

каны Плоский Толбачик, является переходный от коры к мантии слой, в пределах которого расположены основные питающие зоны всего района извержения. Показательно, что в пределах этого переходного слоя магматические очаги могут располагаться на разных уровнях, что может приводить к образованию разных по составу базальтовых расплавов и к смешению их при продвижении магмы к поверхности. Выявленная система динамически связанных магматических очагов хорошо объясняет характер проявления сложного извержения Новых Толбачинских вулканов и все разнообразие продуктов его деятельности.

Результаты просвечивания вулканов Авачинско-Корякской группы

Земная кора (и верхняя мантия) под Авачинско-Корякской группой вулканов обладает рядом специфических особенностей (см. гл. III). Прежде всего здесь следует отметить резкое отличие ее строения от соседних блоков земной коры. По-видимому, эта особенность строения коры присуща всему Восточному вулканическому поясу Камчатки. В этом районе, так же как и под вулканами Ключевской группы, наблюдается очень сложное строение нижней части земной коры и верхней мантии. Под районом вулканов Авачинско-Корякской группы выявляется еще более мощная переходная зона от коры к мантии (мощность ее достигает 20 км), которая характеризуется сложным распределением скоростей (в том числе и слоями с инверсией скорости). Такое строение подошвы земной коры этого региона весьма характерно, оно явилось предметом острой дискуссии о возможности отнесения этого слоя или к коре [Глубинное ..., 1978], или к верхней мантии [Балеста и др., 1974]. Вопрос этот имеет важное значение для решения проблем направленности развития земной коры в областях современного вулканизма и будет рассмотрен ниже. Однако автору представляется, что такое сложное строение нижней части земной коры и верхней мантии указывает прежде всего на то, что в переходном от коры к мантии слое происходят сложные процессы преобразования вещества за счет плавления как нижних частей «базальтового» слоя, так и верхов мантии. Отсюда можно заключить, что отнесение этого слоя к земной коре так же неправомерно, как его отнесение к верхней мантии. С другой стороны, эти данные, по-видимому, прямо указывают местонахождение очаговых зон питания вулканов. По всей вероятности, не случайно также и зафиксированное под Авачинским вулканом резкое поднятие до глубин 20—22 км кровли переходного от коры к мантии слоя (см. рис. 8). Кстати, распространение до этих же глубин верхней части аномальной неоднородности, зафиксированной в верхней мантии по затуханию сейсмических волн от землетрясений, указывается и по сейсмологическим данным [Фарберов, 1974]. Результаты ГСЗ, выполненные при продольном профилировании через Авачинский вулкан (см. рис. 5, профиль IV) и через Корякский вулкан (профиль III), не дали прямых указаний о существовании под этими вулканами крупных неоднородностей, вызывающих вование под этими вулканами крупных неоднородностей, вызывающих аномальные эффекты в распространении сейсмических волн. Более ранними работами автора по методу КМПВ в районе Авачинского вулкана показано, что под этим вулканом на глубине залегания верхнемелового фундамента (глубина его 1,5—2,0 км) расположен периферический магматический очаг,

вызывающий уменьшение скоростей продольных сейсмических волн по кровле фундамента и аномальное затухание этих волн в зоне тени вулкана [Балеста, 1967, 1970]. На основании этих данных, а также материалов грави- и магнитометрии установлены размеры этого тела и оценены физические параметры вещества. Основные сведения о местоположении и размерах аномальной неоднородности в плоскости верхнемелового фундамента получены на продольном профиле, пересекающем Авачинский вулкан, где выявлены кинематические данные о запаздывании сейсмических волн, преломленных на границе фундамента, что указывает на существование в его пределах неоднородности с пониженными упругими параметрами. В отличие от продольного профиля на непродольном профиле, отработанном по методике просвечивания, получена зона затухания этих волн, что позволило предположить различные размеры неоднородности в разных сечениях тела [Балеста, 1971]. Следует отметить, что по данным тепловых расчетов под Авачинским вулканом также выделяется периферический магматический очаг [Федотов, Горицкий, 1980]. По сейсмическим границам раздела, расположенным ниже верхнемелового фундамента, при продольном профилировании по методу ГСЗ никаких аномальных неоднородностей в пределах земной коры не обнаружено [Балеста и др., 1974]. Однако при сравнении данных наземно-морского профиля ГСЗ, прошедшего вблизи южного подножия Авачинского вулкана, и профиля, проходящего непосредственно через Авачинский вулкан, обнаружилось резкое отличие строения нижней части земной коры и верхней мантии блока, расположенного под Авачинско-Корякской группой вулканов, от соседних блоков земной коры, в особенности от континентальных блоков [Балеста и др., 1977; Глубинное сейсмическое..., 1978]. Основные отличия заключаются в том, что наблюдается совершенно различный состав слоев земной коры, а также большая мощность коры (гл. III). Эти отличия, и в особенности весьма специфическое строение слоя, переходного от коры к мантии, заставляют предполагать, что областью расположения основных магматических очагов вулканов этой группы является именно переходный слой, расположенный в этом районе на глубинах от 20 до 50 км (слой промежуточных магматических очагов по С. С. Федорову). С целью выявления магматических очагов под этими вулканами, приуроченных к нижним частям земной коры и к переходному от коры к мантии слою, были выполнены специальные сейсмические наблюдения по методике просвечивания с помощью сейсмических волн, прошедших под вулканами на глубине расположения кровли этого слоя. Такие наблюдения выполнены на профиле VI, который отрабатывался как продольный профиль КМПВ—ГСЗ в долине реки Налычева и одновременно как непродольный из пунктов взрыва, расположенных с противоположной стороны вулканической группы (см. рис. 7). При этом в построении модели среды и уточнении волновой картины широко использовались также данные продольных профилей ГСЗ, выполненных в районе Авачинско-Корякской группы вулканов (см. рис. 5, профили III, IV и V). Все эти сейсмические материалы позволили получить приближенную модель среды непосредственно под вулканами, сформулировать необходимые положения для интерпретации волновой картины при просвечивании вулканической группы. Модель среды под Авачинско-Корякской группой соответствует той модели, которая выявлена на наземно-морском профиле ГСЗ и на профиле, пересекающем Авачинский

