

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ТРУДЫ КАМЧАТСКОЙ
ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Вып. I

В. И. ВЛОДАВЕЦ
КЛЮЧЕВСКАЯ ГРУППА ВУЛКАНОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1940 ЛЕНИНГРАД

КРАТКИЙ ФИЗИКОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Ключевская группа вулканов расположена в широкой долине между хребтами Срединным и Кумрочом, приблизительно в средней части Камчатского п-ова, ближе к его восточному берегу, и лежит между $55^{\circ}40'$ и $56^{\circ}20'$ с. ш. и 160 и 161° в. д. от Гринича, занимая площадь около 2500 км².

Эта группа состоит из двух действующих вулканов: Ключевской и Плоский Толбачик, и девяти потухших: Ближний Плоский, Дальний Плоский, Средний, Камень, Безымянный, Зимина, Большая Удина, Малая Удина и Острый Толбачик. Кроме того, на склонах вулканов находится свыше 150 паразитических и побочных, которых особенно много у Плоского Толбачика и Ключевской, а также у Ближней Плоской и Дальней Плоской сопки.

Все главные вулканы расположены на возвышенности, которая постепенно — сначала относительно полого, а затем несколько круче — поднимается и достигает в самой своей верхней части около 1300 — 1400 м абс. выс. Этот пьедестал сложен из лавовых потоков, пирокластических пород, рыхлых вулканических продуктов и местами ледниковых (моренных) отложений. В литературе его, как и вообще высокие камчатские плоскогорья, называют «долом».¹

Возвышенность окаймлена с запада и севера р. Камчаткой, самой большой рекой на полуострове, с юга — р. Толбачик и с востока — р. Хапичей (обе последние реки являются наиболее крупными притоками р. Камчатки по правому ее берегу). Окруженная почти со всех сторон более или менее широкими долинами вышеупомянутых рек, возвышенность в юго-восточной части, незначительно понижаясь, соединяется так называемым Высоким долом с горным узлом, состоящим из хребтов Кумроч, Тымрак и Николка.

Скалистые вершины гор хребта Кумроч уходят на северо-северо-восток, хребта Тымрак — на юг, а более сглаженные горы хребта Николка простираются на юго-запад.

По абсолютной высоте самым высоким вулканом этой группы, да и всей Камчатки, является Ключевская сопка. Различными лицами даются различные высоты этого вулкана. Это не удивительно, так как, с одной стороны, вычисления высот производились по засечкам, а с другой, вы-

¹ «Часто пишут, что вулканы Ключевской группы расположены на общем высоком пьедестале, носящем название «Ключевского дола». Такое представление не точно. Дело в том, что долом местные жители называют более или менее платообразную поверхность выше пояса лесной растительности и слово «дол» производят от слов «до леса». Пояс же с лесной растительностью называют «полом». Часто от местных жителей можно слышать такие, например, фразы: «охотился на полу» или «охотился на долу», т. е. в первом случае — в лесу, а во втором — выше пояса лесной растительности.

Название Ключевской дола относится к альпийскому поясу только Ключевского вулкана. Почти все вулканы этой группы имеют каждый свой дол; так говорят: «Толбачинский дол», «дол Плоских сопки» и т. д.

сота действующего вулкана; может быть, и изменяется в результате его деятельности. Н. Г. Келль (1928) дает абсолютную высоту восточного края Ключевской сопки, определенную им в 1909 г. в 4850 м. По нашим же барометрическим измерениям при восхождении на Ключевскую сопку 28 августа 1936 г. абсолютная высота восточно-северо-восточного края этого вулкана, по вычислениям В. Д. Троицкого, равнялась 4810 м.

Высоты других вулканов этой группы, по данным Келля, следующие (в м):

Вершина Камень	4617
„ Ближнего Плоского	4030
Восточный край Дальнего Плоского	3930
Вершина Острого Толбачика	3730
Восточный край Плоского Толбачика	3140
Вершина Безымянного	3151—3120
Овальная вершина Зимина	3118
Вершина Среднего	3020
Западный край вершины Большой Удиной	2951
Острая вершина Зимина	2780
Зуб Зимина	2284
Вершина Малой Удиной	2061—2000

Таким образом, главные вулканы Ключевской группы представляют собой группу высоких вулканических гор, которые можно расчленить по их форме на конусообразные, куполообразные и переходные между ними типы (фиг. 1 и 2).



Фиг. 1. Ключевская, Средняя и Ближняя Плоская сопки.
Фото В. Ф. Попкова

В соответствии с формой вулканов и их абсолютной высотой на них наблюдаются разнообразные ледниковые образования — от фирновых пятен до ледниковых шапок.

Исследователи Камчатки проводят нижнюю границу ледниковых языков, в частности у Ключевского вулкана, на высоте 1200 м. По нашим наблюдениям, конец одного из самых мощных ледников, ледника Эрмана, текущего на северо-восток, оканчивается на высоте около 1500 м, в то время как на южном склоне Малой Удиной сопки, высота которой около 2000 м, мы совершенно не наблюдали не только ледников, но и крупных фирновых пятен. На других склонах той же сопки, у самой ее вершины, встречены в барранкосах небольшие снеговые пятна.

На склонах у подножия Ключевской группы вулканов наблюдаются моренные отложения — поддонные и конечные морены.

В связи с особенностями рельефа и характером этой местности и гидрографическая сеть имеет свои особые черты.

Излишек воды, получившийся от таяния снега, отчасти ледников, и достаточно большого количества осадков в летнее время, отходит как путем испарения, так и по многочисленным оврагам, ручьям и речкам, идущим в общем радиально от каждого вулкана.

Ручьи зарождаются в большинстве случаев высоко, и барранкосы являются первоначальным их руслом; затем в более низких местах ручьи промывают путь в рыхлых вулканических отложениях или прорезают русло в лавовых потоках. Благодаря этому, когда спадет в раннее лето главная масса воды и приток ее сильно уменьшится, остающаяся вода в большинстве случаев уходит в глубину вулканических отложений.



Фиг. 2. Ключевская, Средняя и Ближняя Плоская сопки.
Фото В. Ф. Попкова

Вулканы Ключевской группы до высоты в 800 м опоясаны лесами, выше — до 1000 м — ольховым кустарником, еще выше — примерно до 1500 м — альпийской растительностью, затем примерно до 2000 м — скудной высокогорной растительностью (некоторые мхи и лишайники), за которыми идет зона снега и ледников.

Ключевская группа вулканов представляет собой обособленную вулканическую группу, и отдельные вулканы между собой генетически, повидимому, как-то тесно связаны.

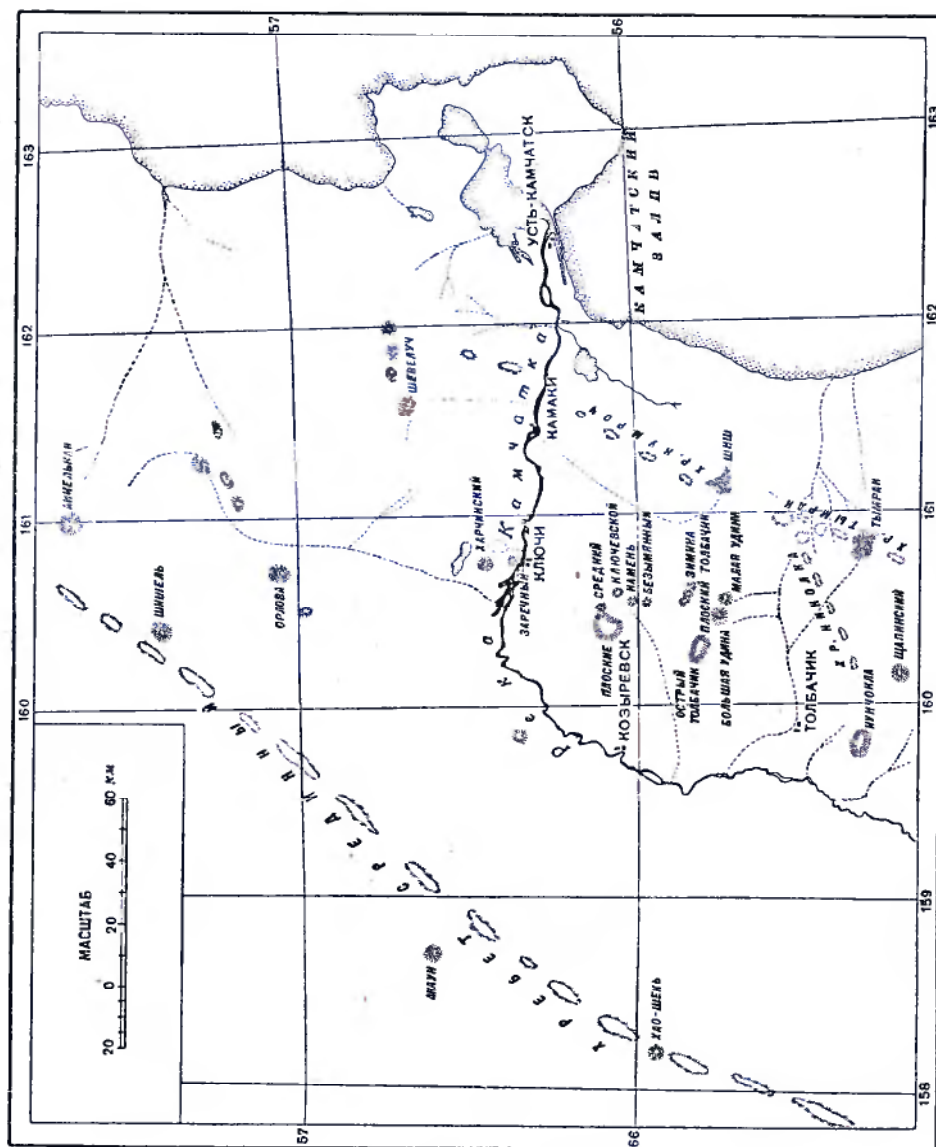
Ближайшими к этой группе вулканами являются на севере — Заречный, Харчинский, Шевелуч и группа более мелких вулканов, расположенных к северо-западу и северу от последнего: на востоке — Шиш; с южной стороны — Тымрак, Щапинский и Кунчокла; на западе — Хоа-шень и Анаун, расположенные в Срединном хребте. Из них к действующим вулканам относятся Шевелуч и Щапинский (фиг. 3).

КРАТКИЙ ОБЗОР ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАМЧАТКИ

Первые сведения о геологии Камчатки были даны Эрманом (1848), посетившим Камчатку в 1829 г., и К. Дитмаром (1901), исследовавшим

ее в 1851—1855 гг., но первое более или менее общее представление о геологическом строении Камчатки было дано К. И. Богдановичем (1904) после его пребывания в этой области в 1897—1898 гг.

Долгое время наши знания о геологическом строении Камчатки базировались, да, в сущности, и сейчас еще базируются, на работе К. И. Богдановича. Только начиная с 1929 г., стали накапливаться новые данные благодаря, главным образом, экспедициям Нефтяного института и



Фиг. 3. Схематическая карта вулканов центральной части Камчатки. По карте Н. Г. Келла

отчасти работам ЦНИГРИ. Работники Нефтяного института занимались преимущественно обоими побережьями в средней и северной частях полуострова, в то время как исследования ЦНИГРИ носили тематический характер и были приурочены к отдельным небольшим территориям.

Начиная с 1934 и по 1938 г., из года в год экспедиции Академии Наук СССР совершали ряд пересечений Камчатского п-ова, в результате которых составилось более полное представление о геологическом строении Камчатки. Из них четыре пересечения проделаны А. В. Шер-

баковым вместе с А. И. Морозовым и Д. С. Харкевичем и по одному В. С. Кулаковым и Б. И. Пийпом. Следует также отметить работу С. Ф. Машковцева и П. В. Чурина (1931), давшую сведения о геологическом строении северной части Камчатки.

Наиболее полное представление о геологическом строении центральной части Камчатки дано в работе А. В. Щербакова (1938). Общая сводка по геологическому строению Камчатки имеется в работе Б. И. Пийпа (1937).

Стратиграфические взаимоотношения пород Камчатки

Камчатка пережила достаточно сложную геологическую жизнь. Это видно как по форме рельефа, так и по разнообразию горных пород. Среди последних наблюдается неизменные или слабо метаморфизованные осадочные породы, а также изверженные и метаморфические породы.

Из-за отсутствия более или менее точного определения возраста большинства пород, а также незнания характера многих контактов между отдельными стратиграфическими единицами, нельзя пока восстановить полную и ясную геологическую историю Камчатки. Тем не менее для общей геологической ориентировки следует дать хотя бы неполное представление об этой истории.

На основании вышеупомянутых работ самыми древними породами Камчатки считаются гнейсы (которые Богданович относит к ортогнейсам, а Щербаков более обоснованно — к пара- или метагнейсам), слюдяные сланцы, нижняя свита метаморфизованных эффузивов (роговообманковые и актинолитовые сланцы, происшедшие, по Щербакову, из первичноосновных и ультраосновных пород) и филлитовая свита, обнажающиеся преимущественно в южной части Срединного хребта.

Возраст этих пород большинство исследователей считает палеозойским; Щербаков же относит их к палеозою условно, а А. Н. Криштофович (1932) для метаморфических сланцев Камчатки, особенно для гнейсов и кристаллических сланцев, допускает и более древний возраст — допалеозойский.

Мезозойские образования, возраст которых Щербаков ставит также под вопрос, составляют граниты, верхние метаморфизованные эффузивы (порфириды и их туфы), свита граувакковых песчаников и аспидных сланцев, зеленокаменная вулканогенно-сланцевая толща (диабазовые порфириды и туфогенные породы). Относительно возраста особенно этих образований нет еще единства мнений. Так, Л. А. Гречишкин (1935) последнюю свиту, которую он назвал богачевской, относит к олигоценмиоцену. Б. Ф. Дьяков верхним образованиям некоторых этих свит склонен приписать нижнепалеогеновый возраст, а Богданович относит интересующие нас породы к верхнему палеозою. Б. И. Пийп считает, что нет оснований делать такое различие в возрасте. Эти образования, вероятнее всего, принадлежат различным фациям вулканической деятельности одного и того же периода верхнемезозойско-нижнепалеогенового времени.

Эти свиты обнаружены в хребтах Быстринском, Валагинском, Каньч, Кроноцком, Кумроч, Медвежьем, Шипунском. Среди отложений этого возраста в одних местах находятся интрузивные основные породы: габбро, пироксениты, дуниты и серпентиниты (Камчатский мыс, Авачинская губа, о-в Топорков), а в других — интрузивные кислые породы: граниты, гранодиориты и диориты (окрестности с. Начики, долина рр. Паратунки и Банной, Шипунский массив и др.).

Третичные отложения состоят из песчаных, глинистых и песчано-глинистых пород с небольшим количеством бурых и каменных углей.

По Шербакову (1937), наблюдается следующая по возрасту смена пород: базальный конгломерат, олигоценая континентальная толща, морской и вулканогенный миоцен, континентальные плиоценовые отложения.

Характерными особенностями этих последних, по имеющимся в данное время сведениям, являются: незначительное распространение карбонатных пород, постоянная примесь вулканического материала среди осадочных отложений и широкое развитие верхнеплиоценовых и постплиоценовых лав.

Четвертичные образования состоят из постплиоценовых отложений, ледниковых (моренных) образований, аллювиальных (речных) отложений, морских и лагунно-континентальных осадков.

В четвертичное время произошло два оледенения, после которых снова большая часть полуострова была покрыта водными бассейнами, о чем свидетельствуют морские, береговые волно-прибойные, озерно-лагунные и речные отложения. Кроме того, на Камчатке сильно развиты делювиальные отложения, а также четвертичные и современные лавы.

О геологическом строении района Ключевской группы вулканов в настоящее время имеется еще очень мало данных.

Коренные выходы пород фундамента, на котором расположены вулканические аппараты и лавы Ключевской группы, пока не обнаружены, но по ксенолитам, захваченным извергавшейся лавой, можно до некоторой степени судить о геологическом строении этого района.

Так, в лавах Ближней Плоской и Большой Удиной были обнаружены ксенолиты габбро, а в лаве (излившейся в 1932 г.) побочного вулкана Ключевской сопки В. С. Кулаковым был обнаружен ксенолит кварцевого песчаника с морской фауной моллюсков весьма плохой сохранности. С. Чихачев определил два вида, принадлежащие к подотряду *Texadonta Neum*; сем. *Nuculidae Gray*: 1) *yoldia aff. oregona Shum* и 2) *Leda aff. pereyalis Ken*. Оба эти вида распространены в морских третичных отложениях и особенно часто встречаются в миоцене Тихоокеанской провинции. Это обстоятельство позволяет предположительно отнести эти отложения к миоцену.

Таким образом, под вулканами Ключевской группы и четвертичными отложениями залегают третичные породы и, кроме того, под вулканами Ближний Плоский и Большая Удина между магматическим бассейном и излившимися и пирокластическими породами, которые слагают вулканические аппараты и окружающую их земную поверхность, залегают глубинные породы (может быть, даже их интрузивные аналоги).

Вулканическая деятельность на Камчатке

На фоне этой общей геологической картины рассмотрим очень кратко историю вулканизма на Камчатке.

К. И. Богданович, отмечая наличие вулканической деятельности в мезозойский период, останавливается, главным образом, на развитии вулканизма в третичный и четвертичный периоды, причем насчитывает за это время три вулканических цикла.

Вулканический цикл I начался в плиоцене образованием соммы и цоколя вулканов Срединного хребта. На это время падает образование сомм Айнелькана, Хоа-шеня, Анауна, Шишеля и др.

Изливались основные, легкотекучие андезитовые лавы (типа Анауна). Образовались щитовидные вулканы, начали также уже появляться куполы и конусы. Плиоцен закончился складчатостью северо-восточного — юго-западного простирания.

Вулканический цикл II происходил в конце плиоцена и в начале четвертичного времени (плейстоцен). Извергались преимущест-

венно кислый андезит (типа Хоа-шеня), дацит, липарит. Соответственно этому вулканические постройки принимают другую форму. Вязкая лава образовала куполы и экструзивные конусы. Возникли центральные куполы и конусы Срединного хребта, центральный конус Хоа-шень, Айнелькан, Белый хребет и др. К этому времени вулканизм захватил восточное побережье Камчатки, и там образовались соммы.

В плейстоцене вновь произошли движения земной коры, благодаря которым отделились Командорские острова. Эта дислокация воскресила вновь вулканическую деятельность.

В вулканическом цикле III магма становится опять более основной, и появляются основные андезиты (типа Ключевского) или даже базальты. В области р. Тигиль происходит трещинное (линейное) извержение арктического траппового базальта, который занимает особое место. В эти базальты внедрились кислые горные породы.

Максимум четвертичного оледенения в этой области начался несколько позже, чем в Европе. В это время излились последние лавы вулканов Срединного хребта — Айнелькан, Лейтончей. Тогда же образовались центральные вулканические постройки восточной зоны. Вулканическая деятельность достигла наивысшей точки. Образовались куполы и конусы. На ряду с рыхлыми продуктами большую роль играли лавовые потоки.

Вулканическая деятельность в современное время значительно ослабла. Собственно активным центром является Ключевская сопка и во вторую очередь вулкан Авача. Их деятельность выражалась, главным образом, в извержениях по склонам и в эксплозионных выбросах.

Следует отметить, что, кроме этих двух вулканов, на Камчатке своей активностью отличаются еще вулканы Карымский (Березовый) и Горелый хребет (Кулаков, 1936—2).

К иному выводу, чем К. И. Богданович, приходит П. В. Чурин (1931), по мнению которого в вулканической истории Северной Камчатки намечаются два главных периода вулканической деятельности: мезозойский (к которому относится появление оливиновых базальтов, пироксеновых горнблендитов и габбро) и кайнозойский (с обширными излияниями андезитов).

Первый период этот автор называет базальтовой или пикрит-базальтовой фазой вулканической истории Камчатки, а второй, относящийся к третичному времени, — андезитовой фазой. Что касается вопроса, был ли перерыв между этими фазами или одна фаза постепенно перешла в другую, то он остался пока не разрешенным.

Б. И. Пийп считает, что кислые лавы второй фазы Богдановича имеют ничтожный объем и поэтому не могут образовывать самостоятельной фазы вулканизма, являясь только продуктами дифференциации отдельных вулканических очагов.

Принимая во внимание также лавы верхнемезозойско-нижнепалеогенового возраста, Пийп для вулканической жизни Камчатки дает следующую схему:

I. Верхнемезозойско-нижнепалеогеновый вулканизм — четыре территориальных полосы (зоны):

- 1) хребты Быстринский, Валагинский и Кумроч;
- 2) хребты Шипунского, Кроноцкого и Камчатского мысов;
- 3) часть восточного подножия Срединного хребта;
- 4) хребты Каннч, Медвежий и мыс Омгон.

II. Плиоценовый вулканизм (причем нет достаточно данных, говорящих о том, что вулканическая деятельность началась именно с плиоцена, весьма возможно, что это произошло раньше — в миоцене) — Срединный хребет и прилегающие предгорья.

III. Постплиоценовый и современный вулканизм — Южная Камчатка и восточное побережье полуострова.

Разновременные фазы вулканизма приурочены к различным районам. По мнению Пийпа, каждая фаза начиналась основными породами, а кончалась породами кислого состава.

Еще дальше пошел А. В. Щербаков. Охватив всю известную в настоящее время вулканическую деятельность на Камчатке, он расчленил ее на палеозойский, мезозойский и кайнозойский вулканические циклы.

I. Палеозойский вулканический цикл — нижняя зеленокаменная свита (роговообманковые и актинолитовые сланцы) метаморфизованных эффузивов (основные и ультраосновные породы Срединного хребта). Весьма вероятно, что эти сланцы произошли из изверженного материала, но возможен и иной их генезис. Мне кажется, что этот цикл следовало бы поставить под вопросом, т. е. до известной степени условно.

II. Мезозойский вулканический цикл.

В этом цикле Щербаков различает не менее трех фаз вулканической деятельности:

- 1) граниты Срединного хребта;
- 2) верхнеметаморфизованные эффузивы (порфириты и их туфы) Срединного хребта;
- 3) зеленокаменная вулканогенно-сланцевая толща (диабазовые порфириты и туфогенные породы) Валагинского хребта.

III. Кайнозойский вулканический цикл Щербаков, как и Богданович, делит на три фазы:

1) основные андезито-базальты и авгитовые андезиты, слагающие Пущинский дол, Юртин дол и Ганальский стол (излияние произошло в плиоценовое время или, во всяком случае, в доледниковое);

2) кислые роговообманковые андезиты, слагающие кальдеру в районе сопки Камчатская вершина (излияние до оледенения Камчатки);

3) основные гиперстенные и авгитовые андезиты, слагающие конус Камчатской вершины (образование послеледниковой эпохи, а может быть даже и современные).

