

7. Конради С.Н, Келль Н.Г. Геологический отдел Камчатской экспедиции 1908-1911 гг. // Известия государственного Русского ГО. Т. 57. Вып. 1 Л.-М., 1925.
8. Крашенинников С.П. Описание земли Камчатки. М.-Л., 1949.
9. Кусков В. Топонимический словарь. Петропавловск-Камчатский.
10. Лоция побережий РСФСР Охотского моря и восточного берега полуострова Камчатки с островом Карагинским включительно. Владивосток, 1923.
11. Пийп Б.И. О названиях вулкана Ксудач и вулкан Штюбеля // Бюллетень вулканологической станции на Камчатке. М.-Л., 1941.
12. Рудич К.Н. Каменные факелы Камчатки. Новосибирск, 1978.
13. Селянгин О.Б. Вулкан Ксудач. // Действующие вулканы Камчатки. М., 1991.
14. В.Н. Тюшова. По западному берегу Камчатки. СПб, 1906.

УДК 551.24+528.2/3

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВУЛКАНЕ КСУДАЧ,  
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОДОЛЖЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

**М.А. Магуськин<sup>1</sup>, В.Е. Левин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН Петропавловск-Камчатский, 683006 Россия, [magma@ksnet.ru](mailto:magma@ksnet.ru)*

<sup>2</sup>*Камчатский филиал ГС РАН Петропавловск-Камчатский, 683006 Россия, [lev@emsd.iks.ru](mailto:lev@emsd.iks.ru)*

Вулкан Ксудач один из крупнейших вулканов Южной Камчатки, поперечник основания его около 20 км, на вершине располагается обширная почти круглая кальдера диаметром 8.4 км. В кальдере расположено вытянутое в северо-восточном направлении озеро Ключевое. К северу от этого озера возвышается косоусеченный молодой вулканический конус Штюбеля в кратере которого находится озеро под тем же именем. Высоты отдельных возвышенностей кальдеры не превышают 1080 м и в среднем составляют около 1000 м над уровнем моря. Сведения о вулкане Ксудач опубликованы в работах И.В. Мелекесцева, Л.Д. Сулержицкого и др. [3, 4, 5].

Глубинное строение кальдер Камчатки изучалось в конце 60-х годов XX века М.И. Зубиным по геофизическим данным [1]. В частности, анализируя данные гравиметрической съемки на вулкане Ксудач, М.И. Зубин пришел к выводу о наличии под этим вулканом аномального объекта, имеющего форму близкую к сфере или вертикального цилиндра, причем глубина залегания центра сферы оценивается в 8 км, а верхняя кромка в случае вертикального цилиндра – 3.5 км. Автор считает более вероятным наличие вертикального аномалиеобразующего цилиндрического тела. В то же время по магнитным данным оказалось предпоч-

нительным поместить центр трехмерного аномалиеобразующего тела на глубину около 1.5 км. Из этих данных совершенно очевидно одно – под вулканом Ксудач есть аномалиеобразующее тело.

Факты, что вулкан Ксудач считается действующим (последнее его извержение произошло 28 марта 1907 года), а также наличие под ним аномалиеобразующего тела, привели нас к пониманию необходимости изучения здесь деформаций земной поверхности и тем самым получить еще одни данные для изучения развития кальдер и механизма активизации кальдерных вулканов.

Работы были начаты в конце октября 1973 г. с рекогносцировки и первых пробных светодальномерных измерений двух линий, выполненных, к сожалению, при крайне неблагоприятных метеорологических условиях. В 1974 году, после основательной подготовки, была заложена сеть для высокоточных измерений светодальномерами дистанций между твердо закрепленными пунктами на кальдере. Геодезическая сеть на вулкане Ксудач представляет собой сеть трилатерации из 9 пунктов (рис. 1). Пункты Каменистая, Беленькая,

