

Глава 1

Состав и инженерно-геологические особенности современных пирокластических образований извержений вулканов Северной группы Камчатки

Наиболее распространенным типом вулканической активности является взрывная деятельность. "Взрыв" - в узком смысле слова, означает "внезапный, очень непродолжительный сильный взрыв" [23,72]. Взрывная деятельность разных вулканов может выражаться отдельными слабыми или сильными взрывами, а также непрерывными сериями взрывов.

Рыхлый обломочный материал, поступающий на поверхность земли в результате взрывных извержений вулканов, носит название "пирокластика" [23] (от греческого "пир"- огонь и "кластикос"- раздробленный [98]). Доля пирокластических продуктов при извержениях вулканов различна. Например, при извержениях гавайского типа она мала, при плининских - преобладает, а порой является единственным продуктом извержения. Количество (в %) пирокластического материала от общей массы продуктов извержения выражает коэффициент взрывности.

Особенности пирокластики определяются свойствами исходной магмы, ее газонасыщенностью, вязкостью и т.д., а также динамикой взрывной деятельности.

В литературе существует множество описаний извержений вулканов и связанных с ними отложений, представлений о механизмах образования пирокластических пород, попыток систематизации пирокластики [2, 8-10, 29-39, 47, 58-60, 64, 65, 72-76, 82-84, 93, 94, 102, 106, 111-148].

Раньше классификации пирокластических отложений строились в основном на качественных различиях этих отложений. С увеличением степени детальности исследования пирокластики, отвечающей требованиям физического моделирования извержений вулканов, в классификационные принципы все больше закладываются генезис и количественные характеристики типов отложений.

Наиболее приемлемой в настоящее время является генетическая классификация пирокластических отложений вулканов, представленная в работе Р.Фишера и Г.Шминке [120]. Для автора эта систематизация пирокластики служит главным ориентиром при изучении пирокластических отложений андезитовых вулканов Камчатки.

В то же время автор не может не отметить классификации пирокластических пород Е.Малева [74,75], Л.Ботвинкиной [13] и особенно работу [64] Т.Краевой, где впервые детально показаны диагностические макропризнаки генетических типов грубообломочных пирокластических отложений подножий стратовулканов Камчатки, определяемые в полевых условиях.

В целом, пирокластические образования вулканов в настоящее время разделяются на следующие генетические типы: 1- тефра, отложения 2- пирокластических потоков, 3- пирокластических волн, 4- пепловых облаков пирокластических потоков, 5-направленных взрывов. Причем, 2-ой, 3-ий и 4-ый типы пирокластики взаимосвязаны.

1.1. Общая характеристика вулканов Безымянный и Шивелуч

Вулкан Безымянный (рис. 1) является уникальным объектом для исследования, так как после пробуждения в октябре 1955 г. деятельность этого типично андезитового вулкана непрерывно продолжается до настоящего времени.