Таким образом, вулканическая деятельность на Камчатке началась в палеозое, а может быть и раньше, и до настоящего времени еще не закончилась. Ее проявления то усиливались, то ослабевали. Особенной активностью вулканическая деятельность отличалась на границах, в широком смысле этого слова, переходных периодов жизни земли, а именно: на границе мезозоя и кайнозоя и на границе третичного и четвертичного периодов.

«Современное состояние вулканизма Камчатки», говоря словами Богдановича, «начавшееся с конца плейстоцена, является бледной тенью мощных процессов прошлых времен».

О тектонических направлениях Камчатки

Геологическая структура Камчатки свидетельствует не только о проявлении тангенциальных дислокаций, создавших складчатые хребты, но и о проявлении радиальных сбросовых дислокаций и разломов.

Рассматривая всю Камчатку в целом, можно считать характерными для нее следующие тектонические направления, установленные работами К. И. Богдановича (1904), В. С. Кулакова (1934), А. Н. Заварицкого (1935—1 и 2), Б. И. Пийпа (1937), А. В. Щербакова (1938) и Д. С. Харкевича: северо-южное (меридиональное), северо-северо-восточное (одно из наиболее развитых направлений), северо-восточное и поперечные им: восточно-западное (широтное), западно-северо-западное и северо-западное.

Эти направления были установлены исследователями, исходя из простираения горных хребтов Камчатки, направления сбросов, расположения вулканов и направлений берегов полуострова.

Наиболее древними, по Щербакову, являются меридиональные разломы и сбросы, обусловившие меридиональные направления южной части Срединного хребта и наличие грабена центральной камчатской депрессии.

Северо-северо-восточное направление — наиболее типичное для Камчатки и, пожалуй, для прибрежной части Коряцкой земли. Этому направлению следует Срединный хребет севернее 55° с. ш. и хребет Кумроч, равно как восточный берег полуострова и преобладающая часть вулканов, особенно в восточной полосе.

Сбросы северо-восточного направления Щербаков считает более поздними.

Поперечные направления устанавливаются, главным образом, по расположению некоторых вулканов, направлению сбросов и берегов мысов на восточном берегу полуострова. Расположение Командорских и Алеутских островов очень близко с поперечными тектоническими направлениями Камчатки. Поперечные разломы являются более молодыми. Щербаков их относит к послетретичному времени.

Из всех этих тектонических направлений наиболее характерными на Камчатке являются меридиональное, северо-северо-восточное и широтное.

КЛЮЧЕВСКОЙ ВУЛКАН

Краткий исторический обзор деятельности вулкана

Ключевской вулкан — самый высокий действующий вулкан не только среди потухших и действующих вулканов Ключевской группы Камчатки, но и среди всех действующих вулканов Азии и Европы.

Ключевской вулкан, как это видно на карте, расположен в северо-восточном углу группы. Ближайшими соседями являются с северо-западной стороны Ближняя Плоская и Средняя сопки, а с юго-западной — сопка Камень.

Конус Ключевского вулкана возник, как это бегло отмечал в своей работе К. И. Богданович, на восточном склоне Плоской сопки, и если бы последняя действовала в настоящее время, то его можно было бы рассматривать как ее побочный вулкан. В историческом смысле это, вероятно, так и было.

Ключевской вулкан является самым активным на Камчатке. К сожалению, мы пока не имеем никаких документов, которые осветили бы нам деятельность этого вулкана в более древние времена. Первые сведения, находимые в литературе, относятся к 1698 г.

Об активности Ключевского вулкана можно судить по сводке извержений камчатских вулканов, составленной В. С. Кулаковым (1936—2). Согласно этой сводке, извержения Ключевского вулкана происходили в следующие годы: в 1698 г.; одно извержение в период между 1702 и 1711 г., дата точно не известна; с 1727 по 1731 г. непрерывные извержения; в 1737, 1740, 1762, 1767, 1770, 1785, 1788, 1789, 1790, 1792, 1819, 1821 гг.; в 1829 г. произошло одно из крупнейших извержений, причем излилось около 3,5 км³ лавы; затем в 1840, 1841, 1848, 1852, 1863, 1864, 1877, 1878, 1879, 1896, 1897, 1898, 1909, 1910, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1920, 1921, 1923, 1925, 1929, 1931, 1935 (?) гг. Кулаков три небольших эксплозионных выброса, происшедших вечером 13 октября 1935 г., по видимому, считает самостоятельными полноценными извержениями, с чем вряд ли можно согласиться. Последнее извержение с излиянием лавы произошло в 1937 г.

По типу эти извержения, сопровождаемые излияниями лав и выбросами большого количества вулканических рыхлых продуктов, в большинстве случаев относились к эффузивным, и только один раз было

извержение типа взрывного, т. е. без излияния лавы. Кроме того, в период интенсивной деятельности вулкана, в промежутках времени между излияниями лав, почти всегда происходили несколько раз в течение года взрывные выбросы.

Деятельность Ключевского вулкана с 9 августа 1935 г. по 9 октября 1936 г.

За деятельностью Ключевского вулкана нами велись наблюдения с 9 августа 1935 г., когда мы его впервые увидели, и до момента нашего отъезда — 9 октября 1936 г., но систематические наблюдения, которые заносились в особый журнал, начались 1 сентября 1935 г. и закончились 4 октября 1936 г.

С 1 сентября по 1 декабря 1935 г. наблюдения велись преимущественно только в течение дня, а с 1 декабря и до конца — круглые сутки.

Наблюдения вели В. И. Влодавец, А. И. Дьяконов, Н. Н. Дьяконова, И. З. Иванов, В. Ф. Попков и Н. Н. Шаврова. Для ведения наблюдений были установлены дежурства.

Наблюдения заносились в особый журнал, в котором записывались следующие данные:

- 1) месяц и число;
- 2) час и минута;
- 3) видимость вершины вулкана;
- 4) состояние вулкана: а) в покое, б) в действии;
- 5) цвет конуса у кратера;
- 6) характер и форма вулканических выделений из кратера;
- 7) форма выделений из кратера (зарисовка)
- 8) продукты деятельности вулкана: а) газообразные выделения, б) рыхлые выбросы; в) лавы;
- 9) цвет выделений;
- 10) высота газообразных выделений: а) относительная (угол подъема), б) в метрах;
- 11) барометрическое давление;
- 12) температура анероида;
- 13) температура воздуха;
- 14) направление ветра: а) на вершине вулкана, б) в пос. Ключи;
- 15) резюме — общий характер деятельности вулкана за сутки;
- 16) подпись дежурного;
- 17) примечания.

Часть полученных данных была сведена в таблицы и напечатана в Бюллетенях Вулканологической станции на Камчатке. В этих таблицах были даны суммарные сведения за каждые сутки: продолжительность видимости вершины вулкана, общий характер его деятельности и максимальная высота подъема над кратером газового облака, содержащего только газы и пар или вместе с ними и рыхлые вулканические продукты.

Пришлось ограничиться сведением фактических данных о деятельности Ключевского вулкана только по суткам, так как описание по часам и минутам значительно увеличило бы объем таблиц.

Наблюдения с 1 сентября по 31 декабря 1935 г. напечатаны в Бюллетене № 1 Вулканологической станции на Камчатке (Влодавец и др., 1937—1); наблюдения с 1 января по 1 октября 1936 г. — в № 2 того же бюллетеня (Влодавец и др., 1937—2).

В настоящей работе также не будут приведены все наблюдения, а только более характерные моменты деятельности Ключевской сопки за время нашего пребывания близ этого вулкана.

Камчатка, окруженная почти со всех сторон водными пространствами, отличается большим количеством облачных дней. Это обстоятельство в значительной степени мешало нашим наблюдениям.

Для более точного представления приводятся следующие цифровые данные. Вершина Ключевского вулкана, за время с 1 сентября 1935 г. по 5 октября 1936 г., т. е. за 400 дней, была видна в течение 2993 ч. 45 м. (фиг. 4 и 5). Необходимо принять во внимание некоторую неточ-



Фиг. 4. Ключевская сопка. Октябрь 1935 г.



Фиг. 5. Ключевская сопка. 7 мая 1936 г. Фото В. Ф. Попкова

ность этой цифры, вызванную тем обстоятельством, что наблюдения с 1 сентября по 1 декабря 1935 г. велись преимущественно днем, а не круглые сутки, как в дальнейшем. Таким образом, сопка была открыта в течение 2993 ч. 45 м., что составляет 31.18% ко всему времени за 400 дней наблюдений.

Если же проследить эти цифры по месяцам, то получается картина, иллюстрируемая табл. I.

Таблица I

	Месяц и год	Время, в продолжение которого была видна вершина вулкана			Количество дней, в которые была видна вершина
		час.	мин.	%	
Наблюдалась	1935 г.				
	Сентябрь	192	15	26.70	16
	Октябрь	428	06	57.63	25
	Ноябрь	64	50	9.02	5
Была открыта и наблюдалась	Декабрь 1936 г.	145	42	19.58	21
	Январь	178	31	23.85	21
	Февраль	76	08	10.94	8
	Март	472	37	63.52	29
	Апрель	149	54	20.82	18
	Май	459	37	61.77	29
	Июнь	288	40	40.79	21
	Июль	222	39	29.90	15
	Август	121	47	16.37	17
	Сентябрь	127	25	17.69	16
	Октябрь (1—4)	65	34	68.29	4
		2993	45	31.18	245

Само собой разумеется, что в дальнейшем изложении речь будет идти только о том времени, когда вершина сопки была видна.

Одной из характерных особенностей Ключевского вулкана по сравнению с другими вулканами Камчатки является большая его активность в настоящее время.

За период наших наблюдений на время, когда из кратера ничего не выделялось, т. е. когда сопка была в покое, приходится только 14 ч. 51 м. Если к этой цифре прибавим еще 15 ч. 2 м., которыми измеряется время, когда из-за темных ночей нельзя было рассмотреть, происходят или не происходят выделения из кратера, то получим суммарную цифру в 29 ч. 53 м., в течение которых можно допустить, что вулкан находился в покое. Последняя цифра является очень малой по сравнению с тем временем, когда вулкан находился в активном состоянии.

Таким образом, преобладающую часть времени Ключевской вулкан показывал признаки жизни. Из его кратера выделялись как газы и пар, так и вулканический песок и пыль. Характер этих выделений был разнообразный. Из кратера то поднимались едва заметной бесформенной маломощной массой пар и газы и быстро рассеивались, то более или менее густые клубы газообразных выделений. Последние, повидимому, в зависимости от своего состава и метеорологических условий то сравнительно быстро рассеивались, то поднимались достаточно высоко вверх и иногда принимали форму пинии (фиг. 6), то образовывали длинный хвост, протягивающийся от нескольких (2—3) до десятков (20—40) километров.

Спокойное выделение газообразных продуктов иногда, а временами довольно часто, прерывалось более сильным и более стремительным выделением газов и пара, а порой и вулканического песка и пыли. В зависимости от высоты и объема выделений различали выбросы и взрывы,

причем резкой границы между ними не проводилось. Быстрый подъем газообразных и рыхлых вулканических продуктов до 1000 и 1500 м считали выбросом, подъем же выше этих высот или быстрое распространение продуктов во все стороны, даже если верхняя поверхность облака была ниже 1500—1000 м, считали взрывами.



Фиг. 6. Пушикообразные выделения газообразных продуктов из Ключевского вулкана

Следует отметить, что выделение газов и пара бесформенной маломощной массой, которая затем быстро рассеивается, очень похожи на испарения, поднимающиеся над водой, и поэтому для обозначения этого явления нами применялся и применяется в настоящей работе термин «вулкан парит». Для обозначения же выделений из кратера в форме клубов нами применяется термин «вулкан клубит».

Переходим к общей характеристике деятельности Ключевского вулкана за период наших наблюдений.

В августе 1935 г. Ключевской вулкан был виден более или менее продолжительное время только 9, 18, 21 и от 25 до конца месяца. В это время из кратера почти непрерывно выделялись газы и пар, а временами

вместе с ними и рыхлые вулканические продукты: песок и пыль.

Выделения газообразных и рыхлых вулканических продуктов из кратера происходили в большинстве случаев в виде небольших выбросов. Смена их была достаточно правильна. Новые порции вулканических газов и пара появлялись 9 августа в среднем через 4.5 мин. с колебаниями от 2 м. 35 с. до 7 м. 15 с.

19 августа промежутки между выбросами колебались от 28 с. до 2 м. 26 с., за исключением одного случая, когда после короткого промежутка в 45 сек. последовал самый долгий промежуток, равный 6 м. 37 с. В среднем (без этого единственного максимального случая) выбросы сменялись через 1 м. 27 с., а принимая во внимание и самый продолжительный промежуток, через 1 м. 40 с.

21 августа вулкан был значительно активнее по сравнению с предыдущими днями. Происходили более сильные выбросы и небольшие взрывы. Часто вместе с газами и парами выделялись вулканический песок и пыль. Выбросы в среднем происходили через 1 м. 39 с. с колебаниями от 16 (один раз) и 21 сек. (один раз) до 5 м. 35 с. (один случай). Если исключить эти цифры, то пределы значений промежутков времени между выбросами колебались между самым долгим в 2 м. 58 с. и самым коротким в 50 сек.

Продолжительность времени между выбросами зависит от интенсивности газообразных выделений в данное время. С увеличением интенсивности выделений учащаются выбросы, и при частых выбросах создается впечатление пульсирующих выделений.

Следует отметить, что газообразные выделения обычно поднимаются вверх, но в августе наблюдались случаи, когда они не поднимались, а скатывались вниз. Так, 21 августа с 15 ч. 18 м. по 15 ч. 26 м. газообразные выделения, временами с вулканическим песком и пылью, скатывались вниз по юго-восточному склону вулкана.

Еще более характерный и наглядный случай наблюдался сейчас же после захода солнца 28 августа. Газообразные выделения едва поднимались над краем кратера и валиком скатывались вниз по восточному

его склону (фиг. 7). В первом случае газообразные выделения непрерывным потоком спускались вниз, во втором же газообразные выделения поднимались прерывно-отдельными порциями и скатывались отдельными, не связанными друг с другом, валиками.

В сентябре деятельность Ключевского вулкана отличалась некоторым усилением активности в середине месяца, с 13 по 20 число, выразившееся в более частых и более сильных, а потому и более высоких выбросах и взрывах, в большинстве случаев содержащих не только газообразные вещества, но и вулканический песок и пыль. Максимальная интенсивность была отмечена 14 сентября, когда высота подъема газообразного облака, насыщенного вулканическим песком, достигала 1950 м. Второй особенностью сентября является значительное количество выделений из кратера вулканического песка и пыли. Из 76 выделений из кратера, отмеченных за сентябрь, 35 приходится на выбросы вулканического песка и пыли, а 41 — на выделение только газов и пара.

Вулканические выделения из кратера поднимались или со всей поверхности кратера, или чаще из центральной его части. Изредка наблюдались выделения из западной и восточной частей кратера. За сентябрь отмечено лишь один раз, 13 числа, скатывание газообразных вулканических выделений вместе с рыхлыми по западному склону вулкана.

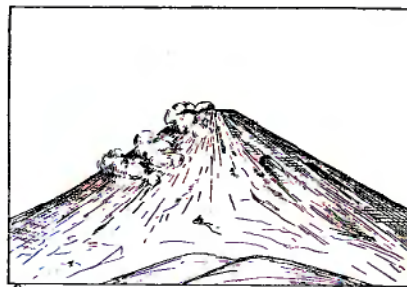
Во время усиления активности вулкана, 19 сентября, интенсивно работали фумаролы на восточном, северном и западном краях кратера, а также от края кратера вниз на несколько десятков метров по западному склону.

В октябре вулкан был виден почти в два раза дольше, чем в сентябре, но выделений из кратера было несколько меньше, чем в предыдущем месяце.

До 13 октября вулкан был слабо активен. Он за это время спокойно парил и клубил, выделяя в большинстве случаев вместе с газообразными веществами и рыхлые вулканические продукты. Один раз, вечером 2 октября, замечены были интенсивные выделения из фумарол, расположенных на краю кратера, и один раз, утром 5 октября, газообразные и рыхлые вулканические выделения поднимались из кратера и скатывались непрерывным потоком по юго-восточному склону вулкана.

Активность вулкана значительно усилилась вечером 13 октября. С утра и до вечера из кратера Ключевского вулкана спокойно выделялись газообразные продукты. Это равномерное выделение газов и пара было прервано, когда уже наступила ночь, тремя взрывами в 19 ч. 45 м., в 19 ч. 55 м. и 20 ч. 5 м. В результате этих взрывов над кратером на высоту около 650 м поднимались широкие снопы искр, повидимому, раскаленных лапилли, среди которых летели, описывая дуги и светя, подобно звездам первой величины, раскаленные вулканические бомбы. Эти взрывы, сопровождавшиеся выбросами раскаленных твердых вулканических продуктов, следует считать скорее газовыми взрывами, а не результатом подъема к кратеру магмы, так как до этого пароксизма и после него еще в течение 2 суток активность вулкана была очень слабой; только с 16 октября она несколько усилилась, но подобного явления мы больше не наблюдали.

С 16 по 21 октября интенсивность выделения все время усиливалась, о чем можно судить и по разнообразию проявлений деятельности и по

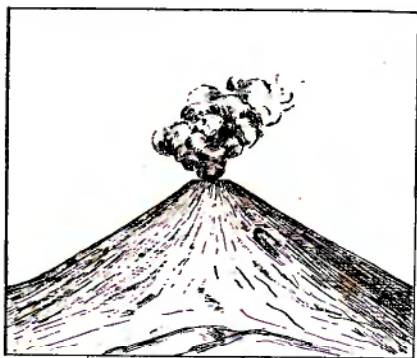


Фиг. 7. Скатывание газообразных продуктов валиками

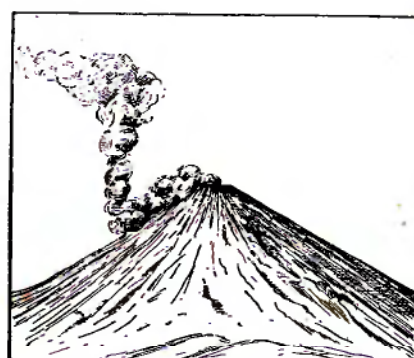
высоте подъема газового столба или облака над кратером. Так, максимальный подъем газообразных выделений 16 октября был 585 м, 17 октября 650 м, 18 октября 975 м, 19 октября 650 м и 20 октября в 12 ч. 16 м. достиг высоты 1300 м. Затем интенсивность выделений стала постепенно падать, и с 28 октября и до конца месяца из кратера непрерывно слабо выделялись лишь газы и пар.

В дни усиления активности вулкана, т. е. от 16 до 28 октября, последние временами, а иногда и весь день, как, например, 16 октября, пульсировал. Часто вместе с газообразными продуктами выделялись вулканический песок и пыль. Они выделялись чаще всего из центральной и восточной частей кратера, реже из западной.

27 октября выделения газообразных продуктов над кратером временами имели форму кочана цветной капусты (фиг. 8); часть их скатывалась затем по западному склону.



Фиг. 8. Выделение газообразных продуктов в виде кочана цветной капусты



Фиг. 9. Скатывание газообразных продуктов и их дальнейший подъем

Фумаролы работали 19 октября в западной части кратера, а утром и вечером 20 октября — в восточной части кратера.

Из 65 зарегистрированных в октябре выделений из кратера вулканических продуктов на выбросы вулканического песка и пыли приходится 28 случаев, а на газообразные 37.

В ноябре вершина вулкана была видна непродолжительное время и только во вторую половину месяца: с 18 по 21 ноября и 25 ноября. Во все остальные дни этого месяца вершина вулкана была закрыта облаками или туманом. Во все эти дни вулкан интенсивно выделял газообразные и рыхлые вулканические продукты. Они поднимались, главным образом, из центра кратера. Газы и пар 18 ноября сначала скатывались по юго-восточному склону, а затем, подхватываемые вихревым движением воздуха, поднимались высоко вверх (фиг. 9).

19 и 20 ноября газообразные вулканические продукты, медленно клубясь, поднимались вверх, а затем изгибались и образовывали длинный хвост, который был виден не только днем, но и ночью, в виде темной полосы на звездном небе. Из 17 зарегистрированных выделений из кратера вулканических продуктов выделение вулканического песка и пыли отмечено семь раз.

В течение первых двух декад декабря активность вулкана сильно возросла, а затем, в последней декаде, упала. Усиление выражалось, с одной стороны, в частых выделениях и взрывах газообразных продуктов, насыщенных вулканическим песком и пылью, а с другой, в высоте их подъема, которая достигала в отдельных случаях более 3000 м над кратером вулкана.

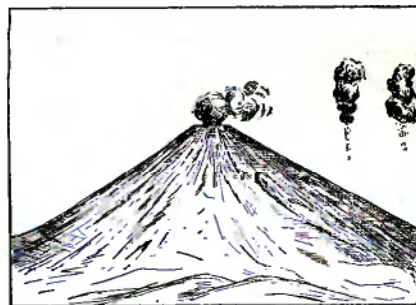
Часто газообразные облака были настолько насыщены или, может быть лучше сказать, пересыщены вулканическим песком и пылью,

что они не удерживались вулканическим облаком, а выделялись из него, падая песчаным дождем на склоны в окрестностях вулкана (фиг. 10).

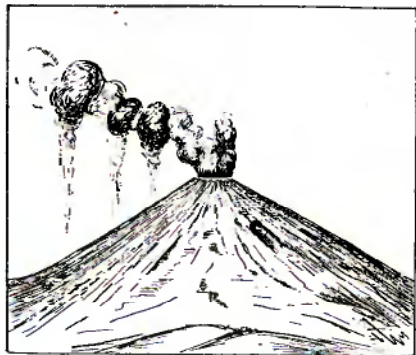
Наблюдались случаи (например, 8 декабря), когда два следующих один за другим взрыва газообразных продуктов, пересыщенных вулканическим песком и пылью, дали два самостоятельных черных шарообразных облака, которые оторвались от общей газообразной массы и понеслись, гонимые ветром, на запад, в сторону Плоских сопок; из них полосами падали на землю вулканический песок и пыль (фиг. 11). При



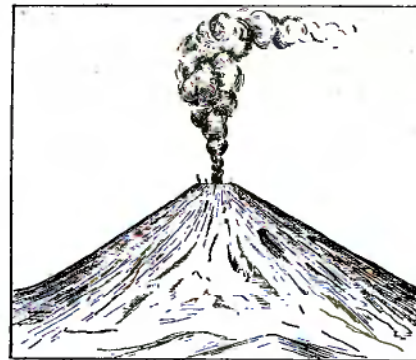
Фиг. 10. Выбросы газообразных продуктов с вулканическим песком



Фиг. 11. Периодические выбросы газообразных продуктов с вулканическим песком



Фиг. 12. Непрерывное выделение газообразных продуктов и периодические выбросы вулканического песка



Фиг. 13. Выделение газообразных продуктов из жерла и из отверстий фумарол

менее сильных взрывах облако, пересыщенное твердыми рыхлыми вулканическими продуктами, не отрывалось от чисто газообразных выделений. В последнем случае из вулканических выделений образовывалась идущая от кратера своеобразная пестрая полоса, состоящая из чередующихся белых и темных, почти черных участков (фиг. 12).

