

ТЕКТОНИКА И ВУЛКАНОТЕКТОНИКА КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ

В.А. Ермаков

Институт физики Земли РАН, Москва. E-mail: ermak@ifz.ru

Толкование тектонических и вулканотектонических структур до сих пор неоднозначно, поэтому вначале обсудим коротко наше понимание этих понятий. Известные советские геологи В.И. Влодавец [1940], Б.И. Пийп [1956], А.Е. Святловский [1988], возглавлявшие в разное время Камчатскую вулканологическую станцию, дали разное толкование этих терминов. В.И. Влодавец относил к вулканотектоническим структурам кальдеры, соммы, секторные грабены, горсты, оползни (шарры), круговые или радиальные трещины, то есть малые тектонические формы, которые непосредственно связаны с постройками крупных вулканов и являются следствием развития магматических очагов или вулканических каналов. Наиболее крупные структуры такого типа – кальдеры; они могут объединять несколько вулканов. Поперечник молодых кальдер составляет 5-10, максимум до 15-18 км [Леонов и др., 2004]; в древних, например, в меловых структурах, диаметры кальдер заметно больше. Б.И. Пийп и А.Е. Святловский относили к вулканотектоническим любые по размерам структуры при условии их связи с массовыми проявлениями вулканизма. Так, Пийп полагал, что вся часть Центральной Камчатской депрессии (далее ЦКД), занятая Ключевской группой вулканов (КГВ), относится к вулканотектонической структуре с круговыми ограничениями (разломами?) диаметром до 80 км. Близкого мнения придерживался Святловский, который разделял парадоксальное определение Г. Клооса о том, что «магматизм есть тектоника высокоподвижного расплава». А.Е. Святловский и др. [1988], развивая концепцию океанского телескопированного рифтогенеза, считал вулканотектоническими огромные структуры океанского дна. В этом случае структуры имеют региональный и даже глобальный характер, при этом их связи с вулканизмом могут быть парагенетическими, связанными с некоторым третьим фактором, например, с планетарными гравитационными, конвекционными или ротационными силами. А.Н. Заварицкий [1955], знаток камчатской вулканологии, который также стоял у истоков Ключевской вулканологической станции, выделил главные «тектонические линии», контролирующие деятельность вулканов Камчатки, связав их формирование с существованием сейсмофокальной зоны. Выделенные им линии фактически являются глубинными разломами, которые контролируют формирование и деятельность вулканов. Представления автора этого сообщения близки к идеям Влодавца¹ и Заварицкого. Масштабные тектонические процессы на наш взгляд не имеют отношения к вулканотектонике. С учетом этого рассмотрим главные тектонические структуры КГВ.

Особенности региональной тектоники представлены на рис. 1 [по Ермакову, 1977]. Общая площадь вулканизма Ключевской группы вулканов 8500 км², а ее объем за четвертичный период 4010 км³. На верхней врезке отражены морфометрические особенности вулканического нагорья, а на основном рисунке – главные дизъюнктивные структуры этой части ЦКД. Изогипса 800 м хорошо показывает примерный контур меридионального поднятия, выраженного и в поле силы тяжести (положительной аномалией). Высота захороненного поднятия фундамента не более 500 м. Из анализа ксенолитов и гравиметрических данных следует, что в фундаменте фиксируется высокое положение ультраосновных пород и амфиболитов базальтоидов в контакте с кремнями. Поднятие обрамляется с запада и востока субмеридиональными периферическими впадинами, Козыревской и Хапиченской, формирующимися с позднего палеогена или с миоцена, активно проседающими и в настоящее время; менее выразительные поперечные структуры (Ключевской грабен и Толбачинская депрессия) также отражены на схеме площадями с высотой 50-200 м. Интенсивное опускание Ключевского грабена в позднем плейстоцене и в голоцене привело к прекращению деятельности вулканов Харчинский и Заречный, расположенных за пределами КГВ, напротив п. Ключи. Таким образом, можно говорить о синхронных компенсационных опусканиях по периферии вулканического нагорья. Вулканы с высотами более 2500-3000 м формируют принципиально иную морфоструктуру, связанную с развитием глубинного

¹ Моя первая публикация [Ермаков, 1965], как раз посвященная вулканотектонике КГВ, была выполнена под руководством А.Е. Святловского, который в ту пору был начальником вулканостанции. Хотя в публикации были представлены идеи В.И. Влодавца, А.Е. Святловский одобрил ее без колебаний. Это – очевидное свидетельство его великодушия и демократизма.