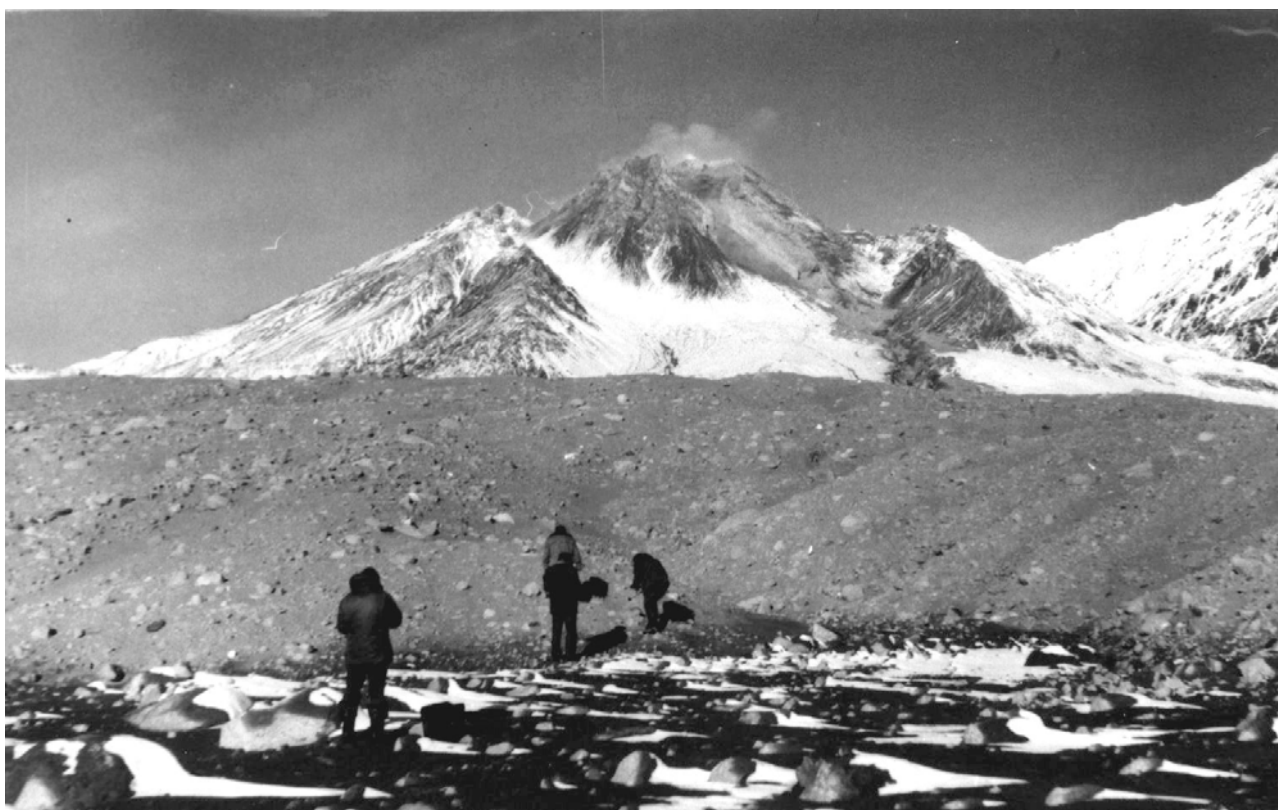


Рис. 1. Вулкан Безымянный: на переднем плане - пирокластический поток извержения вулкана 13-14 октября 1984 г.

Первые исследователи вулканов Ключевской группы уделяли мало внимания этому вулкану, считая его потухшим (потому, вероятно, и получил он такое имя). Б.И.Пийп [91] назвал его и Ключевской самыми молодыми вулканами Ключевской группы, отметив свежесть склонов (отсутствие глубоких барранкосов) и лавовых образований вулкана Безымянный и высказал предположение, что этот вулкан является или недавно потухшим, или не совсем потухшим.

Безымянный находится в самом центре Ключевской группы вулканов. Возникновение его относится к концу позднего плейстоцена (10,5 - 11 тыс. лет

назад) [15,45]. Считается, что первоначально он развивался как экструзивный купол, а со времени около 5500 лет назад - как стратовулкан. Детальные тефрохронологические исследования вулкана выявили в последние 2500 лет пульсационный характер его деятельности - чередование периодов покоя и активизации [14]. Данные показывают, что длительность предшествующего периода покоя вулкана сопоставима с продолжительностью его активизации - например, за периодом покоя в 1100 лет шла активизация в 700 лет, следующие периоды одинаковы - по 350 лет покоя и активизации [15]. Пробуждение вулкана после "сна" происходило в форме сильных эксплозивных извержений, а со времени 1400 лет назад, как указывают авторы работы [15], для него становятся характерными катастрофические извержения. Интенсивность выноса вещества вулканом со времени 5500 л назад до 1956 г. оценивается в среднем $4-5 \times 10$ т/год, а с 1956 г.- на порядок больше [15].

Породы вулкана представлены, преимущественно, андезитами, но встречаются также базальты, андезито-базальты и дациты [37]. В целом, по петрохимическим особенностям все продукты извержений вулкана относятся к породам нормального по щелочности ряда известково-щелочной серии.

Отмечается, что для периодов активности вулкана в изученный отрезок времени характерно изменение состава пород от кислых разностей (в начале активизации) через более основные к более кислым (в ее конце) [15, 45].

22 октября 1955 г. впервые в историческое время началось извержение вулкана Безымянный, а 30 марта 1956 г. произошел его катастрофический взрыв, в результате которого мгновенно были значительно преобразованы морфология постройки вулкана и рельеф прилегающих окрестностей. обстоятельное описание извержения 1955-1956 гг. и его последствий даны в работах [36, 37]. В дальнейшем это извержение неоднократно рассматривалось в разных аспектах во многих работах [8, 9, 11, 45 и др.].

Детальное изучение и описание процесса извержения типа направленного взрыва на вулкане Безымянный в 1955-1956 гг., а также предшествовавших ему событий, имело и продолжает иметь огромное значение для науки.

В результате направленного взрыва были уничтожены вершина вулкана и его восточный склон, образовался кратер размером 1.3×2.8 км и глубиной 700 м. Область, охваченная взрывом, оценивается в 500 км^2 . Большая часть материала взорванной постройки отложилась на площади 60 км^2 . Общий объем пирокластических пород, выброшенных при взрыве, составил около 3 км^3 [11], кинетическая энергия взрыва по [37, 45] оценена в $1,2 \times 10$ Дж, скорость выброса обломочного материала - примерно в 360-500 м/с [37,45].