За декабрь было замечено 6, 18 и 26 числа скатывание газообразных выделений по различным склонам вулкана в зависимости от направления ветра: 6 декабря они скатывались по юго-восточному склону примерно на 1 км и затем поднимались вверх и рассеивались; 18 декабря утром газообразные выделения скатывались по восточному склону

до высоты 3000 м над ур. м. и на этой высоте рассеивались; 26 декабря газы скатывались по западному склону на 0.5 км и затем рассеивались.

Газообразные выделения из фумарол на краю кратера были замечены 5, 8, 13, 17 и 24 декабря (фиг. 13).

Газообразные и рыхлые вулканические продукты выделялись в декабре, главным образом, из центральной части кратера, но довольно часто и из его восточной и западной частей. В декабре значительно увеличилось выделение твердых рыхлых вулканических продуктов; так, из 149 выделений из кратера, зарегистрированных в этом месяце, на выделения вулканического песка и пыли приходится 87 случаев.

В январе 1936 г. деятельность Ключевского вулкана особенно проявлялась в последней трети месяца. Наблюдалась как бесформенные выделения газообразных продуктов всей поверхностью кратера, так и выделения из определенных участков: из восточной, центральной или западной части его. Газообразные выделения, поднимаясь над кратером, принимали разнообразную форму, но чаще всего поднимались клубящимся столбом высоко вверх, иногда до 3000 м над ним, а затем изгибались почти под прямым углом по направлению ветра. Получался род хвоста, который простирался от нескольких до десятков километров. Один раз (31 января) наблюдался зигзагообразный столб газообразных продуктов, поднимавшийся из восточной части кратера на высоту около 800 м, причем они (газообразные продукты) поднимались не клубами, а ровной струей. При небольших взрывах газообразные и рыхлые вулканические продукты выделялись чаще всего в виде кочана цветной капусты.

Скатывания по склонам были отмечены 10, 14 и 24 января, в первом случае (10 января) только газообразных продуктов, а во втором и третьем газообразных выделений, насыщенных вулканическим песком и пылью.

19, 23, 26, 27, 30 и 31 января, иначе говоря в течение последней декады, были ясно заметны газообразные выделения из фумарол, на краю кратера, а 25 января — и на восточном и западном склонах, близ его края.

Из 138 зарегистрированных нами выделений вулканических продуктов в январе на выделения вулканического песка и пыли пришлось 76 случаев.

Следует отметить частое образование в январе облачных «шапок» на вершине Ключевского вулкана. Эти «шапки» возникали обычно постепенно, но быстро. Вокруг вершины вулкана образовывалась облачная оболочка, вплотную прилегающая к вершине конуса вулкана, которая затем утолщалась; в итоге получалось шапкообразное облако, как бы сидящее на вершине вулкана. Иногда же образование этой «шапки» происходило в несколько приемов: сначала около самого кратера появлялось небольшое облачко, которое затем опускалось несколько вниз по склонам вулкана и образовывало кольцеобразное облако. После этого появлялось новое облачко у кратера, которое в свою очередь опускалось вниз, подобно первому, и порождало кольцеобразное облако или облако в виде полукруга. Первое кольцевое облако в это время опускалось еще ниже.

У кратера вновь образовывалось облако, несколько большее предыдущего. Оно оседало по склонам, соединяясь с полукольцевыми и кольцевыми облаками и образуя сплошное шапкообразное облако, покрывающее самую вершину вместе с кратером вулкана. Проходило некоторое время, эта «шапка» уменьшалась, принимала форму сначала диска, затем тонкой лепешки и, наконец, совсем исчезала (фиг. 14).

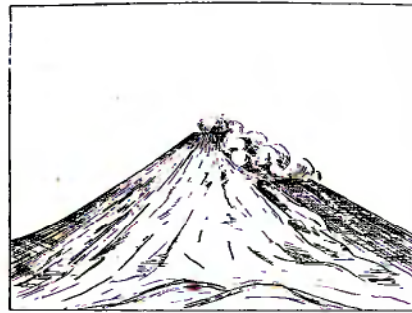
Образование этих кольцевых и шапкообразных облаков, вероятно, можно объяснить взаимодействием состава и температуры выделяющихся из кратера газов и пара, солнечного нагрева снеговых склонов вершины вулкана и давления и температуры воздуха. Выделяющийся из

кратера пар, повидимому, попадал в такие условия, при которых он конденсировался в облако, которое захватывало и другие газы и вследствие этого становилось более тяжелым и оседало, спускалось по склонам и принимало кольцеобразную форму. Пар, образовавшийся от испарения снега на склонах вершины вулкана, также конденсировался и служил как бы цементом, соединявшим кольцеобразные облака в одно сплошное облако — «шапку», покрывавшую самую вершину вулкана (фиг. 14).



Фиг. 14. Образование шапки на вершине Ключевского вулкана

Февраль 1936 г., подобно ноябрю 1935 г., отличался сильной облачностью, так что вулкан был виден только незначительное время. В начале и конце месяца он почти все время был закрыт, но тем не менее по проявлениям деятельности в то время, когда вершина его была открыта, можно было сделать вывод, что активность его была такая же или даже несколько большая, чем в конце января. Так, 18 февраля наблюдались сильные взрывы, в результате которых газообразные продукты вместе с вулканическим песком и пылью поднимались на 4000 м над кратером, т. е. на самую большую высоту, которую мы наблюдали как до этого дня, так и до конца нашего пребывания на Камчатке.



Фиг. 15. Скатывание газообразных продуктов сплошной массой

Вулкан интенсивно клубил, часто наблюдались взрывы. Следует отметить, что газообразные выделения поднимались в большинстве случаев из восточной части кратера, изредка из центральной и очень редко из западной; но, между прочим, выброс вулканических продуктов на высоту 4000 м произошел как раз из западной части кратера. Скатывание вниз по склонам вулканических продуктов было замечено два раза — 14 и 26 февраля, причем в первом случае скатывались по северо-восточному склону только газообразные продукты, а во втором — по северо-западному — газообразные вместе с рыхлыми продуктами (фиг. 15).

Интенсивная работа фумарол на краю кратера и на восточном склоне близ кратера наблюдалась 14, 15, 18 и 24 февраля.

Из 82 зарегистрированных в феврале выделений из кратера вулканических продуктов в 24 случаях выделялись вулканический песок и таль.

В марте вершина вулкана была открыта самое продолжительное время, дольше, чем в любой другой месяц нашего пребывания на Камчатке. Почти каждый день, за исключением 1 и 2 марта, она была открыта, хотя иногда на незначительное время. За месяц в течение

10 суток она была открыта круглые сутки. Таким образом, наблюдения за март дают более полную картину деятельности Ключевского вулкана в этот период времени.

В первой трети месяца из кратера вулкана достаточно интенсивно выделялись вулканические продукты. В середине месяца интенсивность выделений несколько ослабела и носила более или менее ровный характер. Последняя треть в общем походила на вторую, но только с той особенностью, что 21 и 28 марта деятельность вулкана значительно усилилась. Это усиление выразилось в достаточно сильных взрывах, в результате которых газообразные вулканические продукты поднимались на высоту около 1700 м 21 марта и около 2300 м 28 марта.

Сравнительно незначительную роль играли в марте выбросы из кратера твердых рыхлых вулканических продуктов из 146 зарегистрированных выделений на выбросы вулканического песка и пыли пришлось 25 случаев.

По характеру вулканических выделений в марте вулкан то слабо парил из какой-либо части или всей поверхностью кратера, то в более или менее сильной степени клубил, причем газообразные продукты иногда поднимались отдельными клубами, а иногда почти непрерывным потоком. Довольно часто происходили выбросы и взрывы, причем вулканические выделения при взрывах принимали подчас форму кочана цветной капусты. Выделения из кратера нередко меняли свое место выхода, но, главным образом, выделялись из центральной или восточной части его.

Скатывание газообразных выделений по склонам вулкана наблюдалось несколько раз. В большинстве случаев это были исключительно газообразные продукты, и лишь один раз, 13 марта, скатывавшиеся по восточному склону газообразные выделения заключали в себе и твердые рыхлые вулканические продукты. Скатывание продолжалось вообще непродолжительное время и на сравнительно небольшую высоту. Самая низкая точка, до которой спускались по склону газообразные волны, была около 2500 м над ур. м. В одном из шести случаев скатывания, происходящих на март, наблюдались капустообразные выбросы газообразных продуктов из центральной части кратера, которые отрывались от общего потока газообразных выделений и катились по западному склону.

Временами интенсивно работали фумаролы, причем в одни дни, как, например, 23, 24, 25 и 28 марта, они были видны на восточном, северном и западном краях кратера, в другие дни, например 14 марта, — только на северном, или 21 марта — только на западном крае кратера.

Апрель был значительно менее благоприятным для наблюдений, чем март. Деятельность вулкана за этот месяц была слабая, за исключением одного дня, а именно 16 апреля. В этот день из восточной части кратера поднимался столб газообразных продуктов на высоту свыше 2000 м, и только в этот день интенсивно работали и фумаролы на краях кратера.

Выделения вулканического песка и пыли были немногочисленны. Из 77 зарегистрированных на выделения твердых рыхлых вулканических продуктов приходится лишь пять случаев. Таким образом, преобладали в значительной степени газообразные выделения.

Одно из пяти упомянутых выделений, имевшее место 20 апреля, охватывает ряд небольших выбросов газов и пара с вулканическим песком и пылью, которые через некоторое время покрыли темной полосой северо-восточный склон вулкана до высоты 1500 м над ур. м.

Май по продолжительности видимости вершины вулкана очень близко стоит к марту.

Характерной особенностью деятельности Ключевского вулкана в мае является слабая, в смысле подъема газообразных продуктов, его активность и выделение из кратера почти исключительно газов и пара. Из

98 зарегистрированных выделений из кратера на долю выделений вулканического песка и пыли приходится только четыре, причем в трех случаях насыщенность вулканическим песком и пылью была незначительная.

За весь месяц только 2 мая в течение нескольких часов наблюдались газообразные выделения, поднимавшиеся выше 1000 м, и один выброс, достигший высоты около 1800 м. Последний заслуживает внимания не с точки зрения высоты подъема, а с точки зрения местоположения выхода отверстия в кратере — места выхода вулканических выделений.

В этот день наблюдались выделения газообразных продуктов одновременно из двух отверстий в кратере: из центрального и восточного. Выделения из центрального отверстия поднимались прямо вверх на высоту около 1800 м, а из восточного — сначала на высоту 520 м, а далее изгибались и уходили хвостобразной полосой на запад. Ясно было видно, что выделения из восточного отверстия не смешиваются с выделениями из центрального и проходят мимо последних с северной стороны (при наблюдении из пос. Ключи — спереди). Отсюда можно сделать достаточно достоверное предположение, что в момент наблюдений восточное отверстие находилось ближе к северо-восточному краю, а центральное — ближе к южному краю кратера.

Во все остальные дни вулкан то более, то менее интенсивно клубил и часто парил. Довольно часто работали фумаролы. В одни дни они работали достаточно интенсивно, в другие же, временами, едва заметны были легкие струйки из фумарол, расположенных на краю кратера.

Май также отличался частыми образованиями шапкообразных облаков, покрывавших вершину конуса вулкана.

Июнь характеризовался некоторым усилением активности в начале месяца и особенно значительным 24 июня. В этот день наблюдались мощные и стремительные выбросы и взрывы, при которых газообразные продукты поднимались на высоту до 2600 м.

В начале месяца особенно интенсивно работали фумаролы на краю кратера. В остальное же время по характеру и внешним формам выделений деятельность вулкана была близка к таковой в предыдущем месяце. Усилилось только выделение рыхлых вулканических продуктов, на долю которых приходится 12 случаев из 54 зарегистрированных в июне вулканических выделений.

В первую половину июля вулкан едва-едва показывал признаки жизни. В большинстве случаев он парил, но степень интенсивности выделений менялась от нормального выделения газообразных продуктов до едва заметных струек над кратером.

С 13 по 23 и с 26 по 29 июля вулкан был совершенно закрыт облаками. В промежутке между 23 и 26 июля деятельность вулкана была достаточно активна. Наблюдался ряд энергичных выбросов как газообразных продуктов, так и вулканического песка и пыли. 24 числа около полудня наблюдались выделения газообразных продуктов, образовавших на некоторое время небольшую пинию высотой около 1200 м, а затем газы и пар начали подниматься еще выше, до высоты 3500 м над кратером, причем форма пинии исчезла. Газообразные продукты приняли форму столба, верхний конец которого изогнулся (на упоминавшейся только что высоте) почти под прямым углом по направлению ветра, в восточную сторону. Следует отметить также, что вулкан в этот день утром слабо парил, днем энергично выделял газы, пар и небольшое количество вулканической пыли, а вечером спокойно клубил, выделяя только газообразные продукты.

Выделения из фумарол в июле не наблюдались. Скатывание по восточному склону низких клубов газообразных продуктов отмечено было только один раз, 31 июля.

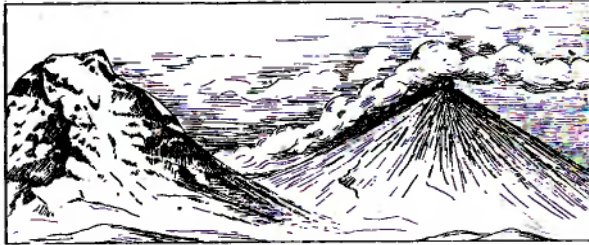
На выделения вулканического песка и пыли пришлось 12 случаев из 30 зарегистрированных выделений вулканических продуктов.

В августе вершина вулкана была открыта для наблюдения непрерывное время.

Вулкан в продолжение всего месяца был мало активен (по сравнению с другими месяцами). За весь месяц максимальная высота подъема газообразных и твердых рыхлых вулканических продуктов не превышала 400 м. В продолжение почти всего месяца вулкан клубил, временами даже весьма интенсивно, особенно в конце месяца, когда небольшие выбросы только газов и пара чередовались с выбросами газообразных продуктов вместе с вулканическим песком и пылью. Скатывание выделений из кратера в августе не наблюдалось. Выделения из фумарол наблюдались только один раз.

Из 20 зарегистрированных в августе выделений из кратера вулканических продуктов в пяти случаях выделялись вулканический песок и пыль.

В сентябре вулкан был почти так же мало активен, как и в августе. Характерной особенностью сентября является, пожалуй, довольно частое, особенно во второй половине



Фиг. 16. Скатывание газообразных и рыхлых вулканических продуктов по склону вулкана и засасывание облака

вторая половина месяца, скатывание по склонам преимущественно газообразных выделений вулкана. Из восьми наблюдаемых случаев только в двух вместе с газообразными продуктами находились и вулканический песок и пыль. Эти продукты спускались и по утрам и по вечерам, и среди дня, так что подобное скатывание газообразных или рыхлых вулканических продуктов не зависит от времени суток.

Интересное явление наблюдалось 13 сентября. Из кратера поднимались густые газообразные продукты вместе с вулканическим песком и пылью. Поднявшись над краем кратера, они переваливали через край и далее спускались по юго-западному склону вулкана. В это же время над кратером на небольшой высоте двигалось облако. Дойдя до кратера, оно своей нижней поверхностью коснулось верхней поверхности газообразных выделений и далее пошло вниз, неразрывно связанное с потоками газообразных и рыхлых вулканических выделений, параллельно склону вулкана (фиг. 16).

Это явление объясняется, повидимому, тем обстоятельством, что газообразные выделения вместе с некоторым количеством вулканического песка и пыли без всяких воздушных или иных прослоек, плотно, если можно так сказать, соприкоснулись с облаком и, спускаясь (вследствие своей тяжести) по склону вулкана, увлекли за собой, засосали, это облако. Облако после соприкосновения с газообразными выделениями из кратера, если бы оно двигалось дальше на той же высоте, должно было бы создать разреженную атмосферу или даже пустоту. Следовательно, невозможность образования пустоты (если даже не принимать во внимание атмосферного давления) обусловила движение облака по пути следования вниз по склону газообразных и рыхлых вулканических выделений.

В остальные дни вулкан то слабее, то интенсивнее клубил. За месяц только один раз наблюдали с р. Сухой Хапичи (с юго-востока от вулкана) интенсивную работу фумарол на северо-восточном крае кратера, причем они настолько сильно выделяли газообразные продукты, что об-

разуемое столбообразное облако создавало такое впечатление, как будто оно поднималось из жерла кратера.

Выделений вулканического песка и пыли в сентябре было 17, а всего зарегистрировано 69 выделений газообразных и твердых рыхлых вулканических продуктов.

Наблюдения в октябре велись только в первую треть месяца, причем от 5 октября и до конца нашего пребывания в пос. Ключи, т. е. до вечера 9 октября, сопка была закрыта.

В первые четыре дня выделения из кратера вулкана были достаточно интенсивны. Так, газообразный столб 1 октября поднялся на высоту свыше 1600 м над кратером. В остальные дни интенсивность выделений была значительно меньше. Из шести зарегистрированных выделений было только одно с вулканическим песком и пылью.

*
*
*

Суммируя наши наблюдения над деятельностью Ключевского вулкана за период август 1935 — октябрь 1936 г., мы можем отметить, что активность вулкана, судя по высоте подъема вулканических продуктов над кратерами, то усиливалась, то ослабевала.

Однако в этом вопросе необходимо быть осторожным и учитывать то обстоятельство, что на высоту подъема могут оказать некоторое влияние и атмосферные условия: давление, температура и др. Такое влияние нами наблюдалось на побочных вулканах, образовавшихся в 1932 г. После пурги, сопровождавшейся сильным снегопадом, наступили морозы около 30°. Выпавший снег, подогреваемый многочисленными фумаролами, таял и интенсивно испарялся. Этот пар, благодаря сильному холоду, конденсировался в мелкие капельки, которые высоко поднимались широкой полосой тумана над фумаролами этих побочных вулканов.

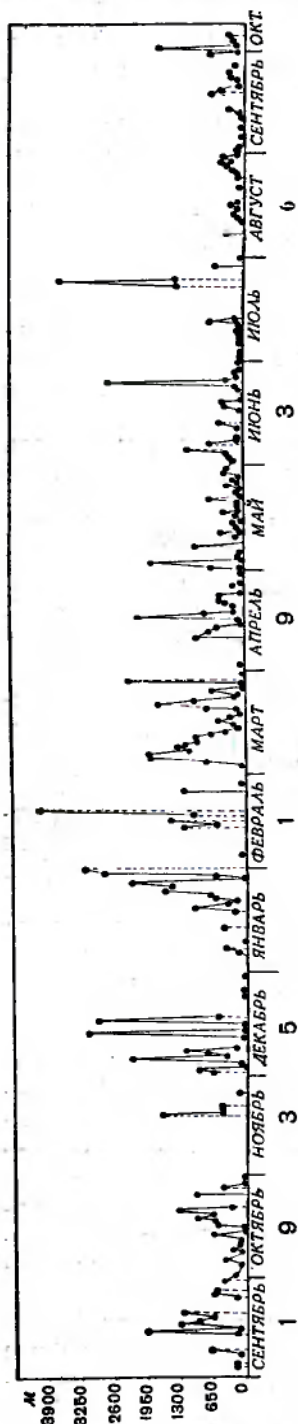
В дальнейшем нашем описании мы будем судить об активности вулкана по частоте вулканических выделений и по высоте их подъема, заранее оговариваясь, однако, что иногда высота подъема газообразных выделений в некоторой степени зависит и от атмосферных условий.

Для того, чтобы получить более общую картину изменения активности Ключевского вулкана, будем рассматривать изменение активности не в течение суток, а за более продолжительное время, например, за один месяц или за все время наших наблюдений. Промежутки времени, когда вершина вулкана не была видна, мы, как уже об этом раньше упоминалось, не будем принимать во внимание, а будем считать условно, что перерывов между вулканическими выделениями не было. С такими оговорками картина изменения активности Ключевского вулкана рисуется в следующем виде.

Некоторое усиление активности в середине сентября 1935 г. сменяется постепенным падением ее, с наименьшей активностью в первых числах октября. Затем активность постепенно нарастает, с некоторым уменьшением в конце ноября, и в середине декабря достигает максимального значения, после чего она быстро падает и в конце декабря доходит почти до нуля. Новый этап начинается в начале последней трети января 1936 г., когда интенсивность выделений быстро увеличивается и достигает в самом конце января наибольшего значения, равного наибольшему значению в декабре 1935 г. После этого усиления идет значительное ослабление деятельности вулкана в начале февраля. Новое усиление активности вулкана начинается в середине февраля и уже 18 февраля достигает максимального значения за все время наших наблюдений, причем подъем газообразных вулканических продуктов в этот день достигает своего максимума — примерно 4000 м. К концу февраля активность уменьшается почти до нуля.

В марте три раза наблюдается усиление активности вулкана, в апреле то же, но первое и третье (в начале второй и в начале третьей

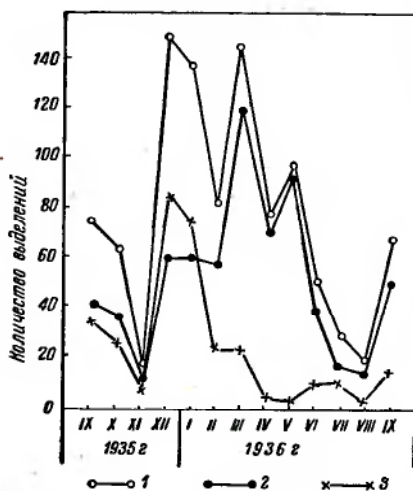
декад) незначительны. В начале мая активность вулкана опять усиливается, а затем она значительно уменьшается и лишь времяами становится несколько интенсивнее. Такая степень активности — слабая активность — имеет место до конца июня. 24 июня наблюдается новый пароксизм активности. На следующий день она чрезвычайно ослабевает, и вулкан до конца июня и далее до 23 июля почти бездействует. В этот день активность значительно усиливается, а на следующий день, 24 июля, газообразные вулканические продукты поднимаются выше 3500 м. 25 июля степень активности такая же, как 23, а к концу месяца становится такой же слабой, как и до этого пароксизма. В августе и сентябре деятельность вулкана очень слабая, с небольшим усилением в конце августа и в конце второй трети сентября. Октябрь 1936 г. начинается значительным усилением активности, которая, однако, уже в следующие дни резко падает и становится едва заметной (4 октября 1936 г. является последним днем наших систематических наблюдений за деятельностью Ключевского вулкана).