вулкан (см. рис. 8). Другими словами, под этими вулканами земная кора может быть охарактеризована следующими параметрами: кровля слоя консолидированной коры залегает здесь с погружением под вулканы на глубине 5—6 км; выше ее располагается несколько границ раздела, составляющих вулканогенно-осадочный слой, в том числе и граница верхнемелового фундамента, в котором выявлен периферический магматический очаг; ниже кровли консолидированной коры залегает слой, который только условно можно назвать «гранитным», так как скорости в нем составляют 6,8 км/с; «базальтовый» слой со скоростями 7,0—7,2 км/с залегает здесь всего на глубине 9—10 км, распространяясь до глубин 20—22 км, где наблюдается граница раздела, то нее получены отраженные и преломленные волны по скоростям продольных волн она может быть отнесена к подошве земной коры; ниже этой границы выявляется мощный переходный слой со сложным распределением скоростей (скорости 7,8—8,0 км/с наблюдаются до глубин 30 км, дальше скорости уменьшаются до 7,4—7,6 км/с и снова увеличиваются до нормальных значений ($V_r = 7,9—8,0$ км/с) на глубинах 42—45 км. В пределах переходного от коры к мантии слоя наблюдается несколько отражающих горизонтов; подошва переходного слоя фиксируется и по отраженным, и по преломленным волнам. Надо, однако, отметить, что в целом интенсивность преломленных волн почти на порядок меньше отраженных, так что, по-видимому, при просвечивании вулканов в основном регистрируются отраженные от различных горизонтов переходного слоя волны. Система наблюдений при просвечивании вулканов была рассчитана на прослеживание именно этих волн: расстояние пункт взрыва—пункт приема составляло 60—75 км, а вулканы располагались приблизительно посередине, с тем чтобы получить картину прохождения отраженных волн непосредственно под вулканами. На рис. 23 приведен амплитудный график затухания сейсмических волн, зарегистрированных в первых вступлениях на профиле VI из пунктов взрыва 1 и 2 (см. рис. 7). Отчетливо видно, что в створе вулкана Корякский наблюдается интенсивное затухание сейсмических волн, прошедших непосредственно под ним, причем зона резкого затухания составляет всего 1,5—2,0 км. Можно заметить также, что, как и в предыдущих случаях, отмечается осциллирующий характер затухания сейсмических волн на границе зоны тени. Однако полная картина затухания волн в зоне тени этого вулкана не получена, так как наблюдается полное экранирование волн внутри самой зоны затухания. Картина приблизительно напоминает ту, которая получена при просвечивании Ключевского вулкана, где выявлена почти такая же по физическим параметрам зона полного затухания сейсмических волн. Соответственно можно констатировать, что под Корякским вулканом на глубине расположения переходного от коры к мантии слоя существует неоднородность, вызывающая аномальное поглощение сейсмических волн. По аналогии с Ключевским вулканом, а также принимая во внимание небольшие размеры зоны аномального затухания, можно говорить о существовании под этим вулканом «магмовода» с поперечными размерами 1,5—2,0 км, который соединяет магматический очаг, располагающийся в верхней мантии или в переходном слое, с кратером вулкана.