Развитие активности вулкана после катастрофического взрыва 1956 г. описано в многочисленных работах [2, 10, 11, 29, 30, 33, 37, 47, 53, 58-60, 73, 76 и др.].

В целом, в современном эруптивном цикле вулкана (с 1956 г.) выделяются экструзивно-эксплозивная, а с конца 1970-х годов экструзивно-эксплозивно-эффузивная стадии деятельности [2, 11, 45].

30 июня - 1 июля 1985 г. произошло наиболее сильное извержение вулкана после извержения 1956 г. [2]. Характер его деятельности в 1985 г. был похож на извержение 30 марта 1956 г.- после экстремально-эксплозивной стадии активности произошел направленный взрыв, вслед за которым на склоне и у подножия вулкана сформировался пирокластический поток длиной 12.5 км. Заключительным аккордом извержения явилось излияние небольшого вязкого лавового потока на склон купола Новый, продолжавшееся до конца сентября. В результате этого извержения отложился пирокластический материал объемом примерно 0.05 км^3 [2,29]. Хотя в результате направленного взрыва были уничтожены два домика вулканологов в 3.5 км от кратера вулкана, это извержение не относится к катастрофическим. По существующим классификациям к катастрофическим причисляют извержения, в результате которых на поверхность поступает 1 км^3 и более извергаемых продуктов [53].