Фиг. 17. Диаграмма деятельности Ключевского вулкана с 1 сентября 1935 г. по 5 октября 1936 г.

Для большего удобства и наглядности эти изменения в активности Ключевского вулкана представлены в виде диаграммы (фиг. 17). На ней по оси абсцисс отложено время наблюдений, а по оси ординат — высота подъема вулканических выделений в метрах. На диаграмме ясно видно время усиления активности вулкана и степень интенсивности выделений, но уловить какую-либо закономерность усиления активности во времени еще невозможно. Для этого необходимы детальные, многолетние, всесторонние наблюдения за деятельностью вулкана.

Для большего удобства и наглядности эти изменения в активности Ключевского вулкана представлены в виде диаграммы (фиг. 17). На ней по оси абсцисс отложено время наблюдений, а по оси ординат — высота подъема вулканических выделений в метрах. На диаграмме ясно видно время усиления активности вулкана и степень интенсивности выделений, но уловить какую-либо закономерность усиления активности во времени еще невозможно. Для этого необходимы детальные, многолетние, всесторонние наблюдения за деятельностью вулкана.



Фиг. 18. Диаграмма выделений газообразных продуктов и вулканического песка и пыли

1—суммарные выделения; 2—выделения газов и пара; 3—выделения вулканического песка и пыли

Для характеристики деятельности вулкана важно знать, какую роль играют выделяемые вулканом рыхлые вулканические продукты. Точную количественную картину этих выделений мы не можем дать, но можем привести данные, до известной степени освещающие роль, которую играли рыхлые вулканические продукты в течение всего времени наших наблюдений.

Нами регистрировались вулканические выделения типа выбросов и взрывов как чисто газообразные, так и с примесью вулканического песка и пыли. Зарегистрировано всего 1024 таких вулканических выделений, из которых на долю чисто газообразных приходится 686, а на долю газообразных вместе с рыхлыми продуктами 338, т. е. примерно третья часть. Конечно, эти цифры имеют относительное значение, так как не все выделения зарегистрированы или из-за того, что сопка была закрыта облаками, или из-за темной ночи, или из-за самого характера (быстрых выбросов из кратера) выделений, но тем не менее они дают порядок этих выделений и относительную роль газообразных и рыхлых вулканических выделений по отношению к чисто газообразным выбросам и взрывам.

Данные о количестве этих выделений по месяцам сведены в диаграмме (фиг. 18). Интересно отметить, что наибольшие количества выделений вулканического песка и пыли приходится на декабрь и январь, что соответствует значительному усилению деятельности вулкана в эти месяцы. Диаграмма подчеркивает еще две особенности: наибольшее количество газообразных выделений в марте и наименьшее количество выделений вулканического песка и пыли в апреле, мае и августе 1936 г., причем в апреле и особенно в мае было большое количество выделений газообразных продуктов. Данные за март и май особенно важны, так как в эти месяцы Ключевская сопка была открыта наибольшее количество времени.

По общему количеству выбросов чисто газообразных и последних вместе с вулканическим песком и пылью отличались декабрь, март и январь. Таким образом, газообразные вместе с рыхлыми вулканическими продуктами составляли одну треть всех выбросов. Они выделялись особенно часто в декабре и январе, а в остальные месяцы играли небольшую роль, особенно в апреле, мае и августе. Чисто газообразные выбросы были наиболее часты в марте, мае и апреле. Из всего этого вытекает, что в зимние месяцы происходило больше выбросов твердых вулканических продуктов, а в весенние — газообразных.

Естественно задать вопрос, что представляют собой эти твердые вулканические продукты? В большинстве случаев за время наших наблюдений это был вулканический песок и вулканическая пыль, изредка лапилли и еще реже вулканические бомбы и блоки (камни). Последние выбрасывались в результате взрывов. Генезис же более мелких вулканических продуктов различен: это или материал пробки канала вулкана, раздробленный силой взрыва, или осыпающиеся со стенок канала и кратера вулканический песок и пыль, ранее выброшенные взрывами. Определить в каждом отдельном случае источник рыхлого вулканического материала довольно трудно. Однако условно можно допустить, что в то время, когда наблюдались взрывы с выбрасываемым почти черным облаком высотой свыше нескольких сотен метров, повидимому, происходило раздробление пробки. Временами же наблюдалось спокойное выделение газов и пара кофейного цвета, от содержания в них некоторого количества рыхлого вулканического материала, который поднимался сравнительно невысоко; в таких случаях, вероятно, газы и пар выносили вулканический песок и пыль, осыпавшиеся со стенок канала и кратера.

Для представления о размерах частиц рыхлого вулканического ма-

териала привожу механический состав образца вулканического песка, взятого А. А. Меняйловым (1937 — 1) с края кратера 30 августа 1936 г.:

1. Больше 1 мм	0.08%	3. От 0.5 до 0.25 мм	29.33%
2. От 1 до 0.5 „	21.73	4. Меньше 0.25 „	48.86
			100%

При сравнении со схемой разделения осадков по механическим свойствам, принятой в отделе четвертичной съемки при Институте геокарты (Батурин, 1932), а именно:

1—0.5 мм	крупный песок	0.05 — 0.01 мм	мелкая
0.5 — 0.25 „	средний „	0.01 — 0.001 „	ил
0.25 — 0.1 „	мелкий „	Меньше 0.001 „	глина
0.1 — 0.05 „	крупная пыль		

видим, что главная масса вулканического материала относится к пескам. Какую количественную роль играют более мелкие частицы, трудно сказать, так как на фракции меньше 0.25 мм этот материал не был расчленен.

По минералогическому и химическому составу вулканический песок, выброшенный Ключевской сопкой в 1936 г., относится к базальту (Влодавец, 1937—4).

На основании всего вышесказанного можно считать, что Ключевской вулкан за весь период август 1935 г. — октябрь 1936 г. находился в стадии эксплозионной деятельности малого действия с довольно частыми короткими пароксизмами более сильного действия (фиг. 19—21).

Скатывающиеся газообразные и рыхлые вулканические выделения из кратера

Как уже отмечалось, временами наблюдались скатывающиеся от края кратера по склонам вулкана выделения, в большинстве случаев газообразные, изредка же вместе с твердым рыхлым вулканическим материалом. По внешнему виду они отчасти похожи на пелейские, катящиеся вниз по склонам горячие тучи, но это чисто внешнее сходство, так как температура «туч» Ключевской сопки, по всей вероятности, была значительно более низкой.

Каковы же причины, вследствие которых эти выделения опускались вниз то плавным непрерывным потоком, то изредка, отдельными скатывающимися кренделеобразными валиками, не связанными друг с другом? Основная причина, по видимому, — тяжесть выделявшихся из кратера продуктов. Это или тяжелые газы, или пар, который, когда выделялся вулканический песок и пыль, конденсировался в мелкие капли, заключающие в середине твердую пылинку или мелкую песчинку и, конечно, более тяжелые, чем воздух.

Интересно отметить, что, частично освободившись от тяжелой составной части, оставшиеся газообразные продукты иногда поднимались снова высоко вверх и там рассеивались. Такому поднятию, конечно, могло помочь и вихревое движение воздуха.

Но не во всех случаях опускание выделений зависело от их состава; в некоторых случаях такое скатывание, вероятно, было обязано также тяге воздуха и завихрениям.

Состояние вершины конуса Ключевского вулкана

Несмотря на то, что вершина вулкана находится выше снеговой линии и вследствие этого должна бы быть всегда белоснежного цвета, она в большинстве случаев имела темную окраску. Это обстоятельство объясняется, с одной стороны, частыми выделениями из кратера вулкани-

ческого песка и пыли, которые оседают по склонам вулкана, а с другой более быстрым оттаиванием вновь выпавшего снега вследствие его загрязнения.



Фиг. 19. Камень и Ключевской вулкан. Сентябрь 1936 г. Фото В. Ф. Попкова



Фиг. 20. Ключевской вулкан. Ноябрь 1935 г. Фото В. Ф. Попкова

Нами наблюдались очень эффектные картины, когда, например, зимой соседние потухшие вулканы, подножия их и Ключевской сопки и сам вулкан до высоты примерно 3000 м белые от снега, а верхушка вулкана черная или от выпавшего вулканического песка, или вследствие

подтаивания снега. И, наоборот, летом: верхушка вулкана ослепительно белая от свежеснежавшего снега, а ниже — черный пояс отложений твердых вулканических продуктов примерно от 3000 до 1500 м, еще ниже — зеленые пояса сначала альпийских лугов, затем кустарника и леса.

Количество жерл в кратере Ключевского вулкана

По выделениям газообразных продуктов из кратера вулкана у нас создалось впечатление, что в кратере находится по крайней мере три



Фиг. 21. Ключевской вулкан. Февраль 1936 г.
Фото В. Ф. Попкова

жерла. Как уже отмечалось, более мощные выделения поднимались из трех мест в кратере: восточной, центральной и западной его частей, причем преобладали выделения из центральной и несколько меньше из восточной части; из западной части они были очень редки.

Во время же нашего посещения вершины Ключевского вулкана 28 августа 1936 г. нами наблюдалось только одно мощное жерло (Влодавец, 1937 — 4). Кроме того, как уже упоминалось, газообразные продукты, интенсивно выделявшиеся 12 сентября из нескольких fumarol, расположенных очень близко друг к другу в северо-восточной части края кратера, образовали настолько мощное столбообразное облако, что, казалось, оно поднималось из жерла.

Таким образом, в некоторых случаях выделения из восточной части кратера были выделениями не из восточного жерла, а из нескольких, близко друг к другу расположенных fumarol. Однако подобным образом объяснить все выделения из восточной и западной частей кратера нельзя. Такое происхождение могло бы быть принято для газообразных продуктов, но никак не для вулканического песка и пыли, поднимающихся из этих частей кратера. К обсуждению этого вопроса мы вернемся после описания восхождений к кратеру Ключевского вулкана.

Восхождения на вершину Ключевского вулкана

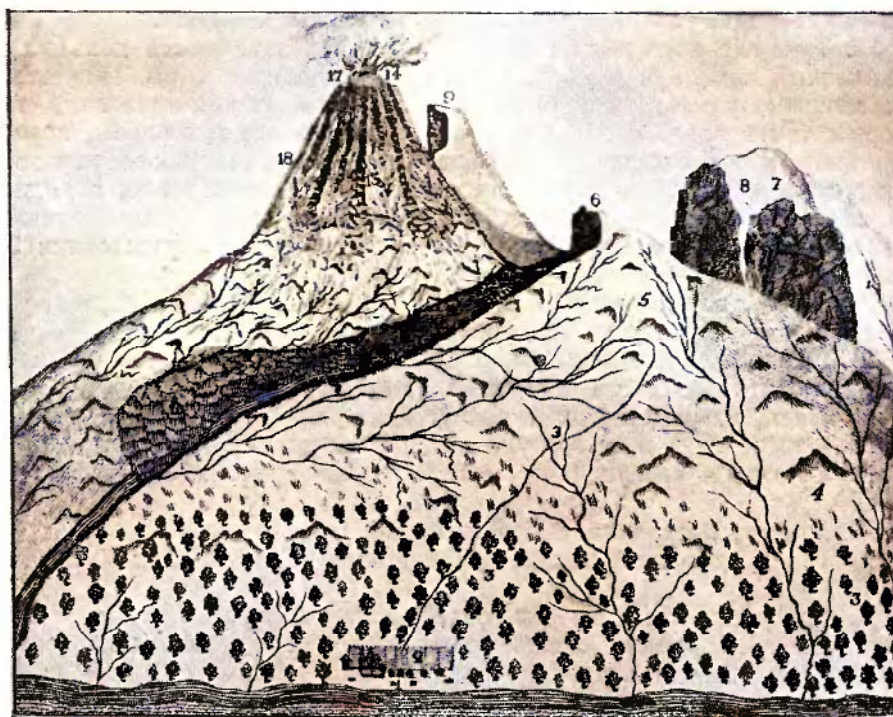
Строение кратера, механизм деятельности вулкана, состав твердых и газообразных вулканических продуктов и другие вопросы невозможно разрешить без осмотра кратера вулкана.

В этом отношении у нас материалов пока сравнительно мало, так как вершина Ключевского вулкана посещалась очень редко. Насколько известно из литературы, первое восхождение совершил горный кондуктор Данил Гаус в 1788 г. (Otton de Huhn, 1809). До него были сделаны три попытки подняться на вершину вулкана, но все они окончились трагически. После посещения Гауса только в 1931 г. удалось снова подняться на этот вулкан.

В 1935 г. было совершено три посещения вершины Ключевской сопки, причем в двух случаях со спуском в кратер, в 1936 г. — два восхождения и в 1937 г. — одно восхождение во время извержения вулкана. Таким образом, вершина Ключевского вулкана была посещена всего восемь раз, из которых шесть раз в последние 3 года.

Так как эти восхождения представляют значительный интерес как с точки зрения изучения вулкана, так и условий подъема, в дальнейшем привожу подробное и в некоторых случаях дословное описание их.

Д. Гаус описал свое восхождение на Ключевскую сопку. К статье приложена гравюра с изображением Ключевской, Камень, Средней и Плоской сопки, воспроизведенная в настоящей работе (фиг. 22). Привожу перевод этой статьи: «Описание одной вулканической горы на Камчатке, сообщенное Обществу доктором Оттоном де-Гун»:



Фиг. 22. Ключевской, Камень, Средний, Дальний и Ближний Плоские вулканы
Рис. Д. Гауса

«1. Дер. Ключевская, которая носит имя большого источника, потому что источник по-русски называется ключом, состоит из церкви святой троицы и нескольких крестьянских домов.

2. Поля.

3. Березовый лес, шириной в 6 верст, в котором находится немного тополей и рябины.

4. Лес, состоящий из ольхи и кедровника шириной в две версты. От этого леса до кратера не находится больше растительности.

5. Подножие большой скалы, которая, как мы заметили, прежде выбрасывала огонь. Между р. Камчаткой и полями находится много провалов, которые некогда имели изверженное происхождение (эруптивное). Отсюда двигаться вперед пешком или верхом приходится с большим трудом, потому что всюду встречаются обожженные камни, песок, сажа, вода, большие возвышенности и глубокие впадины, на которые необходимо постоянно то вскарабкиваться, то опускаться.

6. Достаточно большой крутой утес с осыпями обожженных камней.
7. Большой утес, поверхность которого покрыта льдом и снегом, смешанным с пеплом, выброшенным из кратера. Эти камни кажутся черными и красными и вместе смешанными.

8. Впадина, опускающаяся вниз и целиком покрытая льдом.

9. Подножие и вершина скалы одинаково покрыты снегом и вечным льдом, вместе с пеплом, выброшенным из кратера. Подобная вещь происходит также на других горах и окружающих возвышенностях, но что касается этой скалы, то она остается белой всегда, как снег, как утверждают жители этих стран. Эта гора раньше извергалась. Она совсем отделена от вулкана узким ущельем.

10. Река, прозванная Сухой, потому что она течет только периодически. Летом она покрыта пеплом и льдом. Этот последний там подымается в виде пирамиды высотой до 30 саженей, на дне трещин которого видна вода, текущая с большой быстротой и шумом.

11. Там, где кончаются горы ледяных пик, замечаются холмики из обожженных камней и черного пепла, скатившихся с горы. Под этими обожженными камнями или рыхлым материалом находится лед, под которым течет вода. Это место прошел с большим опасением, потому что я заметил в нескольких местах, что камни, так же, как песок и зола, провалились, обнаруживая ужасающие пропасти. Естественно, я должен был ожидать подобные неудобства. С каждым шагом я ощупывал копьём эти страшные места, которые простираются на расстоянии 500 саженей.

12. Место, по которому предположительно проходит р. Сухая, удаляющаяся от мелких возвышенностей.

13. Продолговатые холмики, оканчивающиеся острым концом и состоящие из материала лав, вытекших из горы.

14. Лавы, нагроможденные вокруг кратера.

15. Отверстие в лаве, откуда выходят пары и огонь.

16. Отсюда я вернулся, не имея более возможности двигаться вперед.¹

17. Кратер, постоянно выбрасывающий пары и огонь.

18. Склон того же вулкана, находящийся на расстоянии 40 верст от дер. Ключевской.

Для восхождения я выбрал путь, который обозначен на плане пунктирной линией. С помощью палки с железным наконечником, карабкаясь по льду, я дошел до остроконечной вершины продолговатого и сильно крутого холма. Холм состоит из материала, скатившегося с вершины горы (вулкана); здесь он остановился из-за скопления большого количества льда и принял форму скалы. Когда вулкан выделяет новый подобный материал или лаву, то эта последняя увлекает скалу и образует новые. Происходящий при опрокидывании и скатывании скалы грохот похож на громовый раскат, который слышен часто на расстоянии 100 и более верст. Я заметил в нескольких местах нагроможденные камни, как высокие горы, и подобные этим остроконечным продолговатым холмам, которые были опрокинуты. 4 августа я был очевидцем обвала подобной горы, которая образует в то же время новую подобную гору. Я ожидал на каждом шагу найти свою могилу, и погруженный в глубокое размышление, я предавался воле всемогущего. Мое любопытство увлекло меня до самой вершины горы, чтобы там увидеть самый кратер и чтобы дать потомству интересное описание. Подобно делавшим открытие, я хотел быть первым вскарабкавшимся на эту гору, тем более, что уже были посланы три лица в различные эпохи для описания этого великого явления природы. Возвратился только один и ничего не мог сказать, кроме слов: «о как там все страшно», и немедленно после

¹ Места 15 и 16 на рисунке не отмечены цифрами.

этого умер. Причина их несчастья произошла от их невежества: оттого, что они неудачно выбрали день, и погибли или от удушливых паров, или были раздавлены падением огромных камней.

По мере того, как я двигался вперед среди длинных холмов, я заметил, что все они были наполнены толстым и блестящим льдом, покрытым в нескольких местах сажей и пеплом, под которым стремительно неслась шумная вода, которая увлекала обожженный материал. Я ожидал каждое мгновение быть раздавленным этой массой, из осторожности я всегда держался сзади этих больших глыб, расположенных на этом склоне. Я шел целый день среди опасностей и трудностей. По мере того, как я приближался к вершине, вода убывала так же, как и скатывание (падение) камней, но зато ветер усилился, и я чуть-чуть не был сброшен. Облака, среди которых я находился, создавали глубокую темноту, которая мешала видеть землю под моими ногами и меня предохраняла от головокружения. Когда я поднялся выше, я заметил достаточно ясно солнце, но холод был такой сильный, как зимой. Я отдохнул в течение нескольких минут, так как слишком долго нельзя заниматься этим делом. Достигнув, наконец, вершины горы, я увидел весь кратер, который имел почти треугольную форму протяжением в одну версту. Он был окружен лавой. Середина кратера была наполнена лавой в виде корки. Эта лава черная, твердая и была представлена несколькими разновидностями. Она образует возвышенность в 60 и более саженей над краем кратера. Длина по периферии — приблизительно около $\frac{1}{2}$ версты. На боках этой лавовой горы видно, кроме главного кратера, несколько значительных отверстий, откуда выходят пары и огонь. В самой горе также слышен страшный шум, как будто она дрожит под ногами. Вредные пары направлялись в мою сторону, испуская сильный сернистый запах. Он принудил меня покинуть эту пропасть возможно скорее, и я употребил на это все мои силы и способности. Непосредственно после этой экспедиции я и мои два компаньона по путешествию лежали в постели больными в течение нескольких дней.

Для нас было большим счастьем, что в этот день не было совсем бури, как это было 2 и 4 августа, которые происходят довольно часто. 8 августа выпало много снега на горы, который тает на овальной вершине только в июле, зато в других местах он накапливается из года в год и покрывается пеплом и песком. У подножия горы находят серу в различных смесях. Она осаждается из паров на снег; но летом во время таяния она отделяется от снега в виде кусков и твердеет.

Впрочем, на горе не находят ни редких камней, ни минералов.

В прекрасный солнечный день и в тихую погоду видна гора, прекрасно обрисованная, и пары, поднимающиеся в сторону разреженного воздуха. Когда дует ветер, облака покрывают различным образом подножие, середину и верхушку горы, преимущественно за один или два дня до того времени, когда должен пойти дождь или снег. Гора покрыта белым плотным покровом, образованным из паров, выходящих из недр. Этот покров похож на развернутую шапку, и в то время, когда пары увеличиваются или уменьшаются, она (шапка) принимает каждый раз другую форму, эти покрывала отделяются и покрывают, наконец, всю гору в форме облаков. В этот период времени неблагоприятно приближаться к горе, даже и к подножию из-за изобилия сернистых паров. Кратер выбрасывает беспрестанно огонь и пламя; днем пламя не заметно, но ночью видно ясно со всех сторон. Пламя подымается попеременно маленькое и большое. Когда оно не подымается вовсе, тогда кратер выбрасывает непрерывно искры огня, которые гаснут в воздухе. Он выделяет белые густые пары. Последние подымаются через определенные промежутки в форме шаров, которые, пробивая насквозь воздух, превращаются в маленькие обручи, затем они увеличиваются и, наконец, разделяются, чтобы исчезнуть.

Если пламя увеличивается, то кратер выбрасывает черный песок и пепел, который ложится на землю на расстоянии около 100 верст по направлению ветра. Этот пепел, который покрывает землю и горы, не толще листа бумаги, а в некоторых местах — до одного дюйма.

К счастью, он никогда не вредит ни зернам, ни растениям, но губительно действует на домашний скот.

У подножия вулкана гора № 5 должна была быть приведенной в движение в отдаленные времена, это указывают горы № 7 и 9, окружающие ее, так же как и гора № 6, которая отделилась от горы № 7 и, кажется, как будто осела или обрушилась, и от нее осталась только большая скала. Все эти горы представляли только одну возвышенность, так как прекрасно заметно, что большие камни, реки и окрестные холмы испытали сильные сотрясения и образовались путем разрушения.

В далекие времена до 1762 г. вершина вулкана имела заостренную форму, как об этом утверждают жители этой страны. С этого времени острие уменьшилось и изменилось в плато, но, начиная с 1772 г., появляется лава в форме корки, часть которой видна еще в настоящее время.

Оригинал подписал Daniel Haus, горный кондуктор. Сверена с оригиналом областным секретарем Матвеем Игнатьевым.

Свидетель: капитан Тимофей Смелов.

Ижигинск. 17 января 1789 г.»

После этого восхождения, насколько известно по литературе, было сделано несколько неудачных попыток подняться на вершину вулкана: в сентябре 1829 г. — Эрман, в 1909 г. — Конради, Круг и др., в 1919 г. — два иностранца, в 1930 г. — Семенов.