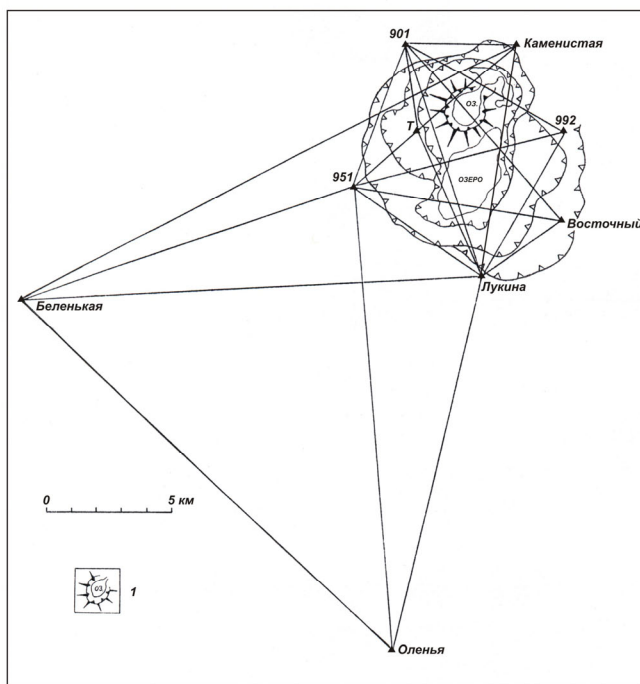


Рис. 1. Схема измеренных длин линий. Зубчатыми кривыми линиями показан кальдерный комплекс вулканического массива Ксудач (по В.И. Мелекесцеву [3]). 1 – конус извержения вулкана в 1907 году.

Оленья, Лукина являются пунктами государственной триангуляции 2 класса. Два из них, Лукина и Каменистая и нами заложенные Восточный, 992, 951, 901, расположены по борту кальдеры и пункт Теплый на экстрезии, возвышающейся на западном берегу озера Ключевое. Пункты Оленья и Беленькая удалены от центра кальдеры на 20 км. Измерения длин линий в этой сети выполнялись в 1974 и 1975 годах одними и теми же светодальномерами СГ-3 и по одной и той же методике, обеспечивающей погрешность измерений  $\pm 1 \times 10^{-6} \times D$ , где  $D$  – измеряемая дистанция в мм. Метеопараметры: температура, давление, влажность измерялись как на пункте установки приемо-передающего блока светодальномера, так и на пункте

установки отражателя. В 1980 г. внутри кальдеры проложен нивелирный профиль длиной 2,4 км вдоль северо-западного берега озера Ключевое. Концы этого профиля закреплены скальными реперами. Превышение между ними из нивелирования I класса оказалось равным  $121,173 \text{ м} \pm 2 \text{ мм}$ .

В таблице приведены значения наклонных дальностей всех измеренных дистанций в 1974 году. Под наклонной дальностью следует понимать расстояние между центрами пунктов, т. е. измеренное расстояние со штативов редуцировано к центрам пунктов.

**Таблица. Ведомость длин линий, измеренных в 1974 г. (вулкан Ксудач, Камчатка)**

С пункта	На пункт	Длина линии, м
Лукина	Оленья	14 557.033
	Беленькая	19 597.893
	951	6 121.688
	Т	6 091.143
	901	8 986.521
	Каменистая	9 612.876
	992	6 829.285
	Восточный	4 436.836
951	Оленья	17 994.401
	Беленькая	15 499.071
	901	4 994.382
	Т	2 947.472
	Каменистая	8 505.435
	992	8 438.801
901	Восточный	7 958.598
	Каменистая	4 652.317
	992	6 858.771
	Восточный	8 131.986
Беленькая	Т	2 940.793
	Каменистая	23 505.739
	Оленья	20 895.478

На рис. 2 приведены разности в абсолютной мере, в см, между значениями длин линий, измеренных в 1974 и 1975 годах. Из этих данных видно, что изменения длин линий как между удаленными от кальдеры пунктами Оленья и Беленькая, так и между ними и пунктами на кальдере, не превышают погрешностей определений их. Отсюда следует, что пункты Беленькая и Оленья взаимно стабильны, т.е. один относительно другого не смещается. Однако, разницы в длинах линий, пересекающих кальдере в разных направлениях, незначительно превышают погрешности их определения и все они положительные. Этот частный факт, по-видимому, является признаком растяжения (расползания) кальдеры в промежутке времени 1974-1975 гг. и он нуждается в подтверждении. В настоящее время выполнить повторные