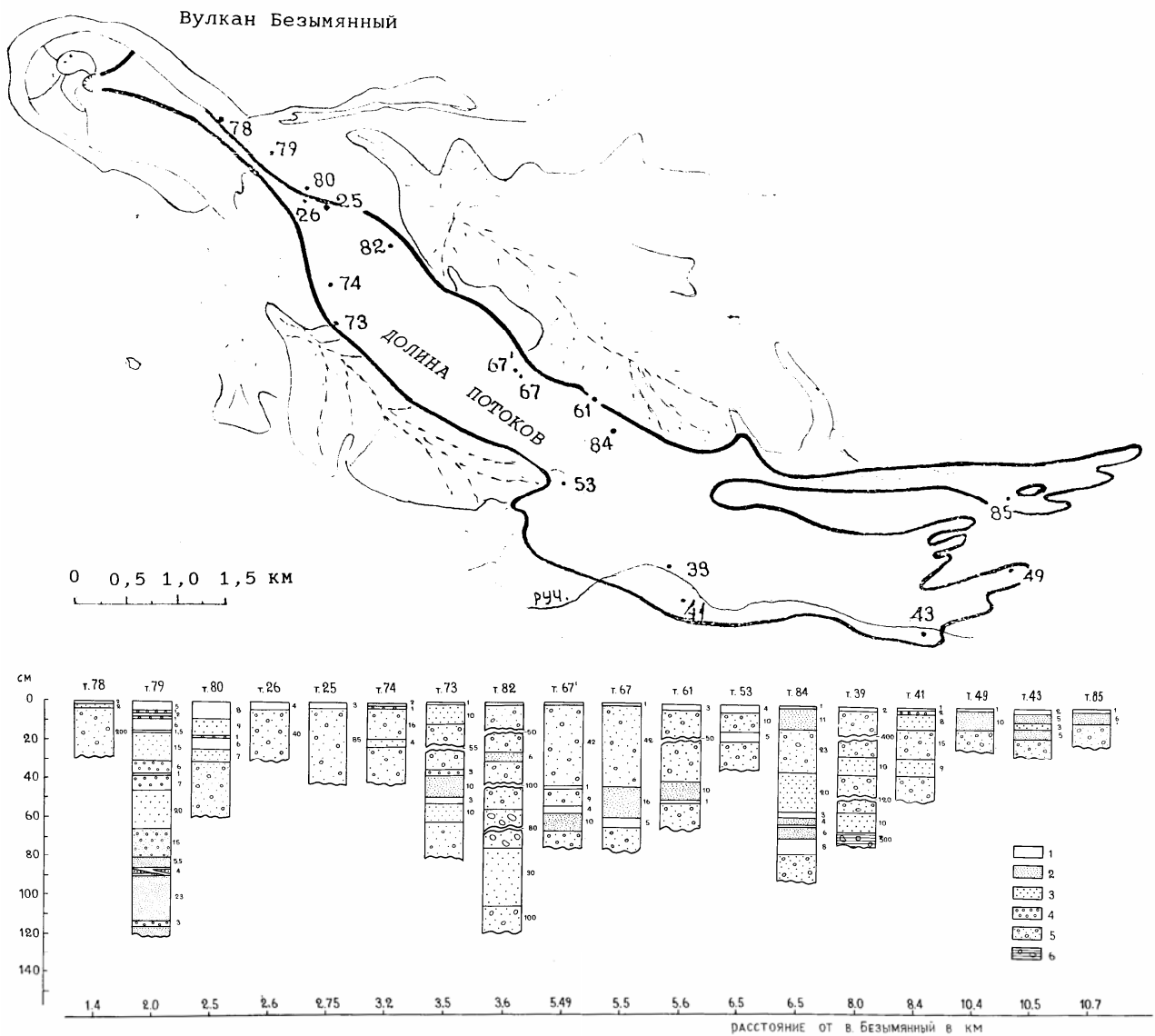


Рис. 2. Долина потоков на склоне вулк. Безымянный (а), разрезы пирокластических отложений в Долине потоков на разных расстояниях от вулкана (б): 1- пеплы облаков пирокластических потоков; 2-4- отложения пирокластических волн: пески мелкозернистые (2), среднезернистые (3), крупнозернистые (4); 5- образования пирокластических потоков; 6- аллювий. Цифрами обозначены номера разрезов пирокластикеи.

При извержении 1985 г. впервые после 1956 г. проявился весь известный комплекс разновидностей пирокластических пород, которые удалось исследовать сразу после отложения, что немало способствовало более точной их диагностике.

Основное внимание автора было обращено на генетические типы пирокластических образований извержений 1984-1989 гг., а также на пирокластику катастрофического извержения 1956 г.- для сравнения ее с материалом некатастрофических извержений вулкана. В пирокластических продуктах вышеуказанных извержений Безымянного в соответствии с существующими классификациями выделяются отложения тефры, пирокластических потоков и волн, пепловых облаков пирокластических потоков, направленного взрыва. Некоторые точки изучения и разрезы отложений в Долине потоков на разных расстояниях от вулкана показаны на рис. 2.

Вулкан Шивелуч (рис. 3) - самый северный действующий вулкан Камчатки - по объему, массе изверженных продуктов, скорости выноса вещества и частоте сильных катастрофических извержений также является одним из самых интересных вулканов Курило-Камчатского региона. Он расположен на северной оконечности Курило-Камчатской дуги в месте пересечения ее с Алеутской и представляет собой крупный изолированный массив высотой 3283 м и площадью основания - более 1600 км².



Рис. 3. Вулкан Шивелуч: общий вид южной части вулкана, покрытой отложениями катастрофического извержения 1964 г.

Возраст Старого Шивелуча оценивается приблизительно в 60-70 тыс. лет [45]. Вначале он развивался как андезитовый стратовулкан, с ростом экструзивных куполов и выносом большого количества пироклаستيки. В дальнейшем его активность изменилась - преобладала эффузивная деятельность с излиянием кроме андезитов также лав андезито-базальтов и базальтов. Примерно 23-24 тыс. лет назад произошло грандиозное катастрофическое извержение вулкана, в результате которого образовалась кальдера диаметром 9 км, разрушившая центральную часть вулкана и его южный сектор. Предполагают, что это извержение было похоже на катастрофу Кракатау, а объем выброшенных продуктов достигал 50-60 км³ [45].

Современная постройка Молодого Шивелуча размером 6x7 км сформировалась в голоцене. Извержения этого этапа представляли собой, с одной стороны - катастрофические направленные взрывы с выбросом пирокластического материала объемом до 4-5 км, с другой - рост экструзивных куполов в кратере вулкана. Наиболее древнее из точно датированных извержений вулкана в голоцене имеет возраст 8700 лет, молодое - 260 лет [45]. В голоцене произошло не менее 60-ти крупных извержений вулкана. В результате наиболее мощных из них образовались горизонты тефры, прослеживающиеся на многие сотни километров от центра извержения и ставшие маркирующими.

Голоценовые вулканические образования Шивелуча занимают площадь около 300 км². Сильные, катастрофические извержения вулкана за этот период происходили примерно через 100-300 лет. По оценкам Е.Мархинина, вероятность извержений, связанных с ростом экструзивных куполов - одно в 10-50 лет [79].

В целом, в продуктах вулкана Шивелуч преобладают андезиты, но существуют также, как указывалось выше, базальты и андезито-базальты. Отличительная черта пород вулкана - значительное содержание амфибола, а также наличие магнезиального оливина.

Породы Шивелуча в основном относятся к умеренно-калиевой известково-щелочной серии, но отличаются от других пород Камчатки этой серии повышенным содержанием оксида магния, никеля, хрома, а также повышенными значениями отношений никеля к кобальту и хрома к ванадию. Также отмечается высокая степень окисленности железа [95].

По данным изучения включений в вулканиках вулкана, его магматический очаг располагается примерно на глубинах 25-30 км [45].

Внимание автора было обращено на пирокластические образования извержения 1964 г., а также на более древние, образцы которых и данные об их возрасте были предоставлены сотрудником ИВГиГ ДВО РАН В.В.Пономаревой. В пирокластике выделяются отложения тефры, пирокластических потоков и волн, пепловых облаков пирокластических потоков, направленного взрыва.