В отличие от Корякского под Авачинским вулканом при его просвечивании с помощью сейсмических волн, прошедших в нижних частях земной коры

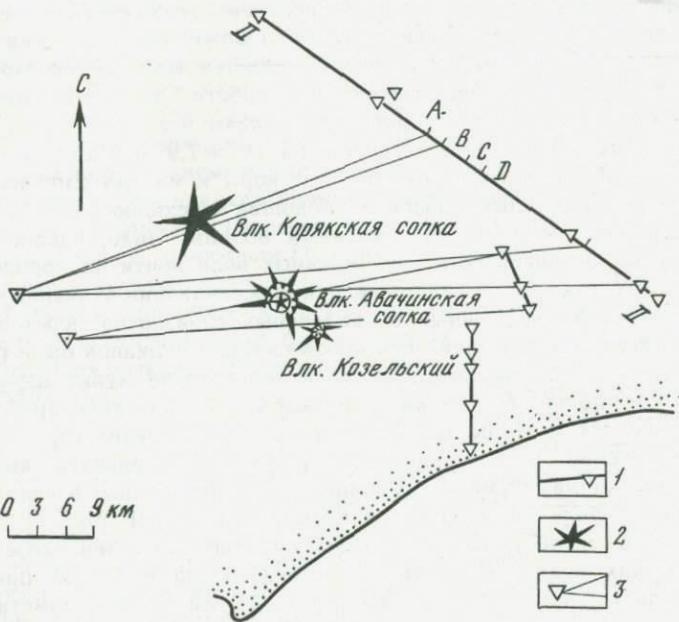
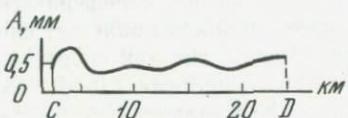
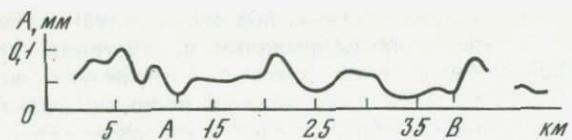


Рис. 23. Схема просвечивания и амплитудный график затухания волн в районе Авачинско-Корякской группы вулканов

1 — пункты взрыва и профили наблюдений при продольном профилировании;
2 — вулканы; 3 — секторы просвечивания

или в переходном от коры к мантии слое, таких зон затухания не обнаружено. Это тем более удивительно, что Авачинский вулкан считается наиболее активным в группе и, как отмечалось выше, под этим вулканом наиболее четко выражены аномальные свойства переходного слоя. По-видимому, можно предположить, что «фронт плавления» под этим вулканом расположен значительно ниже кровли переходной зоны и что под ним нет «магмовода», подобного «магмоводу» Корякского и Ключевского вулканов. Это, по-видимому, является отличительной чертой базальтовых вулканов, не имеющих в земной коре периферических магматических очагов. Отсюда можно также заключить с некоторыми допущениями, что периферический

магматический очаг под Авачинским вулканом, обнаруженный на глубине 1,5—2,0 км, либо полностью потерял связь с подкоровым источником, либо соединяется с ним (а возможно, и с «магмоводом» под соседним Корякским вулканом) посредством узкого канала, не превышающего в поперечнике длину волны (не более 300—400 м).

Таким образом, при применении методики просвечивания для обнаружения магматических неоднородностей в нижних частях земной коры и в переходном от коры к мантии слое под вулканами Авачинско-Корякской группы получено, что под Корякским вулканом выделяется аномальная зона затухания сейсмических волн, которую можно считать «магмоводом», соединяющим подкоровый магматический источник с дневной поверхностью. Подобного «магмовода», либо другого аномального объекта, который мог бы отождествляться с магматическим источником на глубинах расположения переходного слоя, под Авачинским вулканом не обнаружено.

Выводы.

1. Многочисленными сейсмическими исследованиями на различных вулканах Камчатки, находящихся как в стадии активной вулканической деятельности, так и в стадии покоя, показано, что наиболее эффективным способом обнаружения и изучения магматических очагов вулканов является методика просвечивания сейсмическими волнами, прошедшими под вулканами на различных уровнях земной коры и верхней мантии. Опробованы различные модификации просвечивания, использующие как преломленно-рефрагированные волны, так и отраженные. При этом магматические неоднородности, встречающиеся на пути таких волн, могут изучаться как в плоскости преломляющих и отражающих границ раздела, так и в плоскости падающих и отраженных (либо преломленных на выходе) лучей. Доказана целесообразность использования для интерпретации сейсмических данных по просвечиванию вулканов характерных параметров динамического затухания сейсмических волн, зарегистрированных в зоне тени вулканов.

2. При сейсмическом просвечивании вулканов Ключевской группы выявлено, что под Ключевским вулканом на глубинах от 30 до 50 км существует «магмовод», соединяющий подкоровый (или промежуточный) магматический очаг с дневной поверхностью. Под вулканом Безымянного выявлен периферический магматический очаг на глубине 19—20 км, который, по-видимому, посредством наклонной магматической зоны соединяется с «магмоводом» Ключевского вулкана. Различное расположение очагов вулканов хорошо отображается в составе продуктов современных извержений и в характере вулканической деятельности.

3. Комплекс сейсмических исследований, выполненных в районе извержения Новых Толбачинских вулканов, показал, что под всем районом извержения, включая вулкан Плоский Толбачик, в земной коре и в переходном от коры к мантии слое существует сложная система динамически связанных между собой магматических очагов. Основными питающими источниками базальтовых магм Северного и Южного Прорывов явились магматические очаги, расположенные на разных уровнях в пределах слоя, переходного от коры к мантии. Выявлены аномальные свойства этого слоя и показана возможная роль его в динамической взаимосвязанности очаговых