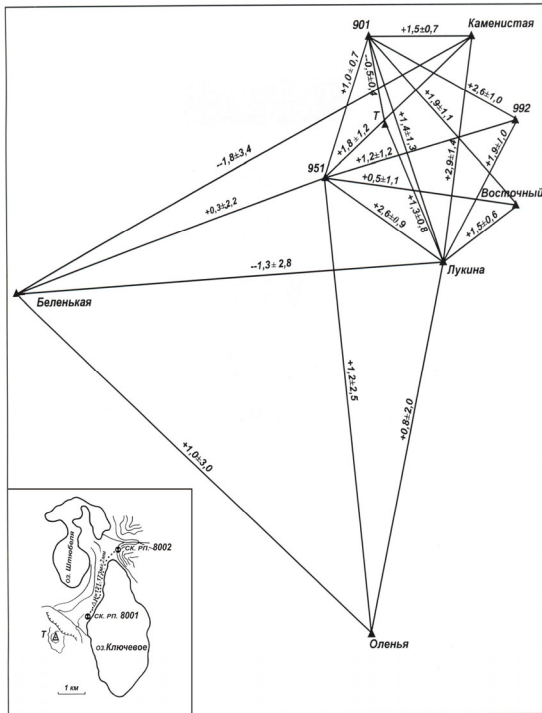


Рис. 2. Изменения длин линий в см и их погрешности по данным измерений в 1974 и 1975 годах. Вставкой показано местоположение нивелирного профиля и измеренное в 1980 г. превышение между реперами.

измерения и организовать геодезический мониторинг деформаций земной поверхности вулкана Ксудач можно и нужно, используя современные технические средства измерений, такие как спутниковые геодезические приемники. Точностные возможности GPS-GLONASS систем можно охарактеризовать следующим образом. По опыту полевых геодезических измерений на вулкане Карымский за суточный цикл может быть обеспечена точность измерения линии длиной до 20 км на уровне 2 мм. В условиях стационарных измерений, когда может быть изучено и ослаблено влияние основных ошибок, связанных с неточным учетом влажности, влиянием многопутности лучей и «блужданием» фазового центра приемника, для указанных длин линий ошибка может быть уменьшена до уровня 1 мм. Это означает, что измерения, выполненные в две эпохи, могут обеспечить определение скорости изменения линейной деформации на уровне  $1 \cdot 10^{-7}$ . Создание локальной GPS-GLONASS сети в районе вулкана Ксудач, как составной части региональной GPS сети KAMNET [2], позволит по результатам последующих эпох измерений по всей сети не только изучить современные движения в районе вулкана, но и получить данные по размерам площади проявления деформаций, связанных с субдукционными землетрясениями в районе южной части полуострова Камчатка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубин М.И. Глубинное строение кальдер Камчатки (по геофизическим данным) // Автореферат канд. дис. Петропавловск-Камчатский, 1971. С. 17.

2. Левин В.Е, Гордеев. Е.И, Бахтиаров В.Ф., Касахара М. Предварительные результаты GPS мониторинга на Камчатке и Командорских островах // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 3-11.
3. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Катастрофические кальдерообразующие извержения вулкана Ксудач в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4-5. С. 28-53.
4. Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Вулкан Ксудач (Камчатка) за последние 10 тыс. лет // Вулканология и сейсмология. 1987. № 4. С. 28-39.

УДК 551.21 + 551.234: 550.72 (571.66)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЯМИ В КАЛЬДЕРЕ ВУЛКАНА КСУДАЧ, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА (ПО ДАННЫМ 1937-2006 ГГ.)

**А.Г. Николаева**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
683006; e-mail: [ocean@kscnet.ru](mailto:ocean@kscnet.ru)*

### ВВЕДЕНИЕ

Важной особенностью вулcano-тектонической системы Южной Камчатки является наличие крупных долгоживущих вулканических центров, один из которых является вулкан Ксудач. Образования подобного рода вызывают повышенный интерес, поскольку в них, наряду с активным и контрастным вулканизмом, широко проявляется древняя и современная гидротермальная деятельность [8].

Кольцевая структура вулкана сформировалась в узле пересечения глубинного разлома северо-восточного простирания с поперечными зонами субширотных нарушений. Такое положение вулкана предопределяет длительный и стабильный вынос тепла и вещества из глубоких горизонтов земной коры и верхней мантии.



Рис. 1. Вид с северо-запада на кальдере Ксудач.

В морфологическом плане Ксудач относится к довольно редкому типу – кальдера вулкан (рис. 1). Вулканов подобного типа у нас на Камчатке имеется всего лишь два – это Ксудач и Узон, расположенный в восточной части полуострова [14].

Кальдерный вулкан Ксудач характеризуется повышенной интенсивностью и длительностью его вулканической деятельности,

сопровождающейся к тому же еще и прогрессирующей дегазацией [7, 16].