Наконец, 2 сентября 1931 г. Г. К. Семенов и В. К. Дингес поднялись на вершину Ключевской сопки. Описание этого подъема дано Семеновым (1933). Из этого описания отмечу некоторые наиболее важные для нас моменты. Они поднимались по восточному склону, который Семенов разделяет по степени крутизны на три части: от высоты 900 и до 1700 м идет очень отлогий склон, с 1700 до 3000 м — средней крутизны, с 3000 м до вершины — очень крутой, и чем ближе к вершине, тем более крутой. С высоты 4500 м скалистый гребень терялся, дальше был почти гладкий, крутой склон с изредка торчащими скалистыми выступами. Одна из таких скал вблизи кратера имела до 30 небольших фумарол. Поверхность скалы у фумарол была глянцевиито-гладкая и покрыта желтым налетом серы. Отверстия фумарол имели от 2 до 4 см в диаметре. С северо-восточной стороны скалы склон был покрыт вулканическим пеплом, толщина слоя которого колебалась от 1 до 10 см; этот пепел был теплым. Температура воздуха была -10° , а поверхность пепла $+20^{\circ}$, на глубине 2 см $+32^{\circ}$, на глубине 4 см $+50^{\circ}$.

«Но вот цель достигнута, — пишет Семенов, — мы стояли на краю кратера. По правую и левую стороны, дугообразно изогнувшись, тянулся гребень, опоясывающий кратер; прямо перед нами на расстоянии 2 м стеной клубился дым, газ был очень едкий, с очень сильным запахом. Малейшей струйки было достаточно, чтобы почувствовать всю его удушливость. Этот газ по выходе из кратера относился необыкновенно сильным ветром на юго-западную сторону, чем и можно было объяснить наше нахождение на таком близком расстоянии от него. Внутри облака газов иногда были видны два столба черного дыма, попеременно выходящего с северной и южной сторон кратера. Эти столбы вылетали с большой стремительностью, но вскоре задерживались и сносились ветром. Если судить по вышеуказанным столбам дыма, то кратер имел две отдушины для выхода газов и лавы: размером 25—30 м в диаметре, так как каждый столб на уровне гребня имел 40—50 м. Диаметр всего кратера на высоте гребня при определении на-глаз имел около 200 м. Гребень кратера состоит из крепкого скалистого массива застывшей лавы, с наружной стороны он был покрыт пеплом. С внутренней

стороны он обрывался скалистой стенкой прямо вниз и имел ребристое строение. Внутренние стороны гребня можно было рассмотреть только метров на 10 вниз, потому что мешали газы. Кратер имел большие ворота для выхода лавы на юго-восток и малые — на северо-запад. Это все, что мы могли увидеть».

Следующее восхождение было совершено 17 июня 1935 г. пограничниками Н. Водопьяновым и Бирюковым.

На Вулканологической станции в пос. Ключи мною заведена книга восхождений на Ключевской вулкан, в которой кто-либо из участников восхождений записывает свои наблюдения и впечатления при посещении вершины вулкана.

Привожу часть материала, наиболее для нас интересного, из описания Водопьянова «Подъем на Ключевской вулкан 14—19 июня 1935 г.»

«16 июня 1935 г. начался подъем в 20 часов, раньше подъем был невозможен из-за сильного снега. Кратера вулкана достигли 17 июня в 18 час. 40 мин. Таким образом, на подъем с высоты 2600 м к кратеру вулкана было затрачено 22 часа 40 минут.

Условия подъема. На всем протяжении пути ручьи пересекали дорогу. Снег начинал таять и в большинстве случаев проваливался. Подъем сильно затруднял фирновый лед, покрывавший склон вулкана туман, каменные лавины, большая крутизна склонов, мороз — все это сильно тормозило движение и выматывало силы. Во время подъема наблюдали взрывы вулкана. Первый взрыв 15 июня в 20 час. 15 мин. Второй взрыв наблюдали с высоты 3500 м в 7 час. 30 мин. 17 июня 1935 г. Последующие взрывы наблюдались непосредственно у кратера.

Взрывы сопровождались сильным шумом с выбрасыванием камней. Дым выходил из кратера черный, по всей вероятности от большого количества находящегося в нем мелкого вулканического песка, который после взрыва осыпался, покрывая склоны вулкана.

Во время нашего пребывания на вершине произошло три взрыва, сила которых была неодинакова, но во всех случаях столб черного дыма высоко поднимался кверху.

Определить размеры и глубину кратера было чрезвычайно трудно, так как кратер был заполнен дымом. Ориентировочно мы определили глубину в 90 м, диаметр кратера в 200—250 м. Фумаролы расположены в большинстве случаев по стенкам кратера. Их больше в северной части и незначительное количество по дну кратера. Стенки кратера около фумарол покрыты большим количеством возгонов белого, желтого и зеленого цветов. Внутренние стенки кратера в большей своей части обрывисты.

С вершины вулкана открывался великолепный вид на северо-восточную часть полуострова. Пробыв на вершине час сорок минут, начался спуск».

Примерно через месяц после этого подъема было совершено еще восхождение на вершину Ключевского вулкана группой пограничников. тт. Водопьяновым, Семеновым, Аксеновым, Кашиным, Клепко, Железняновым и Кудиновым. Вместе с ними поднялся и геолог Кулаков.

В. С. Кулаков не смог записать в книгу восхождений свои наблюдения и впечатления. В специальной литературе, в его статье «О деятельности камчатских вулканов» (Кулаков, 1936—2) восхождению на Ключевской вулкан посвящено только 10 строчек.

Чтобы в книге восхождений были отмечены более или менее полно все восхождения на Ключевской вулкан, начиная с 1935 г., мною была записана полностью статья В. С. Кулакова «В кратере Ключевского вулкана», напечатанная в газете «Камчатская Правда» (Кулаков, 1935).

Ниже приводятся наиболее интересные факты из этой статьи. «Рано утром 20 июля началось восхождение к кратеру. Вследствие тумана,

закрывшего склон, пришлось перенести восхождение на ночь, учитывая, что ночи были светлыми. Ранним утром вершина обычно была открытой. Подъем с лагеря начался в 19 час. 15 мин. 20 июля и продолжался всю ночь.

Восхождение на такую высоту в ночное время происходило впервые. Морозная ночь пронизывала ледящим холодом. Крутизна склонов, достигавшая 40° , даже 45° , при неосторожном движении могло привести к катастрофе.

Оледенелые склоны вулкана при лунном свете мерцали бриллиантовым блеском.

Последние 800 м ледяного склона конуса представляли наибольшую трудность для подъема. Будучи совершенно гладким, склон не давал возможности присесть. Отдыхать приходилось стоя. Вырубка же уступов ледорубом на высоте более 4 км при крутизне склона была бы утомительной и сильно задержала бы движение.

Вершину вулкана достигли 21 июля в 6 час. 45 мин.

Начался спуск в кратер. Кратер был чрезвычайно пестро окрашен, его дымовые отдушины местами выделяли с шипением газы.

Беспрерывный грохот обвалов, многочисленные белые струи дыма, хаотически изрезанные контуры кратера могли вполне заменить «картину ада». В то же время кратер ласкал взгляд разноцветной окраской возгонов.

Первыми в кратер были спущены динамовцы Водопьянов и Семенов и геолог экспедиции Академии Наук Кулаков.

Когда выяснилось отсутствие отравляющих газов, спустилось еще 5 человек динамовцев: Кашин, Аксенов, Железняков, Клепко и Кудинцов.

Во время пребывания в кратере произошел большой обвал внутренней воронки, заполнив дымом весь кратер. После обвала участники пробыли в кратере еще с час. Кратер по своей форме представляет чашу около 420 м в поперечнике, имеющую зубчатые и обрывчатые края. Вдоль краев внутреннего склона в кратере лежал фирн, отдельные глыбы которого встречаются и вблизи центральной части.

Главная масса газовых выходов располагается в стенках кратера. Глубина их не превышает 125 м.

Внутри главного кратера, в юго-восточной части, располагается второй кратер размером на-глаз 100 на 75 м при вытянутости в широтном направлении глубиной до 75 м. По своей форме кратер напоминает усеченный конус, стенки которого обильно покрыты возгонами белого и желтого цвета. На дне кратера имеется несколько фумарол.

Дно главного кратера уложено рыхлым материалом, среди которого преобладали пепел и песок. Обломки и глыбы лав имели меньшее распространение и послужили материалом для пятиконечной звезды, которую выложили на дне кратера Семенов и Водопьянов.

Всего проведено в кратере 4 часа, но следует отметить, что кратер за это время два раза заволакивался дымом.

Выбравшись по веревке на край кратера, все почувствовали облегчение от свежей струи воздуха, все же самочувствие было далеко от нормального... В 12 час. мы начали спуск. Участники показали исключительную выносливость, находясь в беспрерывном движении 28 час. 15 мин. Это время распределяется так: подъем с 3200 м до кратера — 11 час. 30 мин., пребывание в кратере и на вершине — 5 час. 15 мин., спуск до ледника Эрмана — 5 час., на обед и ужин затрачено 1 час, остальные 5 час. 30 мин. занял переход по леднику Эрмана до первого лагеря...»

Некоторые дополнительные сведения находим в статье В. С. Кулакова (1936—1).

«В кратере было довольно тепло, $+2^\circ\text{C}$, но температура внутри

отдельных площадок в кратере достигала $+90^{\circ}\text{C}$. Контур кратера сильно изрезан. Дно кратера вязкое и рыхлое. На дне второго (малого) кратера во всю длину — трещина. Из нее идет газ, внизу густосерый, выше принимающий бледный молочно-белый оттенок... В воздухе — запах сернистого газа...»

13 августа 1935 г. было совершено третье в том году восхождение, в котором принимали участие химик А. Н. Троицкий, С. Д. Коптелов и Н. И. Микулин.

Подробности этого восхождения напечатаны в упоминавшемся сборнике «На Камчатке» в популярных статьях А. Н. Троицкого «На вершине Ключевской» (1936) и С. Д. Коптелова «Ключевская побеждена» (1936). Более полно и в то же время сжато с вулканологической точки зрения оно описано А. Н. Троицким в книге восхождений, хранящейся на Вулканологической станции Академии Наук. Привожу отрывки описания последней книги.

«11 августа ровно в 5 час. начали подъем... Не успели подняться и сотни метров, как ветер резко изменился, стал шквалистым и с силой подул в лицо. Итти становилось все труднее и труднее. Облака вулканической пыли, песка и снега слепили глаза.

На высоте 3200 м почувствовали раздражающий запах SO_2 , HCl , H_2S , и чем выше мы поднимались, тем сильнее становилась их концентрация.

После небольшого совещания решили вернуться...

13 августа ветер переменялся. Клубы темносерого дыма, выбрасываемые кратером, на этот раз сносились на юг... В 7 час. под бодрящие раскатистые взрывы кратера начали подъем.

Шли по пути пограничников между двух подковообразных ниш, образованных ледниками. Склоны вулкана обледенели, а обильно сыпавшаяся пыль 12 августа сделала их по прочности неуступающими цементу. Альпенштоки и кошки вонзались с трудом. Часто приходилось работать ледорубом...

В 14 час. 15 мин. вступили на северный край грохочущего кратера. Температура воздуха -10°C ... Огромная чаша с зазубренными краями диаметром в 250—300 м была наполнена дымом, часто сносимым порывами ветра. Почти у самого южного края расположено, как оказалось, небольшое центральное жерло, откуда с грохотом ежеминутно вылетали столбы пыли, мелких камней и дыма.

Дно кратера было по колено засыпано песком и от следов падающих камней напоминало собою источенное червями дерево.

Кроме центрального жерла усиленно парили краевые (на восточной и западной сторонах) фумаролы.

Центральное жерло представляет собою трещину длиной не более 30 м и шириною 10—15 м, с северной стороны окаймленную насыпью высотой около 3 м.

Взрывы слышались ежеминутно. Через каждые 5 мин. выбрасывались большие облака, и вместе с ними метров на 200—300 летели камни красного каления и затем веером рассыпались по кратеру.

Я и Коптелов спустились в кратер, но побыть там долго не пришлось. Примерно около 16 час. раздался потрясающий тело вулкана грохот. Ярkokрасные камни и раскаленные лапилли полетели по всей площади кратера. Накинув на голову рюкзаки, кстати сказать пустые, мы задыхаясь, вылезли из кратера и остальное время провели на его краю, любуясь этой величественной картиной.

Ледяные стенки кратера, видимо, оттаивая, обваливаются внутрь, образуя как бы ступеньки, позволяющие спуститься без веревки.

Возгонов никаких не было видно. Все дно было покрыто толстым слоем песка и пыли. Из газообразных продуктов сильно ощущались по запаху SO_2 и HCl .

В статье А. Н. Троицкого (1937—1) приводятся очень краткие сведения о деятельности Ключевского вулкана с 10 ноября 1934 г. по сентябрь 1935 г. и описано восхождение автора на вершину Ключевского вулкана.

Согласно наблюдениям А. Н. Троицкого, Ключевской вулкан с 10 ноября 1934 г. по 21 апреля 1935 г. проявлял себя очень слабо. Это были бесформенные небольшие облака или струи фумарол на краях кратера. Усиление началось с 21 апреля и особенно с 11 июня, когда более спокойное выделение газообразных продуктов прорывалось достаточно сильными взрывами газов и пара, которые часто выносили с собой и вулканический песок.

Во второй половине статьи описан подъем к кратеру и спуск в него.

В заключение приведено несколько более подробное описание кратера: «Насколько удалось рассмотреть из-за дыма, кратер представляет собой чашу, глубина которой 50 м, диаметр в направлении север—юг имеет длину 250—300 м (размеры определялись на-глаз). Края кратера покрыты толстым слоем льда и имеют зубчатую структуру. Стенки сначала отвесные (10—15 м), затем идет пологий спуск к центральному жерлу — дну кратера. В юго-восточной части, в виде слегка сплюснутой воронки расположено центральное жерло, длина которого 30 м, ширина 15 м. С юга центральное жерло ограничено отвесной стенкой края кратера, а с севера — полукруглым насыпным валом (высотой около 5 м). Фумаролы расположены главным образом по краям и в виде полукруга тянутся вдоль западной, юго-западной и юго-восточной стенок кратера к центральному жерлу. Северо-западная, северная и центральная части кратера в момент нашего пребывания на вершине не парили. Воздух был насыщен большим содержанием HCl и SO₂. Дно кратера сплошь было до колен покрыто пеплом, и возгонов видеть не пришлось».

Вот весь материал, который был получен нами в наследство. Мы должны были продолжать дальнейшее изучение Ключевского вулкана. В сентябре 1935 г. мы попытались подняться на вершину вулкана. Руководил подъемом тот же химик А. Н. Троицкий. В подъеме приняли участие восемь человек, но двое не дошли до конца.

При подъеме на высоте 2350 м нас застала камчатская пурга. Пролежав 2½ суток в палатках, мы принуждены были, не ожидая окончательного прекращения ее, возвратиться в пос. Ключи. По такому глубокому свежавшему снегу не представлялось возможным продолжать подъем. Наши палатки были занесены почти до верху. Вниз мы шли по пояс в снегу. За 8 час. движения мы спустились только на 600 м, где снег сменился дождем.

Эта попытка была для нас известным уроком, как надо организовывать подъем на вершину Ключевского вулкана. Самое большое препятствие в подъеме — зависимость от погоды. Чтобы быть менее зависимым от нее, мы построили небольшой домик площадью 7.5 м² на северном склоне Ключевского вулкана на высоте около 2850 м (по вычислениям А. И. Дьяконова). Этот домик должен был служить пунктом для кратковременных наблюдений за вулканом, а также базой для подъемов на его вершину. Восхождение моей группы на Ключевской вулкан было намечено на август.

Неудачная попытка подняться в сентябре 1935 г. и постройка домика в мае 1936 г. дали нам некоторый опыт и понятие об условиях подъема на Ключевской вулкан. Вследствие этого, а также в интересах преемственности в работе мною было предложено геологу А. А. Меняйлову, начальнику новой смены, подниматься вместе. Но в отряде Меняйлова нашлись еще желающие. Получалась слишком большая группа. Не имея собственного опыта в восхождении на такую высоту,

я, на основании литературных сведений, предложил разделиться на две группы, что и было сделано.

В состав первой группы вошли автор статьи, химик И. З. Иванов, геолог В. Ф. Попков и рабочий Н. Ф. Раздобреев. В состав второй группы из нашего отряда вошел топограф А. И. Дьяконов, кроме того, геологи А. А. Меняйлов и С. И. Набоко и рабочий С. Фомин.

Обе группы выехали из Ключей 22 августа и достигли в тот же день высоты 1100 м. Дождь и сильный туман нас задержали, и только 25 августа мы продвинулись на лошадях до высоты 1500 м. Дальше можно было двигаться только пешком. Здесь мы разделились на две группы.

Первая группа вышла в ясное, солнечное утро 26 августа. Через 2 часа затянуло туманом. На высоте 2350 м нами было потрачено 4 часа на поиски прошлогоднего лагеря, где были необходимые для нас кошки и мясные консервы. Несмотря на тщательные поиски, лагерь из-за тумана не нашли. Начали обсуждать создавшееся положение. Кошек только три пары. Продовольствия осталось мало. Расчеты на консервы и кошки в лагере не оправдались. Решили разделиться еще на две партии. Три человека (по числу кошек) двигаются вперед, остальные идут назад. Нас сопровождали до домика химик Н. Н. Шаврова и рабочие В. Ерженин и С. Рихтер. В этот момент туман выше нас рассеялся, и показалась во всем своем величии вершина Ключевской сопки. Освещенная вечерним солнцем, она казалась такой близкой, что все единогласно решили идти вперед.

Обходя трещины в леднике (с 2000 м мы шли уже по ледникам) и хаотически нагроможденные льдины и морены, пришлось подняться почти на высоту 3000 м и затем спуститься ниже к местоположению домика. Стало темно. Домик трудно было найти, так как в этом районе ледник был почти сплошь черного цвета от покрывшего его вулканического песка, а домик, обитый толем, тоже был черного цвета (фиг. 23). В темноте, переходя через трещины (по некоторым из них с шумом бежала вода), спотыкаясь о многочисленные камни, усталые, мы в конце концов около 9 час. вечера нашли домик.

На другой день отдыхали. Вершина вулкана все время была открыта, долина же р. Камчатки весь день была закрыта облаками. Под вечер пришла по нашим следам вторая группа с одним сопровождающим рабочим В. В. Брагиным. В домике стало тесно. На площади 7,5 м² оказалось 12 человек. Теснота сказывалась. Никто не мог продолжительно спать. Трое (А. И. Дьяконов, И. З. Иванов и В. Ф. Попков) ушли спать на ледник. Подъем был назначен в 2 часа. Легли в 22 часа, но расположившиеся на леднике заснуть не могли. Я спал 2 часа.

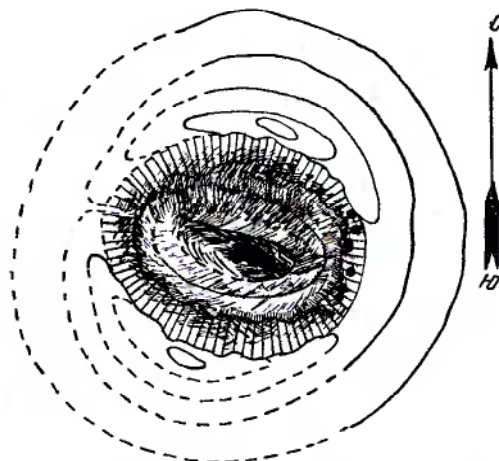
28 августа в 4 ч. 20 м. Влодавец, Иванов, Попков и Раздобреев вышли из домика. Подниматься надо было все время по ледникам. До высоты 3200 м поднимались без особого труда. Выше, до высоты 3600 м, пришлось проходить зону камнепада. Когда мы поднимались, большие камни не падали, но небольшие пролетали довольно часто со свистом,



Фиг. 23. Ключевской вулкан с высоты 2800 м. 28 мая 1936 г.

напоминающим свист пули. С высоты 3600 м поднимались по гряде — кое-где торчащим среди льда крупным глыбам лавы, остаткам лавового потока. Шли сравнительно медленно, молча. Заботились, главным образом, о сохранении равномерного дыхания. Никто из нас ранее на такие высоты не поднимался. В 11 ч. 30 м., когда мы были на высоте 4000 м, вершину вулкана начало затягивать туманом. На высоте 4250 м кончилась лавовая гряда. Выше шло фирновое поле. Надевая на этой высоте на ноги кошки, я выронил альпеншток. Уступил мне альпеншток Иванов, а сам по моему предложению взял конец веревки, другой конец которой был у Раздобреева. Попков и Раздобреев имели ледорубы. Первым шел все время Попков.

Ветер с самого начала подъема был мало благоприятным, дул



Фиг. 24. Схематический план кратера Ключевского вулкана

почти прямо в лицо. Поднимаясь, мы забирали несколько к востоку, чтобы по мере возможности избежать попадания под газо-паровую атаку вулкана.

Первые запахи «химической лаборатории» мы почувствовали на высоте 3200 м; более сильно — на высоте 4000 м. Но с высоты 4500 м вследствие небольшого изменения направления ветра нам пришлось идти в атмосфере газообразных выделений из кратера вулкана, смешанных с воздухом и снегом, который начал падать на высоте 4000 м. Начиная с этой высоты, шли в тумане, который периодически

менялся в окраске: то светлосерый, то коричневый, когда окружающий нас воздух наполнялся выбрасываемыми из кратера вулканической пылью и песком.

Первым поднялся к кратеру Попков в 16 час., вторым я в 16 ч. 16 м., затем Раздобреев и Иванов в 16 ч. 30 м. Таким образом, на подъем от домика было затрачено от 11 ч. 40 м. до 12 ч. 10 м. Мы поднялись к восточно-северо-восточному краю кратера.

Спускаться в кратер нельзя было, так как из него почти все время вырывались с сильным шумом пар и газы, а временами и вулканический песок и пыль. Это напоминало прибой моря во время бури, смешанный с грохотом и завыванием. Противогозов с нами не было. Только несколько раз на мгновение были видны восточная и юго-восточная часть кратера, и один раз, в момент завихрения, — внутреннее строение почти всего кратера (фиг. 24).

Кратер представляет собой чашеобразное углубление с довольно крутыми, большей частью почти отвесными стенками. Края кратера зубрены. Южная и северная стенки более высокие в средней части и понижающиеся к востоку и западу. Значительная выемка в восточно-юго-восточной стенке, меньшая — в западной. В последней как бы сквозная трещина, глубиной в несколько метров. Однако ясно различить ее не удалось, так как сквозь поднимающиеся пар и газы видны были только контуры. У восточно-северо-восточной части кратера, у самого его края, интенсивно выделялись из ряда fumarol белые струи газов и пара. Близ них довольно крутой спуск, не более 20 м, на дно кратера. Восточная часть кратера была, временами, ясно видна. Западную часть различали сквозь пар и газы.

Дно кратера напоминает овал с приблизительными размерами (определенными на-глаз) 200×150 м. Северная его часть — ровная песчаная площадка, южная часть — черный, мрачный провал-жерло. Каково жерло, его строение, различить не удалось.

