06.1976 г.	0.674	909.556	922.893	991.219	-	-	-	-	-	-
08.1976 г.	0.666	9.514	2.848	1.196	965.171	969.682	967.454	944.346	854.236	-
08.1977 г.	0.661	9.428	2.757	1.117	4.860	9.411	7.037	4.196	4.021	930.843
08.1978 г.	0.654	9.367	2.693	1.076	4.693	9.243	6.802	4.128	3.904	0.799
08.1985 г.	-	-	-	-	-	-	-	3.883	-	0.639
08.1989 г.	0.629	9.076	2.379	-	-	-	-	-	-	-
08.2000 г.	-	908.846	-	990.642	-	-	-	-	-	-
07.2011 г.	0.578	8.800	2.097	0.550	3.581	-	5.124	3.578	3.600	0.414

Таблица 2. Наклонные дальности линий в разные годы.

Месяц и год определения	Название линий									
	20-11	20-Белая Горка	Алаида-Высокая	11 – Алаида	20 – Алаида	20 – Высокая	20 – Каменист.	Белая Горка-Алаида	Белая Горка-Высокая	Высокая-Каменистая
09.1975 г.	2488.374	9233.091	-	-	-	-	-	-	-	-
08.1976 г.	8.334	3.116	6289.361	-	-	-	12032.924	12807.389	6687.660	-
08.1977 г.	8.315	3.101	9.348	-	-	-	-	7.377	7.689	-
08.1978 г.	8.357	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.1989 г.	8.367	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.1995 г.	8.372	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.2000 г.	8.364	-	9.187	2032.663	2848.857	6945.962	13522.935	-	-	-
07.2011 г.	2488.373	9233.156	6289.166	2032.684	2848.843	6945.956	13522.930	12032.866	12807.275	6687.671

Горизонтальные смещения пунктов, близко расположенных к Северному прорыву БТТИ, были направлены к центру извержений и к «оси» узкой зоны растяжения, что свидетельствует о релаксации напряжений, возникших в ходе извержений.

Авторы выражают большую благодарность К.М. Магуськину, В.В. Юдину, А.В. Бабенко за участие в проведении полевых геодезических измерений и в обработке материалов.

Список литературы

Кириенко А.П. Результаты определения горизонтальных деформаций земной поверхности в районе Большого трещинного Толбачинского извержения по материалам угловых и линейных измерений 1971, 1976 и 1977 гг. // Бюллетень вулканологических станций. 1979. № 56. С. 63-66.

Кириенко А.П., Шульман В.А., Никитенко Ю.П. Анализ методов и результатов геодезических

работ на Толбачинском геодинамическом полигоне в 1971-1976 гг. // Геологические и геофизические данные о Большом трещинном Толбачинском извержении 1975-1976 гг. М.: Наука, 1978. С. 200-212.

Магуськин М.А., Левин В.Е., Бахтиаров В.Ф. Деформации земной поверхности в районе Большого трещинного Толбачинского извержения 1975-1976 гг. в период 1978-2000 гг. и их возможные причины // Вулканология и сейсмология. 2003. № 6. С. 55-61.

Федотов С.А., Энма нВ.Б., Никитенко Ю.П. и др. Геодезические исследования // Большое трещинное Толбачинское извержение (1975-1976 гг., Камчатка) / Под ред. С.А. Федотова М.: Наука, 1984. С. 472-513.

Шульман В.А., Шароглазова Г.А. Горизонтальные и вертикальные деформации земной поверхности в районе Большого трещинного Толбачинского извержения по данным геодезических измерений 1971, 1976 и 1977 гг. // Вулканология и сейсмология. 1980. № 3. С. 55-61.

**SURFACE STRAINS NEAR THE NORTH VENT OF THE 1975-1976
GREATE FISSURE TOLBACHIK ERUPTION**

M.A. Maguskin¹, N.N Titkov², Yu.V. Demianchuk¹

¹*Institute of Volcanology and Seismology, Far Eastern Branch of RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006 Russia*

²*Kamchatka Branch of Geophysical Service RAS, Petropavlovsk Kamchatsky, 683006 Russia*

The article presents data on horizontal and vertical surface deformations obtained during geodetic measurements in 1976-2011 around the North Vent of the 1975-1976 Greate Fissure Tolbachik Eruption. Instrumental measurements of the relative vertical deformations show lowerings to 233 cm associated with the surface deflection due to formation of cinder cones and thick deposits of fresh lavas. The decrease of baselines suggests horizontal compressive strains caused by stress relief, arisen during the eruption, and volume reduction of cooling-down near-surface basalt dykes.

Keywords: measurements, benchmarks, movements, surface, eruption.