разлома СВ простирания и расположенных вдоль него протяженных зон ареального вулканизма. К крупнейшим вулканам относятся Плоских сопки, Ключевской и Камень, Плоский и Острый Толбачики.

Важной тектонической структурой является система широтных грабенов с ограничениями типа сбросо-сдвигов (?), представленная долинами р.р. Студеная, Ключ Гундровый, стыкующимися в районе экструзий Плотины. Эта локальная структура является частью системы трансформных разломов, пересекающих центральную и восточную части Камчатки с формированием рифта ЦКД [Ермаков и др., 1974]. Структура хорошо выражена в магнитном поле.

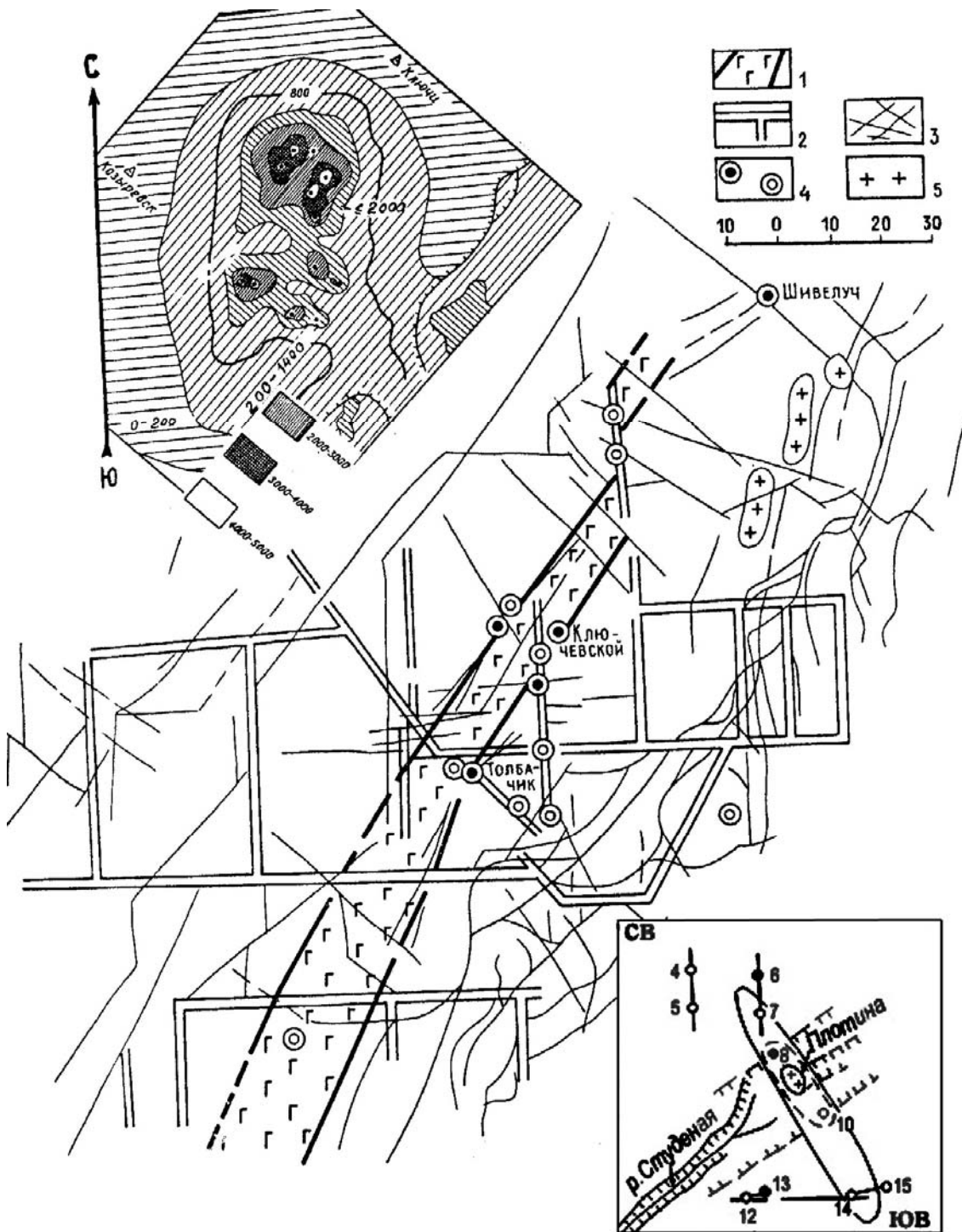


Рис. 1. Соотношение разломов разной глубинности в районах Северной группы вулканов.

1 – зона глубинных разломов; 2 – разломы консолидированного фундамента; 3 – разломы мезокайнозойского структурного яруса; 4 – вулканы: черный кружок – действующие, двойной светлый – потухшие; 5 – интрузии высокомагнитных габбро (?) – магнитные аномалии. Двойной кружок на крайнем ЮЗ в полосе глубинного разлома – плиоценовый вулкан Николка (Кинчоклок). На врезке в левом углу показана морфометрическая схема Ключевской группы вулканов. Изолинии высот в метрах. Лавовое основание поднимается до 2000 м, наибольшие высоты вулканов – почти до 5 тыс. м. Аномалия рельефа в средней части рисунка соответствует широтной тектонической долине р. Студеная. Врезка внизу справа показывает соотношения меридионального ряда вулканов с разломами других направлений. Черные точки – действующие вулканы: Ключевской, Безымянный, Плоский Толбачик.

На бортах захороненного грабена располагаются вулканы Безымянный² и группа Зиминых сопок; в этой части его ширина достигает 15км, но в настоящее время борта грабена сужены. Вулкан Безымянный лишь морфоструктурно связан с гигантскими вулканами; он располагается на склоне Камня, поэтому его иногда рассматривают как сателлит вулканов Ключевского или Камня, что не имеет никаких оснований. Названная