В юго-восточной части кратера, близ дна, среди темнокоричневого песка были видны тонкими зигзагообразными полосками возгоны светло-желтого цвета.

Как уже отмечалось, Ключевской вулкан в последние годы переживал эксплозионную стадию слабой деятельности, с отдельными пароксизмами более сильного действия.

Во время нашего пребывания на краю кратера мы почти все время находились в атмосфере пара и газов, и периодически на нас падал вулканический песок и пыль, выбрасываемые из жерла кратера. Однако теплового воздействия их мы не ощущали. Температура воздуха была -9.5° .

Это наблюдение дало основание для следующих предположений: пробка, закупоривающая канал вулкана, — значительной мощности, или она глубоко расположена, и между пробкой и расплавленной лавой или ее еще горячей коркой имеется большое пространство (по каналу). Во всех этих случаях выделяющиеся и прорывающиеся сквозь пробку пары и газы успевали при их подъеме остыть.

Среди газообразных выделений из кратера Ключевского вулкана во время нашего пребывания главным и преобладающим был водяной пар. Как уже упоминалось, с высоты 4500 м мы шли все время в волнах пара и газов. Однако следует отметить, что с высоты 4000 м падал снег и, кроме того, ветер был достаточно сильным. Подъем в такой атмосфере без противогазов, пребывание в ней у кратера около часа, а всего с подъемом и спуском свыше 3 часов не вызывали каких-либо особых болезненных явлений. Испытывалось только неприятное ощущение на губах, и уже перед самым спуском — головная боль (и то не у всех), которая прекратилась вскоре после того, как вышли из этой атмосферы.

Конечно, снег и сильный ветер уменьшали концентрацию газов, но если бы в составе их не преобладали в значительной степени пары воды, то вряд ли мы смогли бы пробыть безнаказанно в этой атмосфере около 3 часов.

По запаху можно было различать присутствие хлористого водорода, сернистого газа и временами в очень незначительном количестве сероводорода.

Химиком И. З. Ивановым были взяты на краю кратера четыре ампулы газа. Их уложили в рюкзак, который лежал близ края кратера. Сильный выброс из кратера столкнул рюкзак, и он покатился вниз по склону вулкана.

Наличие вышеупомянутых газов подтвердилось косвенным путем. Собранный нами на краю кратера свежесброшенный вулканический песок был влажен, и поэтому были взяты две навески его и промыты дистиллированной водой. В промывных водах были определены Н. Н. Шавровой: в одной — хлор, в другой — серные соединения в виде серного ангидрида.

Получились следующие результаты:

Cl	0.09%	на навеску в	5.8071 г
SO ₂	0.43%	„ „ „	5.3809 „

Таким образом, хлористоводородная и сернистая кислоты, согласно В. И. Вернадскому, — природные жидкие вулканические минералы, вместе со льдом образуют своеобразный цемент, скрепляющий скапливающийся на краю кратера вулканический песок и пыль.

Вулканический песок и пыль, выброшенные из жерла Ключевского вулкана 28 августа 1936 г., по своему минералогическому и химическому составу соответствуют базальту (Влодавец, 1937—4).

В отношении абсолютной высоты Ключевского вулкана, как ранее уже указывалось, даются различные цифры. Нами получены следующие данные: 28 августа в 16 ч. 20 м. температура воздуха $-9,5^{\circ}$, температура анероида $-3,5^{\circ}$, Hg—416.5 мм. Высота без поправок (по анероиду) 4840 м. Высота с поправками, по вычислениям В. Д. Троицкого, 4810 м.

Через 2 дня после нашего восхождения, т. е. 30 августа, поднялись на вершину Ключевского вулкана А. А. Меняйлов, С. И. Набоко и А. И. Дьяконов. Эта группа поднялась к северо-западному краю кратера. Во время пребывания у кратера происходило сильное выделение газообразных продуктов. Механический состав взятого ими на краю кратера вулканического песка был приведен выше, на стр. 28 (Меняйлов, 1937—1).

Периоды относительного покоя Ключевского вулкана, продолжавшегося с 1931 г., и малого действия, начавшегося с апреля 1935 г., сменились в 1937 г., по сообщению А. А. Меняйлова, извержениями Ключевского вулкана с излиянием лавы.

«После полумесяца, проведенного на подступах к Ключевскому вулкану, 20 июля мною с тремя туристами совершен подъем к кратеру вулкана, посвященный XVII сессии Международного геологического конгресса. Восхождение происходило во время исключительно напряженной вулканической активности. Днем 19 июля палатку на высоте 3600 м обсыпало пеплом, ночью на северо-восточный склон излился поток лавы, 20 июля с 15 до 18 час. наблюдали непрерывно выбрасываемые раскаленные бомбы из центрального кратера и пульсацию выбросов разного состава из различных кратеров и трещин. При спуске вниз через 2 часа 40 мин. произошло землетрясение, после которого открылось новое ответвление трещины широтного направления вблизи края кратера, где мы ранее стояли. Полетели раскаленные бомбы, которые катились по склонам и опережали нас. Из этой трещины происходили извержения в течение последних месяцев. Строение кратера, по сравнению с состоянием его за последние два года, сильно изменилось. Землетрясение в Ключах было 6 баллов. 16 июля землетрясение было в Петропавловске. Нами взяты остывшая лава, пепел, бомбы, шлаки, возгоны и сделано свыше 50 фотоснимков кратера и восхождения».

Вот и весь известный мне материал, по непосредственным наблюдениям вершины кратера Ключевского вулкана.

В дополнение ко всему вышеупомянутому следует еще отметить наблюдение В. С. Кулакова в августе—сентябре 1932 г., а именно, что вершина Ключевского вулкана была сильно притуплена и скошена, а на юго-восточной стороне ее торчал «зуб» (Кулаков, 1934).

На основании этого материала можно сделать следующие заключения:

1. Кратер Ключевского вулкана менял довольно часто свое очертание и строение, каковое обстоятельство является вполне естественным для действующего вулкана.

2. В связи с этим менялось число жерл. Семенов отметил два жерла: одно в северной, второе в южной части кратера. Кулаков отметил, что внутри главного кратера в юго-восточной части располагался второй кратер. А. Н. Троицкий же описал только центральное жерло в виде трещины длиной не более 30 м и шириной 10—15 м, расположенной у самого южного края кратера. Нами наблюдалось только одно жерло в центральной части кратера. В восточной части жерла не было видно, что же касается западной части, то из-за газовой завесы ясно рассмотреть мы не могли, но по волнам поднимавшихся пара и газов можно сделать предположение, что во время нашего пребывания жерла в западной его части не было. Меняйлов же в июле 1937 г., во время извержения Ключевского вулкана, наблюдал образование различных кратеров и трещин.

3. За период наших наблюдений с августа 1935 г. по октябрь 1936 г. надо допустить существование трех периодически действовавших жерл.

4. Весьма вероятно, что главный канал Ключевского вулкана близ кратера разветвляется на три канала, из которых центральный наиболее мощный, а два боковых менее мощные — один в восточной, другой в западной части кратера. В зависимости от того обстоятельства, открыты ли все три канала, или два, или один, и вулканические выделения поднимаются то по трем, то по двум, то по одному каналу. Канал или каналы могли закупориваться либо лавой, либо рыхлым вулканическим материалом, обвалившимся со стенок канала и кратера.

Землетрясения в районе Ключевской группы вулканов

Камчатка переживает периоды то усиления сейсмической активности, то ее ослабления, причем причины, вызывающие эти землетрясения, бывают как тектонические, так и вулканические.

Так, сильные вулканические землетрясения до 8 баллов в районе Ключевского вулкана предшествовали (с сентября 1931 г. по 25 января 1932 г.) прорыву нового побочного вулкана Киргурич.

Время от времени то более сильные, то более слабые тектонические землетрясения потрясают тот или иной район Камчатки. Таким районом является, главным образом, восточное побережье, особенно близ Камчатского и Кроноцкого заливов, на дне которых находится большая часть очагов тектонических землетрясений.

Район Ключевской группы вулканов в сейсмическом отношении находится в зоне распространения и тектонических и вулканических землетрясений.

За время нашего пребывания в районе Ключевского вулкана, т. е. с августа 1935 г. по октябрь 1936 г., было отмечено 14 землетрясений силой от 2 до 5 баллов по шкале Меркалли-Канкани (Влодавец, 1937—1 и 2). Эти цифры сами собой говорят о значительной сейсмичности района. Необходимо также принять во внимание, что не все землетрясения были нами зарегистрированы, особенно более слабые, которые может отметить только сейсмограф.

В большинстве случаев, на основании направления толчков, можно было сделать заключение, что очаг землетрясений находился под Ключевским вулканом, а один раз — под побочными вулканами, образовавшимися в 1932 г. Два раза землетрясения были тектоническими, так как они были отмечены на довольно большом пространстве.

По характеру движения почвы в большинстве случаев были толчкообразные землетрясения с короткими периодами колебаний. Обычно это два идущих через несколько секунд один за другим толчка, в некоторых случаях — ряд быстро сменяющих друг друга то слабых, то более сильных толчков, от которых получалось впечатление дрожания.

При более сильных землетрясениях дребезжали окна, звенела посуда, в некоторых домах трескалась штукатурка у печей, потрескивали стены, двигались кровати, сдвигались книги с полок, и, если землетрясение происходило ночью, спящие просыпались.

Наблюдались также и волнообразные с длинным периодом колебаний землетрясения. Такие землетрясения я лично испытал 4 июля 1936 г. в 0 ч. 36 м. на юго-западном склоне сопки Большая Удина. В это время я уже спал в палатке на земле. Часть сотрудников станции еще не спала. Сквозь сон я почувствовал, что куда-то качусь. В следующий миг проснулся. Плавное колебательное движение почвы продолжалось. Получилось впечатление спокойного покачивания в гамаке. Нами было замечено четыре плавных колебательных движения в течение 8—10 секунд.

Мое внимание во время землетрясения и сейчас же после него было сосредоточено на одном вопросе: произойдет ли или не произойдет об-

вал скал и глыб лав у близрасположенных сопок Большая Удина и восточной части Плоского Толбачика, так как склоны барранкос этих сопок, особенно у их вершин, очень скалисты, часто с нависшими и, казалось, едва держащимися глыбами лавы? Однако обвалов не произошло. Было совершенно тихо на склонах Большой Удиной. Что же касается Плоского Толбачика, то шум от небольшого обвала до нас мог не дойти, так как мы находились в нескольких километрах от него.

Зависимость степени активности Ключевского вулкана от метеорологических условий

Некоторые авторы придают большое значение осадкам, барометрическому давлению и температуре при толковании некоторых вулканических процессов и особенно указывают на сильное их влияние на место возникновения землетрясений. Другие, как, например, S. Jamaguti (1936), считают, что влияние вышеупомянутых трех метеорологических элементов не так просто, чтобы можно было ожидать некоторого параллелизма между ними и землетрясениями или теми, или другими проявлениями вулканической деятельности.

Наши наблюдения не обнаружили зависимости между изменением барометрического давления и землетрясениями или изменением интенсивности выделений из Ключевского вулкана.

При сильном понижении барометрического давления в декабре 1935 г. и особенно в марте 1936 г. ни перед понижением давления, ни после него, ни во время падения давления никаких особых явлений или скачков в изменении интенсивности выделений или деятельности вулкана не наблюдалось.

Попутно следует отметить одно обстоятельство, очень ярко обнаруживаемое при систематических наблюдениях, — это направление ветра в пос. Ключи и на вершине вулкана. Совпадение направления ветра в двух упомянутых местах, отличающихся по высоте приблизительно на 5 км, было чрезвычайно редко. Обычно ветер дул в этих местах по разным направлениям и в большинстве случаев в прямо противоположные стороны.

Строение поверхности вулкана

Ключевской вулкан представляет собой слегка усеченный конус, расположенный на восточном подножии Плоской сопки, который кажется на некотором расстоянии почти идеально правильным. Правильная его форма поражает всех видевших этот вулкан.

Прав Г. В. Вульф (1922), когда говорит по отношению к формам кристаллов (какое его мнение можно целиком отнести и к форме Ключевского вулкана), что «ничего нет правильнее геометрических образов, и нет конца нашему удивлению, когда сам находишь в природе тела, в которых мы видим как бы реализацию геометрических образов».

В поверхностном строении вулкана можно различить следующие структурные элементы: конус, подошву и подножие. Тело вулкана, при рассмотрении его сверху вниз, до высоты около 2300 м, имеет форму слегка усеченного конуса, образующая которого наклонена к горизонту под углом 33—35°. Только в юго-западной части небольшой перемычкой, проходящей на высоте 3280 м, конус Ключевского вулкана соединяется с сопкой Камень, а в северо-западной части на высоте 2720 м — с ледоразделом между ледниками Богдановича и Эрмана, соединяющими подошву Ключевского вулкана с Плоской сопкой.

За исключением этих двух мест, в остальных частях вулкана, ниже 2700 и до 1500 м абс. выс., склон становится более пологим, с наклоном около 10—12° к горизонту. Ниже 1500 м и до уровня окаймляющих подножие долин общий склон его около 4°.

Переходя к описанию строения конуса вулкана, необходимо дополнить описание кратера, которое было приведено выше. Контуры кратера, при наблюдении с разных сторон, имели различный вид. При наблюдении с северо-северо-востока край кратера имел слабый наклон к северо-западу. В северо-западной части кратера, при наблюдении от Средней сопки, была видна достаточно глубокая трещина. При наблюдении с юга-запада край кратера имел волнистый наклон в западную сторону. При наблюдении с юга были видны часть волнистого ската на запад и часть выемки в восточной части края кратера. При наблюдении с юго-востока полностью была видна дугообразная выемка.

Ниже края кратера, т. е. от 4810 м до высоты около 4250 м, расположена зона ледникового воротника — своеобразного фирнового поля, состоящего в северо-восточной, северной и северо-западной частях конуса из перемежающихся слоев фирнового льда и отложений мелких рыхлых вулканических продуктов. На склонах же с южной стороны (от восточной до западной) в летнее время значительно большее количество крупных и мелких твердых вулканических продуктов. Это обстоятельство объясняется с одной стороны, преобладанием в районе Ключевского вулкана северо-западных ветров и поэтому большим отложением вулканического песка и пыли на восточном, юго-восточном и южном склонах, а с другой, большим таянием снега и фирнового льда на солнечных склонах, чем на теневых.

Более сложную картину представляет собой зона ледников от 4250 до 2000—1800 м. Вообще весь конус вулкана покрыт ледниковым плащом, среди которого местами наблюдаются то гряды, состоящие из глыб лавы — остатков лавовых потоков, то темные, почти черные ледники, в промежутках между которыми находятся более светлые, временами почти белоснежные участки.

В тех полосах, где в большом количестве задержались и накопились на склонах вулканический песок, эксплозионные камни и глыбы лавы, которые отчасти предохраняли от таяния снег и лед, ледники выделяются черными грядами. Там же, где твердых вулканических продуктов задержалось значительно меньше, ледники несколько углублены и более светлого цвета.

Темные, почти черные ледники как будто опускаются ниже, чем светлые. Точно это пока не удалось установить, так как в более низких местах сильно развиты продольные и поверхностные морены, расположенные на ледниках, которые маскируют концы более светлых ледников. Таким образом, на основании чисто зрительного впечатления, кажется, что по склонам Ключевского вулкана опускаются темные, длинные, узкие языки ледников, которые оканчиваются на высоте около 2000—1800 м.

Только один самый мощный, сложный ледник, опускающийся с Ключевского вулкана и Плоских сопки и соединяющийся вместе, текущий на северо-восток и носящий название ледника Эрмана, оканчивается в верховьях рр. Сопочной, Крутевной и Сухой на высоте 1500—1600 м.

Ледяные массы этих вулканов и вулкана Камень образуют ледник Богдановича, который течет в юго-западном направлении; из-под него вытекает р. Студеная.

С перемычки между Камнем и Ключевским вулканом спускается в долину р. Сухая Хапича, ледник Шмидта, значительно меньших размеров, чем два предыдущих.

Склоны конуса вулкана, помимо редких гряд лавовых потоков, усеяны большим количеством вулканического песка, мелких и крупных камней и глыб лав, которые затрудняют в летнее время, вследствие их падения, подъем на вершину.

Зона камнепада кончается примерно на высоте 2900—2800 м в месте перехода склона от более крутого к более пологому.

Подошва вулкана, не считая единичных ледников, сложена в верхней своей части продольными, местами поверхностными моренами.

И. С. Щукин (1934) отмечает, что развитие поверхностных морен может иметь место только ниже снеговой линии. Для ледников на вулканах это положение не является, как видим, обязательным. «Продольные» морены в этой зоне образовались, вероятно, не только благодаря движению ледников, а главным образом благодаря действию проточной воды.

Характерные конечные морены наблюдались нами на конце ледника Эрмана.

На северном склоне конуса Ключевского вулкана находятся два неглубоких нишеобразных углубления, своего рода кары, вершина которых имеет дугообразную форму, а бока прямолинейную. Начинаются эти углубления на высоте около 4200 м и оканчиваются, постепенно выравниваясь с боковыми склонами, на высоте около 3000 м, т. е. примерно на высоте снеговой линии на Ключевском вулкане. Повидимому, эти углубления являются начальной стадией образования кар. Объяснение их образования несколько затруднительно, так как они обычно в областях современного оледенения являются фирновыми бассейнами ледников. В данном случае фирновым бассейном служит сплошной ледниковый (фирновый) воротник, расположенный на северных склонах, от кратера до высоты около 4200 м, который постепенно, почти незаметно, переходит в вышеупомянутые черные и более светлые ледниковые языки, но между которыми неледниковых промежутков нет. Только изредка торчат гряды вершушки глыб лавового потока, скованного льдом.

Как известно, кары развиваются в пределах постоянного снега, но некоторые исследователи считают, что снег и лед только преобразуют, но не создают кар. По мнению последних, кары являются доледниковыми формами рельефа — верховьями долин или нишами, из которых выходили ключи.

Нишеобразные углубления на Ключевском вулкане, как уже отмечалось, неглубоки и находятся выше снеговой линии. Вероятно, они находились выше ее во время их образования. Казалось бы образование их обязано только действию снега и льда. Но, естественно, задать себе вопрос: почему возникли на склонах Ключевского вулкана только две, рядом расположенные на северном склоне ниши? Играет ли в этом случае какую-нибудь роль почти полное отсутствие солнечного нагрева или возникновение ниш объясняется другими причинами? Надо думать, что отсутствие солнечного нагрева в данном случае не имеет значения. Образование этих ниш, мне кажется, могло произойти по двум причинам: 1) или вследствие прорыва на некотором этапе существования вулкана двух боковых кратеров, которые в дальнейшем достаточно быстро были занесены снегом и льдом, который выпал на склоне неглубокие корытообразные углубления; 2) или вследствие того обстоятельства, что непосредственно под ледяным плащом конус вулкана сложен из лавовых потоков и только в местах нишеобразных углублений — из рыхлых вулканических продуктов, которые из-за своей меньшей механической прочности подверглись большому разрушению — выпахиванию и сносу ледником.

Если правильно первое предположение, то правы те исследователи, которые доказывают, что лед и снег не создают кар, а только их преобразуют. Если же правильно второе предположение, то и в данном случае кары образуются только благодаря особо благоприятным условиям — наличию под льдом рыхлой горной породы. Таким образом, при втором толковании необходимо признать некоторую роль снега и льда в образовании кар.

Морены. Ледники Ключевского вулкана отличаются обилием самых разнообразных морен. Ледниковый плащ от самого кратера вулкана

до своего конца насыщен поверхностными и внутренними моренами. Материал этих морен — глыбы излившихся лав и выброшенные из кратера камни и вулканические бомбы, а в годы затишья вулканической деятельности — лапилли и вулканический песок.

Благодаря частым выбросам, особенно вулканического песка, ледники Ключевского вулкана в разрезах, наблюдаемых в многочисленных трещинах, представляют собой тонкослойную породу, в которой прослойки льда чередуются с прослойками рыхлых вулканических продуктов (фиг. 25).

Мощность как тех, так и других небольшая и не одинаковая.

Продольные морены появляются ниже 4000 м и особенно их много, притом значительной величины, ниже 3000 м. Ниже 2500 м эти морены настолько многочисленны, что почти сливаются с поверхностными моренами. Сложены они, главным образом, мелкими рыхлыми вулканическими продуктами, на которых расположены то редко, то местами гуще, разнообразной величины, глыбы лав, не превышающие, однако, 1—2 м в диаметре.

У ледников, спускающихся, подобно леднику Эрмана, ниже ледникового плаща, часть продольных морен ниже этого плаща переходит в боковые.

Конечная морена бегло наблюдалась у ледника Эрмана. Из-за отсутствия детальных наблюдений пока еще преждевременно говорить об отступании, наступании или стационарном состоянии ледника. Можно лишь отметить, что ледник оканчивается значительно выше лесной растительности на границе альпийского и высокогорного поясов. Конец ледника завален глыбами

лав, вулканическим песком и тому подобным материалом, принесенным продольными, поверхностными и внутренними моренами. Нами не установлено, нагромождено ли все это на последней полосе льда или ледник оканчивается непосредственно перед этими нагромождениями?

Все ледники летом, а ледник Эрмана также весной и осенью, ниже 2500 м имеют темносерую, почти черную окраску, вызванную обилием моренного материала. Трещины на ледниках начинаются с высоты 3800 м; выше их не наблюдали. От 4250 м и до кратера, как уже упоминалось, протягивается сплошное, монолитное фирновое поле, если можно назвать полем конусообразный склон в 35°. Изредка встречаются продольные трещины, в большинстве же случаев — поперечные. Значительно больше их на северном склоне на высоте 3200—2800 м. Особенно много трещин у ледника Эрмана в районе Средней сопки (фиг. 26). Ледник в этом районе на протяжении нескольких километров густо изрезан поперечными трещинами, расстояние между которыми измеряется метрами, десятком метров и в некоторых случаях несколькими десятками метров. Эти поперечные трещины секут ледник почти по всей его ширине, составляющей в этом месте около 3 км. Летом ледник представляет собой мрачную картину. С места расположения домика Вулканологической



Фиг. 25. Деталь Черного ледника

станции на склоне Ключевского вулкана он напоминает грозную армию, черные шеренги бойцов, тяжелой поступью медленно движущихся вниз к зеленым лугам и лесам (фиг. 27).



Фиг. 26. Средний вулкан и западная полоса ледника Эрмана, так называемый Черный ледник



Фиг. 27. Черный ледник

Весной и летом очень многие трещины, особенно продольные, служат руслом ручьев, бегущих со склонов вулкана (фиг. 28).

С. Конради по поводу ледников вулканов Ключевской группы высказывает предположение, что «повидимому, ледники не имеют постоянных долин, а меняют часто направление, в зависимости от новых лавовых потоков и вообще материала, доставляемого сопкой» (цитирую по работе С. В. Калесник). Вряд ли можно согласиться с этим предположением Конради, так как конус вулкана вообще долин не имеет. Ледники Ключевской сопки представляют, как уже упоминалось, вероятно, сплошной конический покров, ниже которого спускаются редкие отдельные ледники.

Ледники Ключевской сопки Калесник (1937) относит к типу «звездообразных ледников», т. е. к таким ледникам, которые залегают на вершине вулкана и характеризуются тем, что бассейном питания их является не чаша, а купол. Но от типичных звездообразных ледники Ключевского вулкана отличаются отсутствием самостоятельных ледниковых языков. Ледники же Эрмана, Богдановича, Шмидта являются со-

ставными. Как уже указывалось, первые два образовались путем слияния льдов западной части Ключевской сопки и восточной части Плоской сопки. Последний (третий) образовался путем слияния льдов сопки Камень и юго-западной части Ключевского вулкана.

Ледники Ключевского вулкана скорее приближаются к норвежскому типу, т. е. типу таких ледников, у которых фирновое поле (область питания) представляет собой по форме выпуклую шапку.

Но Конради, несомненно, прав в том, что каждое новое извержение, которое вызывает изменение рельефа склонов вулкана (трещины, кратеры, потоки лав, нагромождения пирокластического материала), может повлиять на расположение ледников. Калесник предлагает такие ледники называть «блуждающими ледниками».

Гидрографическая сеть. В теплое время многочисленные ручьи начинаются и текут сначала по поверхности ледников Ключевского вулкана, соединяясь в отдельные речки. Вытекая из-под ледников, они текут по руслу, промытому в отложениях рыхлых вулканических продуктов или прорезанному вкось или поперек лавовых потоков. Каждая речка обладает, особенно на северо-восточном склоне Ключевской сопки, в зоне выше лесной растительности, густой сетью примыкающих к ней разветвленных оврагов. Речки этого склона напоминают дерево с его многочисленными последовательными ответвлениями.

Следующие речки берут начало на склонах Ключевского вулкана: Столбовая, Сухая, Крутенькая, Сопочная, Глубокая (Ключевская), Попадина, Широкая, Каменистая, Глубокая, и ряд речек, не имеющих названия. Первые три, вытекающие из-под ледника Эрмана, следует отнести к Ключевской сопке условно, так как в их русла, особенно в рч. Сухую, вероятно, попадают воды и с Ближней Плоской сопки.

Речки Ключевской сопки в районе подошвы и подножия вулкана отличаются очень крутыми, в большинстве случаев обрывистыми берегами.

В отношении Ключевского вулкана интересно отметить еще то обстоятельство, что его конус является, с одной стороны, зоной накопления лавы, рыхлых вулканических продуктов, снега и льда, а с другой, — зоной разрушения как коренных пород тела вулкана, так и вновь образующихся на поверхности конуса, но процессы разрушения (снос, скатывание) на конусе, повидимому, находятся в равновесии с процессами накопления.

Подошва вулкана, состоящая, главным образом, из многочисленных



Фиг. 28. Трещина в леднике на Ключевской сопке. Июль 1937 г. Фото П. Н. Дьяконова

морен, является зоной накопления рыхлых вулканических материалов и отчасти лав. Однако и в этой зоне идет разрушение. Вода по оврагам сносит рыхлый вулканический материал и небольшие камни, которые отлагаются по руслам речек или выносятся к подножию вулкана.

Следующая зона — подножие Ключевского вулкана — носит несколько иной характер. Она, за исключением нескольких уступообразных или террасообразных более крутых понижений, образованных, по-видимому, более древними конечными моренами или, в более низких местах, верхним уровнем древнего водного бассейна (моря), в общем постепенно понижается до уровня долины р. Камчатки. Эта зона на северном и восточном склонах прорезается вышеупомянутыми речками с целой системой древовидно разветвляющихся оврагов.

Полого падающие восточный и юго-восточный склоны подножия, благодаря почти постоянному осаждению вулканического песка и пыли (вследствие преобладания западных и северо-западных ветров), носят несколько иной характер. От конца современных морен и до лесного пояса все покрыто темносерым, почти черным вулканическим песком. Альпийской растительности на этих склонах нет. Они представляют собою однообразные мрачные склоны, прорезанные узкими, достаточно глубокими речками, в большинстве случаев с почти отвесными стенками.

Благодаря обилию осаждающегося в общей сумме вулканического песка, в настоящее время можно наблюдать только восемь лавовых потоков, которые лежат на поверхности склона подножия. Остальные, более древние лавы прослеживаются, главным образом, в берегах речек.

Таким образом, подножие Ключевского вулкана, особенно с восточной и юго-восточной сторон, является зоной накопления. В то же время вода через многочисленные овраги и речки уносит значительное количество рыхлого материала, особенно на северном и северо-восточном склонах. О количестве материала, уносимого водой, можно судить по цвету воды в речках: она очень мутная, с большим содержанием песчинок и более мелких частичек. Огромное количество такого материала выносится по достаточно крутым руслам речек подножия вулкана в почти горизонтально залегающую долину р. Камчатки и там, в большинстве случаев не доходя до самой реки, отлагается в виде дельто-видного веера.

Реки Ключевской сопки после таяния снега питаются исключительно ледниками и атмосферными осадками. Благодаря тому обстоятельству, что они протекают частично и по рыхлым вулканическим отложениям, сквозь которые вода легко просачивается, они бывают многоводными только ранним летом. Поздним летом и осенью они почти безводны, так как то сравнительно небольшое количество воды, которое поступает от дождя и таяния ледников, почти целиком уходит в рыхлую почву. В это время по руслу речек журчат небольшие, глубиной в 1—2 см, ручейки или, как это в большинстве случаев наблюдалось, русло становится совершенно сухим. В теплые дни, при усиленном таянии ледников, в некоторых из таких сухих речек, обычно под вечер, появлялось какое-то количество воды.

Основная масса воды, вытекая из-под ледников, уходит сквозь рыхлую почву вглубь и выходит в виде многочисленных ключей в русле самой р. Камчатки.

Вода, спускаясь под почвой примерно на 1.5 км по высоте и на 20—25 км по длине, размывает или вымывает в некоторых местах на своем пути более или менее большие пещеры. В некоторых случаях вследствие обрушения потолка пещеры образуются провалы, глубиной до 8 м, как это наблюдалось в пос. Ключи.

Паразитические кратеры и побочные вулканы Ключевской сопки

Все паразитические кратеры и побочные вулканы Ключевской сопки расположены в зоне подножия вулкана, т. е. начиная с высоты 1500 м и ниже. Исключением являются кратеры Стеллера и Разрушенный, расположенные несколько выше, в зоне подошвы вулкана. Преобладающее количество паразитических вулканов находится на северо-восточном склоне подножия.

Паразитические кратеры, расположенные на северном склоне подножия Ключевского вулкана, который является в то же время северо-восточным склоном Ближней Плоской сопки, в преобладающем числе случаев бывают производными последней, питаются из того же магматического очага, что и Плоская сопка.

Большинство паразитических кратеров Ключевского вулкана расположено по радиусам, идущим от кратера вулкана, как от центра. С другой стороны, многие кратеры находятся почти на одной горизонтали, т. е. по круговым линиям по отношению к кратеру Ключевского вулкана. Некоторая, сравнительно небольшая часть кратеров расположена вне этих направлений.

К Ключевскому вулкану относятся следующие паразитические кратеры: Разрушенный, Спорный, Кругленький, Слюнина, Атласова, Сизмоса, Забытый, кратер F, Заросший, Незаметный, Булочка, Малыш, кратер O, кратер E, Левашева, Лепешка, Плаха, кратер M, кратер D, Подкова, кратер I, Боковой, Келля, кратер K, Затопленный, Срезанный, Очки, Шмалева, Беринга, Дитмара, Тушница, Сосед, Академии Наук, Седло, кратер S, Перрея, Прибрежный, Горшок, Лагерный, Стеллера и Карпинского, и три побочных вулкана, прорвавшихся в 1932 г., — Киргурич, Туйла и Биокось (фиг. 29).

Названия этих кратеров взяты частично с карты Келля, большая же часть их дана М. И. Смелковым и В. С. Кулаковым. Характерным признаком, объединяющим все эти образования, кроме их расположения, является близость состава пород, образующих эти кратеры. В большинстве случаев это шлаки оливино-пироксенового базальта.

Кратер Разрушенный. На леднике Эрмана возвышается небольшой холм, прикрытый со всех сторон, за исключением западной, мореной и снегом. В западной части этого холма обрыв, который дает возможность выяснить внутреннее строение и состав конуса.

Этот холм в разрезе состоит из верхней, примерно 10-метровой мощности моренной оболочки, под которой обнажаются на протяжении около 50 м в сильной степени гематитизированный шлак, вулканический песок, лапилли пироксено-оливинового базальта. Весь этот материал отлагался слоями, падение которых в обнаженной части восточное.

Граница между мореной и этими вулканическими образованиями представляет собой дугу. Высота холма 30 м, из которых 10 м приходится на морену.

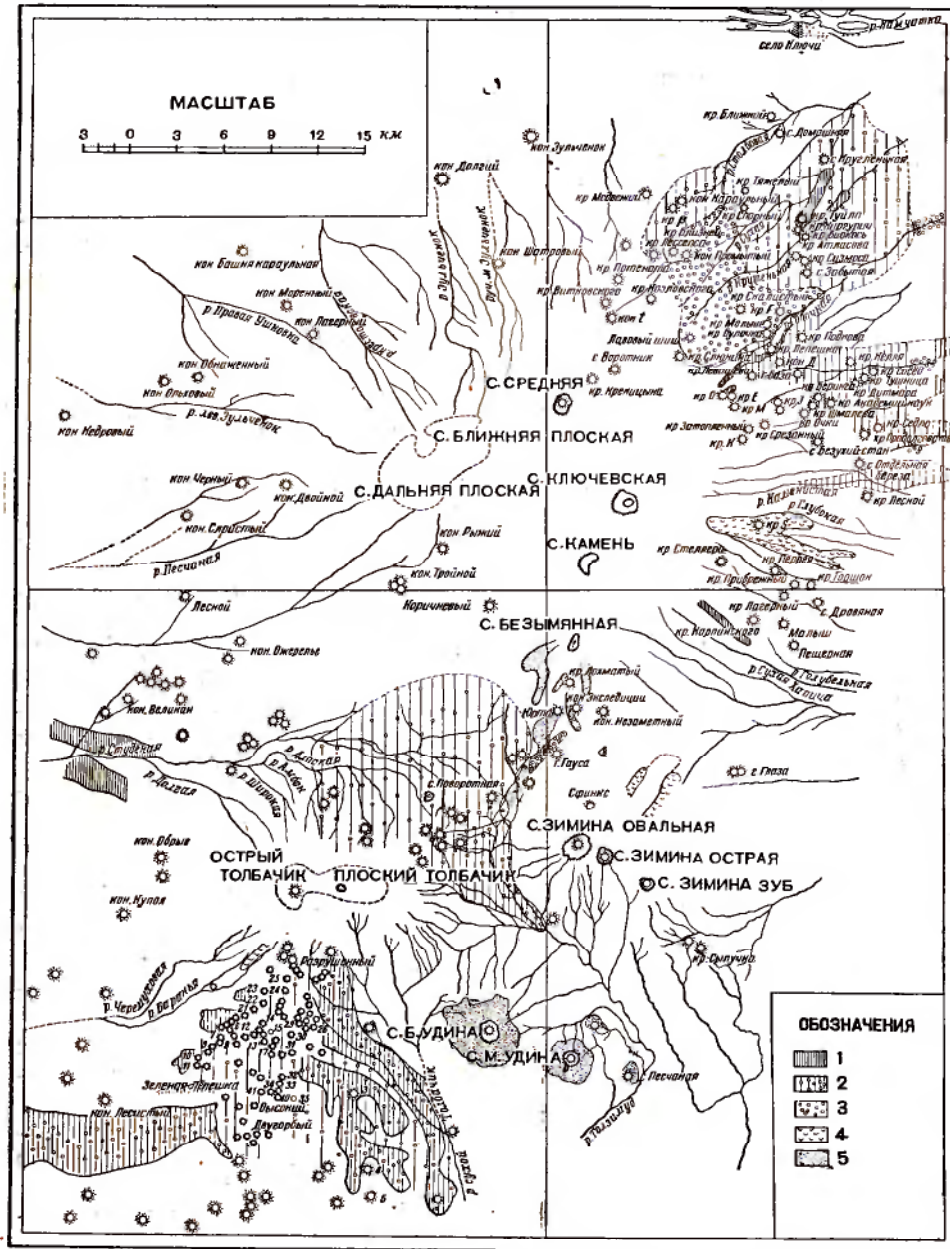
Таким образом, этот холм является остатком паразитического кратера. Сохранилась только его восточная часть, все остальное снесено ледником.

По материалам, слагающим оставшуюся часть кратера, можно отнести его к взрывному типу.

Кратер Спорный расположен основанием среди кустарника (на высоте около 900 м). Он имеет форму дуги, открытой к востоку. Обнажения находятся у гребня кратера. В общей массе этот кратер сложен из шлака пироксено-оливинового базальта, среди которого залегают и вулканические бомбы того же состава. Таким образом, он образовался в результате ряда взрывов и выбросов и соответственно может быть отнесен к взрывному типу.

Кратер Кругленький расположен среди леса на высоте

около 300 м и целиком покрыт им. С восточной стороны кратера протекает рч. Сухая. В левом ее берегу, сложенном, главным образом, лавовым потоком состава плагиоклазового базальта, только у самого кратера прорывая этот последний, обнажается на протяжении около 250 м пирокластический материал, состоящий из вулканических бомб, лапилли



Фиг. 29. Схематическая карта вулканов Ключевской группы
1—базальты; 2—крупнопорф. базальты; 3—крупнопорф. андезито-базальты; 4—андезито-базальты
5—андезиты

и вулканического песка. Весь этот материал в значительной степени гематитизирован (понимая под этим термином постагматическое обогащение породы красным железняком). Железняк произошел или вследствие распада вулканического стекла и выделения из него дисперсного крас-

ного железняка, или вследствие взаимодействия газов, пара и боковых пород, т. е. в одном случае из материала стекла путем преобразования (вероятно, нагревание способствовало этому процессу), в другом — путем новообразования. Красный железняк, происшедший вторым путем, цементирует весь этот рыхлый материал — вулканический песок, лапилли и более крупные образования — в более или менее плотную породу — вулканический туф.

Кратер Кругленький, судя по этому внутреннему его строению, является эксплозионным кратером.

Кратер Слюнина находится на высоте около 1500 м. К нему прилегают с севера и запада морены и ледник Эрмана.

Кратер представляет собой амфитеатр, открытый на юг. Наружные северная и северо-западная стороны обрывистые. Гребень сложен из крупных и мелких глыб и вулканических бомб пироксено-оливинового базальта. Одни из них подверглись лимонитизации, другие (и последних большинство) гематитизации.



Фиг. 30. Кратер Атласова. Фото В. Ф. Попкова

Этот кратер состоит, повидимому, из вулканического туфа, образовавшегося из шлака, бомб, лапилли и более мелких твердых вулканических продуктов, в значительной мере перешедших в красный железняк. Это заключение сделано по красному цвету обрывистых стенок кратера, к которым подойти не удалось. Весьма вероятно, что к ним существует доступ со стороны ледника. Все остальные склоны, за исключением гребня кратера, во время наблюдений 24 сентября были покрыты снегом.

Кратер Атласова, расположенный на правом берегу рч. Крутенькой, на границе лесной растительности, имеет дугообразную форму, открытую на северо-восток (фиг. 30).

Кратер Атласова, повидимому, излил лавовый поток, обнажающийся в правом берегу рч. Крутенькой у кратера и, вероятно, залегающий под кратерной надстройкой. Порода лавового потока — оливино-пироксено-плаггиоклазовый базальт — очень близка к подобной же породе, обнажающейся в юго-восточной части гребня. Отличается только пузрыстым строением.

Кратер, повидимому, еще не совсем потух, так как местами на гребне его наблюдались (19 ноября) небольшие проталинки, и горная порода в этих местах не была холодной, несмотря на 20-градусный мороз. Кроме того, сохранились небольшие налеты, повидимому, остатки возгонов.

Этот кратер можно характеризовать как кратер эффузивной деятельности.

Кратер Сизмоса по форме и высоте аналогичен кратеру Атласова, но весь покрыт почвенным и растительным покровом и выходов коренных пород не дает. Только у подошвы его с северо-восточной стороны находятся небольшие скалистые холмы, сложенные из глыб пироксено-оливино-плагноклазовой базальтовой лавы.

Излилась ли эта лава из кратера Сизмоса или с какого-либо другого места, сказать трудно.

Кратер Забытый интересен тем, что его деятельность проявилась в два приема. Кратер этот, подобно кратерам Сизмоса и Атласова, представляет собой открытую на северо-восток дугу. Внутри же этой дуги, ближе к ее юго-восточной части, прорвался второй кратер, который сохранил еще свою чашеобразную форму. Таким образом, кратер Забытый является гнездообразным кратером.

Весь кратер покрыт почвой и растительностью, и только у подошвы на северо-восточном склоне находится одна скала размером $5 \times 5 \times 5$ м пироксено-оливиновой базальтовой лавы.

Кратер F расположен на границе кустарникового и альпийского поясов. Он имеет чашеобразное дно, хотя края его и не находятся на одной высоте: в восточной части край сильно понижается, образуя большую выемку. Приблизительная высота краев кратера над его дном 50 м, а с восточной стороны 8—10 м. Коренных выходов в этом кратере нет. Только на гребне и на некотором расстоянии по склонам встречаются каменные глыбы и вулканические бомбы. Некоторые из последних имеют типичный веретенообразный вид и достигают 1.5 м в длину и около 0.5 м в поперечнике.

Все глыбы, вулканические бомбы и шлаки одной породы — оливино-пироксенового базальта. Одни из них, особенно лежащие на юго-западной стороне, почти не изменились по своему минералогическому составу. Другие, наоборот, гематитизировались и приняли красную окраску. Только вкрапленники оливина и пироксена сохранили свой цвет и облик и отчетливо выделяются благодаря своей оливково-зеленой или темнозеленой окраске на кирпичном фоне оруденелого стекла основной массы.

Кратер F моложе соседнего кратера Скалистого, принадлежащего к системе Плоского вулкана, так как камни и бомбы оливино-пироксенового базальта частично лежат на склонах последнего.

Кратер F принадлежит к взрывному типу.

Кратер Заросший расположен с северной стороны кратера F и весь покрыт кустарником. Он имеет дугообразную форму, открытую в северо-северо-восточную сторону.

Единственное обнажение, размером 1×2.5 м, находится у гребня на юго-восточной части внутренней стенки. И это обнажение открылось недавно, благодаря происшедшему в этом месте небольшому оползнию. Судя по этому единственному обнажению, кратер сложен шлаками оливино-пироксенового базальта, среди которых наблюдаются и вулканические бомбы. На основании этого можно считать, что данный кратер возник в результате взрывного действия.

Кратер Незаметный расположен непосредственно к югу от кратера F. Стенки его невысоко поднимаются над окружающей местностью. В этом кратере наблюдается четыре небольших кратера, расположенных по одной прямой. Три северных представляют собой небольшие чашеобразные углубления, четвертый — амфитеатр, открытый на юго-юго-запад. Во внутренних юго-восточных стенках наблюдаются выходы пироксено-оливинового базальтового шлака.

Этот составной кратер можно отнести, правда, из-за отсутствия достаточного количества данных, несомненно к взрывному типу.

Кратер Булочка имеет дугообразную форму, открытую, в отличие от других кратеров, к югу. Кроме того, западное крыло выше северного и восточного. Склон западного крыла крутой к югу, а по гребню к северу и дальше к востоку и югу значительно положе.

На гребне и склонах этого кратера наблюдаются вулканические бомбы и шлаки пироксено-оливинового базальта; большая часть их в сильной степени гематитизирована, меньшая же часть — лимонитизирована.

Кратер Булочку также можно отнести к эксплозионному типу.

Кратер Малыш расположен между кратером Булочка и р. Сопочной и представляет собой дугообразный вал, открытый на северо-восток. Западное крыло его значительно выше южного и восточного. Склон гребня западного крыла к северу крутой, а к югу, востоку и северо-востоку становится более пологим.

Почти весь кратер покрыт почвенным и травяно-моховым покровом. Только на западном гребне находится небольшое количество шлака и вулканических бомб состава оливино-пироксено-базальтовой лавы. Некоторые из них гематитизированы и частично лимонитизированы.

К эксплозионному типу можно отнести и кратер Малыш.

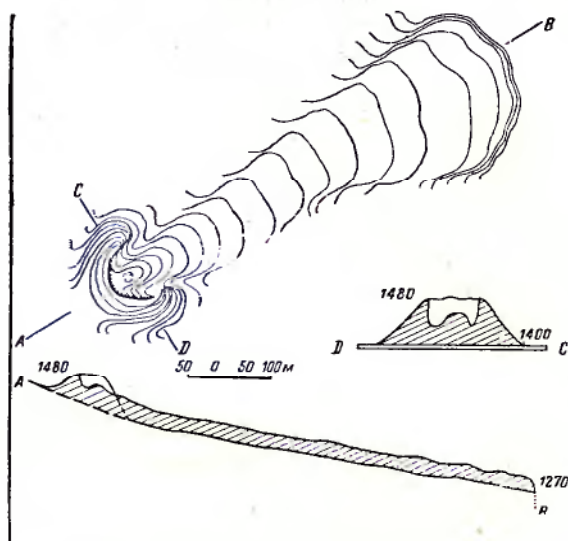
Кратер О представляет собой усеченный конус с чашеобразным углублением в середине его и пониженным краем гребня в северо-восточной стенке. Через эту пониженную часть излился лавовый поток. Внутренние стенки кратера отвесные. И они и гребень сложены из лавы и шлака, наружные склоны ниже гребня — из камней, лапилли и, главным образом, вулканического песка.

Из чашеобразного углубления кратера вытекала, переливаясь через пониженный край, лава. Она образовала поток длиной около 750 м и шириной от 75 м в начале и до 250 м в конце его. Мощность лавового потока, измеренная в его конце, около 25 м. Лавовый поток слегка обтекает с северо-западной стороны кратер Е (см. ниже). На основании этого можно считать, что поток и кратер О образовались после прорыва кратера Е.

Порода, слагающая кратер, — базальт или базальтовый шлак, местами, особенно в нижней части кратера, сильно гематитизированный и отчасти лимонитизированный.

История кратера О несложная, но более интересная, чем предыдущих. Она складывается из двух стадий. Первая — прорыв земной поверхности и образование тела конуса; ее можно назвать эксплозионной стадией. Вторая и последняя стадия — изливание лавового потока, т. е. эффузивная стадия. В общем этот кратер можно отнести к эффузивному типу. Лавы излилось сравнительно небольшое количество, как это видно из приведенных размеров и фиг. 31.