широтная структура делит КГВ на две резко различающиеся части: северную, с наиболее интенсивным и существенно базальтовым вулканизмом, и южную, в которой вулканическая активность заметно меньше, в особенности в стороне от глубинного разлома (группы Зиминых и Удиных сопок), зато здесь заметно больший объем имеют породы средне-кислого состава.

Схема дизъюнктивной тектоники составлена с использованием общих геолого-геофизических данных, в частности данных гравиметрии. Выделена зона глубинного разлома, соответствующая ареальным образованиям и базальт-андезитобазальтовой формации [Ермакову, 1977], его протяженность в поле развития КГВ достигает 100км. Вторая группа разломов (широтных и долготных) объединяется в ортогональную систему и связана с блоками кристаллического цоколя; именно эти разломы формируют упомянутое выше меридиональное поднятие. Меридиональная система разломов контролирует высокую активность ряда вулканов от Зиминых сопок до Ключевского вулкана; этому ряду соответствует значительный градиент силы тяжести. Наконец, паутина мелких разломов неглубокого заложения относится к оперяющим производным той и другой систем разломов, они реализованы в основном в верхней, осадочной оболочке. Интересно соотношение глубинных и ортогональных систем разломов. Первые, несомненно, более глубокие, достигающие верхней мантии, но они более молодые, чем разломы ортогональной системы. Протяженный Камчатский разлом на границе Восточно-Камчатского хребта с ЦКД в мезомасштабе оказывается составленным из коротких участков ортогональных разломов. Его протяженность не отражает глубинности, он исчезает на глубинах менее 20км (по ГСЗ); так же самое, известный разлом Сан-Андреас в Северной Америке выколаживается на глубинах 20-25км, расщепляясь на ряд исчезающих пологих трещин. Возможно, что нижняя кора в силу ее высокой пластичности (на долгих временах) не имеет дизъюнктивного отражения в рельефе, как это характерно для верхней коры.

Перечислю ряд вулканотектонических структур, которые со времени наших работ в 70-80-х годах прошлого века [Ермаков, 1965, 1969, 1977] практически не изучены: 1) Горсты или куполовидные вздутия на вершинах вулканов Острый Толбачик, Камень, Дальний Плоский. Амплитуда подъема горстов, оцененная по смещениям радиальных даек достигает десятков метров. Горсты формируются при крупных пароксизмах, связанных с внедрением вершинных экструзий. 2) Кальдеры на вулканах Зиминых сопок, вулкане Малая Удина, на плато Удинского дола, полукольцевые депрессии на СВ склонах и подножии Камня, грабен долины Паразитов на западном склоне Камня. Особенно интересна первая кальдера с поперечником 10-12км, сформированная в позднем плейстоцене до формирования конусов Овальная и Острая Зимины; в это же время образованы и различные небольшие грабены на склонах Горного Зуба. Исследование этой кальдеры важно в связи с образованием в это время в области палеократера мощной зоны алунизации. 3) Многочисленные кратеры, соммы, радиальные и кольцевые трещины на склонах

² Показательна соответствующая ориентировка соммы и терминального купола Нового вулкана Безымянный.

стратовулканов, зафиксированные дайками. Как отмечено, формирование этих структур связано с особенностями эволюции магматических очагов и каналов вулканов.

Соотношения региональных тектонических структур и петрологические особенности вулканитов позволяют предположить следующую схему тектономагматического процесса. Базальтовые магмы глубинного разлома по-видимому поднимаются быстро, не испытывая значительных изменений. На уровнях консолидированного фундамента глубинная магма перераспределяется в соответствии с делимостью фундамента. В полости ортогональных разломов формируются магматические очаги, которые при наличии значительного тепла могли эволюционировать при большой роли контаминации. Действительно, с меридиональными разломами связаны породы с большой ролью андезитов и андезидацитов. Очаги в верхнем структурном ярусе представлены силами или лакколитами. Выход магм на поверхность обеспечивается паутиной разнообразных мелких разломов. В период, когда глубинные разломы достигают поверхности, происходит одновременное функционирование разнородных магматических источников: базальт-андезитобазальтовая ассоциация пород локализуется вдоль линеаментов СВ простирания, а базальт-андезит-дацитовая – вдоль меридиональных или широтных. Центральная часть КГВ в районе Плотины интересна тем, что здесь пересекается меридиональный ряд вулканических тел с большой ролью андезитов и дацитов неглубокого заложения и ряд ареальных существенно базальтовых проявлений, связанных с глубинным разломом. Здесь в наибольшей степени могут быть проявлены смеси различных магматических источников. Глубинный разлом, таким образом, выполняет роль раздвигателя; установленный наклон этого разлома к востоку (Ермаков, 1977) обеспечивает преимущественно восточное сдвигание пластин консолидированного фундамента, т.е. собственно образование поверхностей срыва (detachment), которые в том или ином виде генерируют коровую сейсмичность. Во второй статье этого сборника с участием автора будут рассмотрены детали и особенности этих процессов с учетом данных сейсмотомографии.

Список литературы

- Влодавец В.И.** Ключевская группа вулканов. Тр. Камч. Вулк. Ст., вып.1. 1940 148с.
- Ермаков В.А.** Вулканотектоника Ключевской группы вулканов на Камчатке. Восьмая конф. молодых ученых Дальнего Востока. Владивосток, 1965, с.22-23.
- Ермаков В.А.** Некоторые вопросы методики картирования вулканогенных формаций на примере Ключевской группы вулканов на Камчатке. //Методика картирования вулканогенных формаций. Москва, Наука, 1969, с.62-72.
- Ермаков В.А., Милановский Е.Е., Таракановский А.А.** Значение рифтогенеза в формировании вулканических зон Камчатки. Вестник МГУ, сер.геол., 1974. №3, с. 3-20.
- Ермаков В.А.** Формационное расчленение четвертичных вулканических пород. Недра. 1977. 225с
- Заварицкий А.Н.** Вулканы Камчатки. Изд-во АН СССР. М., 1955.152с
- Леонов В.Л., Гриб Е.Н.** Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток, Дальнаука. 2004. 189с
- Пийп Б.И.** Ключевская сопка и ее извержения в 1944-1945гг. и в прошлом. Тр. Лаб.вулк.,вып.11, 1956. 312с.
- Святловский А.Е., Китайгородский Ю.И.** Геодинамическая вулканология. Изд-во Недра, 1988. 256с.