Лавовый поток и кратер интересны тем, что сохранилась полная



Фиг. 31. Схематический план и разрезы кратера О и его лавового потока.

Рис. А. И. Дьяконова

картина излияния. Можно наблюдать весь механизм излияния — лаву, поднимающуюся из середины кратера на северо-восточную стенку, переливающуюся через нее и далее текущую вниз по склону подножия Ключевского вулкана.

По своему химическому составу лава (обр. 57), как это видно из анализа, произведенного Н. Н. Шавровой, является базальтовой, стоящей близ границы базальта и андезито-базальта:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	53.43	0.890	CaO	8.90	0.159
TiO ₂	1.50	0.019	Na ₂ O	3.03	0.049
Al ₂ O ₃	16.81	0.165	K ₂ O	1.36	0.015
Fe ₂ O ₃	4.19	0.026	P ₂ O ₅	0.03	0.001
FeO	5.25	0.073	П. п. пр. . .	0.48	
MnO	0.14	0.002	Гигр. . . .	0.24	
MgO	5.00	0.125			

100.36

Химическая характеристика: по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу

$2.21 \text{ RO} \cdot \text{R}_2\text{O}_3 \cdot 4.76 \text{ RO}_2; \text{R}_2\text{O} : \text{RO} = 1 : 5.61; \alpha = 1.82$

Структура этой породы витрофировая. Минералогический состав ее — мелкие вкрапленники основного плагиоклаза и небольшое количество оливина и пироксена. В основной массе различается небольшое количество микролитов и коротких призм плагиоклаза и пироксена, много зерен рудного минерала и стекла бурого цвета.

Ряд образцов, взятых из различных мест лавового потока, дал сравнительно небольшие изменения макроструктурного порядка. Лава, взятая на дне кратера О (обр. 57), представляет собой мелкопузыристую темносерую породу с мелкими белыми вкрапленниками до 1 мм в поперечнике. В основной массе различаются очень мелкие зерна плагиоклаза и пироксена среди бурого стекла.

Лава в 200 м от конца лавового потока является мелкопузыристой, более темносерой, мелкозернистой до плотной породой. В лаве наблюдается несколько более крупных, до 1—2 мм в поперечнике, вкрапленников плагиоклаза и значительно большее количество более мелких вкрапленников этого минерала, переходящих по величине в микролиты.

Другой образец лавы (обр. 55), взятый на конце лавового потока, представляет собой мелкозернистую темносерую породу, состоящую из микровкрапленников плагиоклаза, мелких зерен пироксена и плотной основной массы.

Кратер Е имеет вид усеченного конуса с чашеобразной впадиной и с небольшим понижением края в северо-восточном направлении. По размерам он значительно больше, чем кратер О. Диаметр кратера у гребня свыше 150 м.

Коренные выходы не были обнаружены, но зато этот кратер отличается обилием вулканических бомб разной формы и различной величины. На внутреннем северном склоне находится самая большая из всех встреченных нами вулканическая бомба. Форма ее средняя между грушеобразной и веретенообразной. Размеры в длину свыше 3 м и в поперечнике в утолщенной части около 1 м (фиг. 32). Кроме вулканических бомб, находится вулканический песок и небольшое количество шлака. По своему составу эти образования относятся к пироксено-оливино-плагиоклазовой лаве; в преобладающем большинстве случаев они подверглись сильной гематитизации.

Особенность этого кратера, как можно заключить из предыдущего, сильная эксплозионная деятельность. Огромное количество громадных бомб ярко характеризует эту деятельность и эксплозионный тип кратера.

Кратер Левашева имеет дугообразную форму, открытую на

юго-восток. На гребне его много вулканических бомб и шлака оливино-пироксеновой базальтовой лавы. Они подверглись сильной гематитизации. Кратер возник в результате эксплозионной деятельности.

Непосредственно к северному склону кратера примыкает значительно более низкое по высоте образование, напоминающее небольшой дугообразный, открытый на север кратер. Повидимому, это был боковой кратер по отношению к кратеру Левашева.



Фиг. 32. Большая вулканическая бомба

Кратер Лепешка расположен на правом берегу р. Сопочной на одной горизонтали с одной стороны с кратерами Булочкой и Малышом, а с другой — с кратером D. Кратер имеет дугообразную форму, открытую на восток. С внешней стороны южного крыла имеется обрыв. Обнажения наблюдаются только в этом обрыве и на гребне кратера. Сложен он из шлака оливино-пироксено-плагиоклазового базальта, между которым встречаются вулканические бомбы. Бомбы и особенно шлаки сильно гематитизированы, благодаря чему весь обрыв кирпичного цвета.

Кратер Лепешка принадлежит к эксплозионному типу.

Гора Плаха расположена к юго-востоку от р. Сопочной. Основание ее и вершина, словом вся гора, находятся в кустарниковом поясе. Гора почти сплошь заросла густым ольховым кустарником, что затрудняет ее осмотр и не дает пока возможности окончательно судить о ее происхождении.

Из-за густой растительности не удалось определить даже ее форму. Можно только обнаружить в овраге, окаймляющем с северо-запада эту гору (правильнее холм), коренные выходы, которые представляют собой пластообразное тело, залегающее почти горизонтально в верхней части холма. По своему составу оно принадлежит к пироксено-оливиновому базальту. Этот базальт залегает выше окружающей холм местности, и поэтому кажется правдоподобным, что канал, по которому он поднялся, находится где-то поблизости, вероятно в центральной части холма. Но во всяком случае это толкование является только предположением, а не объяснением происхождения лавового пласта и самой горы.

Кратер М расположен на верхней границе подножия Ключевского вулкана и представляет собой усеченный конус высотой около 100 м. Края кратера имеют неглубокую выемку в северо-восточной ча-

сти, но дно его несколько глубже этой выемки. На гребне и на юго-восточном склоне наблюдаются коренные выходы. Это, главным образом, сильно гематизированные базальтовые шлаки и вулканические бомбы различной формы. Кроме того, в юго-восточной части кратера на шлаке обнаруживаются пленки белого, желтого и красноватого цветов, повидимому, остатки былых возгонов. Эти остатки свидетельствуют еще о том, что жизнь (газовые выделения) этого кратера прекратилась сравнительно недавно.

Кратер D является, пожалуй, самым высоким из всех паразитических кратеров Ключевского вулкана. Его высота 200 м. Он имеет чашеобразную форму без значительных понижений какого-либо из его краев. В юго-восточной части от краев кратера идет как бы ответвление гребня в виде полукруга. Вероятно, образование этого ответвления обязано действовавшему рядом второму жерлу.

Сложен кратер D из шлаков, среди которых наблюдаются и вулканические бомбы оливино-пироксено-плагиоклазового базальта.

По характеру образования и деятельности этот кратер относится к взрывному типу.

Кратер Подкова имеет дугообразную форму, открытую на северо-северо-восток. Кратер достаточно велик. Диаметр верхнего отверстия около 100 м.

В настоящее время весь кратер зарос ольховым кустарником, и обнажений на нем не наблюдается.

Кратер I представляет собой усеченный конус, который имеет в основании не круг, а эллипсис. Такой же характер (эллиптический) носит и вершина конуса.

Эллиптический облик кратера I объясняется тем, что на вершине конуса имеется не один, а три кратера, расположенные по линии юго-запад — северо-восток, причем центральный и юго-западный замкнутые, а северо-восточный открытый в северо-восточную сторону. Центральный кратер сложен из шлака пироксено-оливинового базальта.

В северо-восточном кратере на его внутреннем склоне почти у подошвы торчат две скалы, одна высотой 5, другая 3 м, оливино-пироксено-базальтовой лавы. Они являются, по всей вероятности, останцами излившегося некогда из этого кратера лавового потока.

На основании этого данный кратер можно отнести, до некоторой степени условно, к типу эффузивных.

Кратер Божовой расположен непосредственно к юго-востоку от кратера I, почти на уровне южного подножия этого кратера, и отличается своей оригинальной формой. При наблюдении с западной стороны виден невысокий (около 10 м) вал. Если же подняться на этот вал, который представляет собой гребень кратера, то видно, что этот вал имеет дугообразную форму, не замкнутую на востоке. Вниз же от него идет спуск амфитеатром, причем высота вала-гребня над подножием амфитеатра 85 м. Кратер сложен из шлака, содержащего многочисленные вулканические бомбы оливино-плагиоклазового базальта.

По типу этот кратер относится к взрывному.

Кратер Келля расположен в кустарниковом поясе и имеет вид усеченного конуса. Сам кратер приближается к гнездовому типу, по терминологии Дэли, или же, может быть, здесь были два равноценные, рядом расположенные канала, так как они отчасти разделяются небольшим гребнеобразным мыском, идущим от северо-восточного гребня. Коренные выходы находятся на юго-восточном внутреннем скате. В этом обнажении выходит пузыристая оливино-пироксено-плагиоклазовая базальтовая лава.

Непосредственно к северу и северо-востоку от этого кратера находятся два холмика. На северо-восточном холмике — провал. Обнажающаяся здесь лава подобна породе самого кратера и излилась, быть

может, из кратера Келля. Подобный же, но более плотный оливино-пироксено-плагиоклазовый базальт обнажается в овраге между кратером Келля и северным холмиком. Она излилась, повидимому, из того же канала, из которого излилась и предыдущая порода.

Таким образом, кратер Келля можно отнести к эффузивному типу.

Кратер К расположен на верхней границе подножия Ключевской сопки. Он окружен почти со всех сторон (за исключением северо-восточной) глубокими каньонообразными оврагами, достигающими 40—50 м глубины и промывшими свое русло в рыхлых вулканических продуктах и в моренных отложениях. Материалом последних являются также вулканические продукты.

Гребень кратера имеет различную высоту: северо-западный выше юго-восточного. В северо-восточном и юго-западном направлениях наблюдаются небольшие выемки.

Коренные обнажения встречены только на западном и восточном гребнях, причем на восточном гребне, который ниже западного на 20 м, наблюдаются остатки морены, состоящей из слегка окатанных валунов чуждой кратеру К породы. Порода валунов — среднезернистый пироксено-плагиоклазовый базальт, в то время как сам кратер сложен, главным образом, из гематитизированного, иногда с лимонитизированной коркой, — шлака оливинового базальта, среди которого встречаются и вулканические бомбы. Склоны и дно сложены из дресвы, щебня и песка той же породы — оливинового базальта.

Кратер К, как и большинство вышеупомянутых паразитических кратеров, относится к взрывному типу.

Кратер Затопленный расположен близ кратера К, к северу от него. Края кратера невысокие, особенно в южной его части. Он незначительно поднимается над окружающей его местностью.

Кратер имеет дугообразную форму, открытую на север. Восточное и западное крылья дуги несколько выше южной части гребня кратера. Со всех сторон, кроме южной, его окаймляют овраги. Гребни сложены из шлака пироксено-оливинового базальта, среди которого встречаются вулканические бомбы и другие твердые вулканические продукты. Шлак подвергся гематитизации и отчасти лимонитизации.

И этот кратер, подобно кратеру К, был покрыт частично мореной, так как в кратере находятся окатанные валуны.

Кратер Затопленный по своему генезису и деятельности относится к взрывному типу.

Кратер Срезанный представляет собой усеченный конус с неглубоким чашеобразным углублением. Овраги со всех сторон, за исключением юго-западной и южной, окаймляют подножие этого кратера. Овраг, проходящий с западной и северо-западной сторон, срезает часть склона кратера. Благодаря этому можно наблюдать разрез последнего и, таким образом, более полно восстановить историю его жизни.

В южной части разреза можно насчитать около 40 полос, падающих внутрь кратера и состоящих из шлака, вулканических бомб, лапилли и вулканического песка состава пироксено-оливинового базальта. Только один слой, мощностью около 1 м и по счету от осыпи 31-й, сложен исключительно из вулканического песка. Необходимо отметить, что песок, бомбы и шлак в большинстве случаев гематитизированы и в некоторых случаях лимонитизированы.

Кратер Срезанный также относится к взрывному типу. В его жизни, как это видно из разреза, был небольшой период времени, когда более интенсивная его деятельность сменилась более спокойной, выразившейся только в выбрасывании вулканического песка.

Кратер Очки. С некоторого расстояния и высоты кратер с северо-западной стороны имеет вид гигантского пенсне, лежащего на земле. Притупленная конусообразная вершина его состоит из двух рядом

расположенных более крупных кратеров, из которых каждый в свою очередь состоит из нескольких более мелких.

Северо-восточный кратер имеет дугообразную, открытую на северо-восток форму. Внутренние склоны его спускаются как бы ступеньками, на каждой из которых находится небольшое углубление с валообразными краями, т. е. более мелкие кратеры. Из них только третий кратер, считая его от вершины, несколько больше остальных. Эти кратеры сложены из шлака, гематитизированного пироксено-оливинового базальта, среди которого встречаются и вулканические бомбы.

Юго-западный кратер состоит из рядом расположенных двух маленьких кратеров и одного побольше. Юго-восточные склоны более крупного кратера сложены из лавы пироксено-оливинового базальта. Два маленьких кратера сложены из этой же лавы и, главным образом, шлака той же породы. В отличие от северо-восточного кратера в юго-западном не развит процесс гематитизации.

Как видно из описания, первый кратер или, правильнее, первая группа кратеров относится к взрывному типу, а вторая — к эффузивному.

Кратер Шмалева имеет дугообразную форму, открытую на северо-восток. По заросшей кустарниками ложбинке кратера расположено три провала, сквозь отверстия которых внизу видна лава пироксено-оливинового базальта и грубые обломки пород, повидимому осypi. Процесс гематитизации не развит.

По типу кратер Шмалева относится к эффузивным.

Кратер Беринга интересен своей морфологией. В этой конусообразной вершине наблюдается шесть кратеров, расположенных как бы ступеньками по юго-западному направлению, на протяжении около 100 м. Получается картина, аналогичная кратеру Очки.

Такое близкое расположение ряда кратеров и сохранение их формы могло произойти лишь при условии одновременного действия всех кратеров, так как иначе некоторые из них были бы засыпаны.

Кратер Беринга почти весь зарос. Небольшие обнажения наблюдаются только во внутренних стенках кратеров. В них обнажается шлак пироксено-оливинового базальта.

По этим обнажениям можно, до известной степени условно, отнести кратер Беринга к взрывному типу.

Кратер Дитмара представляет собой совершенно заросший кустарником усеченный конус с небольшой чашеобразной впадиной на вершине конуса. Коренных выходов пород не было обнаружено, вследствие чего и тип его не может быть определен.

Кратер Тушница, расположенный к северо-востоку и вблизи от кратера Дитмара, представляет собой невысокий (около 30 м) усеченный конус с небольшим чашеобразным углублением на его вершине. Кратер весь зарос, и коренных обнажений не было замечено.

Кратер Сосед расположен по тому же направлению, т. е. к северо-востоку и почти рядом с предыдущим кратером. Он представляет собой невысокую горку, увенчанную двумя слегка полукруглыми холмиками. Эти последние являются остатками гребня кратера. Юго-западная и северо-восточная части гребня разрушены. Кратер весь зарос, но на юго-западном внешнем склоне есть коренной выход шлака пироксено-оливинового базальта, который местами гематитизирован.

Кратер можно отнести к типу взрывных.

Кратер Академии Наук имеет дугообразную форму, открытую к северо-востоку. Высота его около 100 м. Он весь зарос травами и ольховым кустарником. Обнажений на нем не было обнаружено.

Кратер Седло представляет собой шапкообразную вершину, расположенную в лесной зоне. Вершина эта увенчана дугообразным валом — краями кратера, — открытым в западную сторону. Кратер весь

зарос деревьями и кустарником. Коренных обнажений не было обнаружено.

Кратер S, расположенный среди лавового потока на восточных склонах подножия Ключевского вулкана, и кратеры Перрея, Прибрежный, Горшок, Лагерный и Стеллера, расположенные на юго-восточном склоне Ключевского вулкана, не были осмотрены.

Кратер Карпинского расположен на юго-восточном склоне подножия Ключевского вулкана, несколько выше кустарникового пояса. Он представляет собой усеченный конус с впадиной на вершине. Эта впадина окаймлена с северо-востока и юго-запада дугообразными гребнями, которые в северо-западной части и особенно в юго-восточной значительно понижаются.

Стенки гребня кратера сложены из шлака и тонких (маломощных) прослоек лавы. Среди шлака наблюдаются многочисленные вулканические бомбы, причем шлаки как бы цементируют последние. По составу все эти образования относятся к оливиновому базальту.

Лавового потока около кратера не обнаружено, лавовые же прослойки во внутренних стенках кратера незначительны, в виду чего этот кратер можно отнести к взрывному типу.

Побочный вулкан Киргурич — один из трех побочных вулканов, образовавшихся в 1932 г. Он возник 25 января 1932 г. в 12 ч. 45 м. на северо-восточном склоне подножия Ключевского вулкана среди леса. Конец его деятельности точно не установлен. В. С. Кулаков (1934) останавливается на дате 13 мая, даваемой учителем пос. Ключи т. Кияниченко.

Название этому вулкану дал Кулаков по наименованию одной из речек, близ которой излилась лава из этого вулкана. Более раннее название «Пацан» менее подходящее и чуждое Камчатке, поэтому считаю название Кулакова более правильным.

Так как описание его возникновения и его вулканического аппарата и лавы имеется в статьях Г. И. Карева (1933), В. И. Влодавца (1934), В. С. Кулакова (1934, отчет), А. Н. Заварицкого (1935—1) и др., то в настоящей работе будет отмечено только, что этот вулкан принадлежит к эффузивному типу и что оставшиеся дугообразные края кратера сложены, главным образом, рыхлыми вулканическими продуктами: деском, лапилли, шлаками и бомбами.

Излившаяся лава принадлежит к типам аа и глыбовой лаве, о которых более подробно будет сказано в дальнейшем (стр. 93—94), а по своему минералогическому составу состоит из вкрапленников оливина (с $2V = +89^\circ$) и диопсида ($2V = +58^\circ$ и $Cn_g = 38^\circ$), заключенных в основную массу, состоящую из мелких зерен моноклинного пироксена, мелкой сыпи рудного минерала, тонких микролитов основного плагиоклаза и бурого полупрозрачного стекла.

По минералогическому составу эту лаву можно отнести к базальту. Химический анализ породы, произведенный Н. Н. Шавровой, подтвердил принадлежность ее к базальту, только с некоторым преобладанием щелочных земель над щелочами:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂ . . .	51.51	0.8585	MgO . . .	9.37	0.2342
TiO ₂ . . .	0.57	0.0071	CaO . . .	10.80	0.1929
Al ₂ O ₃ . . .	14.91	0.1461	Na ₂ O . . .	2.15	0.0347
Fe ₂ O ₃ . . .	3.02	0.0189	K ₂ O . . .	0.63	0.0067
FeO . . .	6.26	0.0868	П. п. пр. .	0.32	
MnO . . .	0.20	0.0028			
99.74					

Химическая характеристика: по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу
 $3.38 \overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 5.25 RO_2; R_2O : RO = 1 : 12.48; \alpha = 1.64$

Газообразные продукты фумарол Киргурича в 1936 г., согласно работе И. З. Иванова (1937), состояли из следующих соединений (не считая паров воды, которые большей частью, повидимому, были атмосферного происхождения): HCl — 0.0021%, O₂ — от 19.08 до 19.35%, CO — 0.07%, H₂ — 1.72—2.19%, N₂ и др. — 77.09—79.60%. Кроме того, в возгонах были обнаружены NH₄Cl, FeCl₃, NaF, CaSO₄ и S.

Температура фумарол была от 210 до 375°.

Годом раньше, с ноября 1934 г. по сентябрь 1935 г., Киргурич, а также нижеописываемые побочные вулканы Туйла и Биокось изучались А. Н. Троицким (1937—2).

По его данным, температура фумарол Киргурича в 1935 г. была от 80 до 320°. Из газообразных продуктов установлены H₂O, HCl, CO₂ (SO₂ не было). В возгонах обнаружены нашатырь, S, Fe, Ca, Mg, Al, K и Na, а также Cl, F и следы SO₄.

Для Туйлы температура фумарол с января по октябрь 1935 г. была от 100 до 500°. Из газообразных продуктов — H₂O, HCl, CO₂ и в фумаролах с температурой 375—465° немного свободного Cl (SO₂ не было).

В возгонах в фумароле с температурой 390° выделялся исключительно CuCl₂.

В других фумаролах с температурой от 300 до 500° выделялись соединения (смесь) хлора с Fe, Ca, Mg, Al, K и Na. В фумароле, выделявшей свободный хлор, кроме указанных элементов, был обнаружен и Mn. А. Н. Троицкий считает, что хлор мог произойти не из глубин, а в результате простого окисления HCl в канале самой фумаролы и, не успев вступить в реакцию, выносился на дневную поверхность.

В фумароле с температурой 100—200° выделялся исключительно нашатырь, причем в фумаролах, расположенных вдали от кратера, нашатырь окрашен органическими примесями в черный и янтарный цвета.

Здесь же в холодных местах находилась чистая сажа. Продукты сухой перегонки, повидимому, придали такую окраску нашатырю. В возгонах смесь хлористых и фтористых соединений Ca, Mg, Fe, Al, K и Na. В отдельных образцах следы SO₄'' и PO₄''. Редко встречалась сера.

Температура фумарол Биокосья в 1935 г. была около 350°, за исключением одной фумаролы с температурой 700—800°. В последней в возгонах — галит. У остальных более холодных фумарол такие же возгоны, как и у Туйлы. Сера наблюдалась. Среди газов H₂O, CO₂ и HCl.

Побочный вулкан Туйла образовался, по одним данным, 29 июня 1932 г. в 7 час. вечера, а по данным Кулакова (отчет) — 26 июня. Окончание деятельности этого вулкана последний автор относит к 6 ноября.

Описания этого вулкана имеются у Карева (1933), Кулакова (1934, отчет), Заварицкого (1935—1) и др. В настоящей работе мы остановимся только на некоторых интересующих нас моментах.

Вулкан Туйла относится к типу эффузивных. Его вулканический аппарат — конус — открыт на северо-восток. Сложен он из глыб лавы, вулканического песка, лапилли, шлака и бомб. Около кратера, а также в лавовом потоке много фумарол, которые располагаются или концентрически вокруг кратера, или вдоль бортов последнего лавового потока. Лава глыбовая, по составу своему относится к базальту. Минералогически и химически эта порода близка к лаве Киргурича, как это видно из анализа Н. В. Левенфиш, приведенного в статье А. Н. Заварицкого (1935—1):

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	52.34	0.872	CaO	9.76	0.174
TiO ₂	0.95	0.012	Na ₂ O	2.54	0.041
Al ₂ O ₃	14.57	0.143	K ₂ O	0.67	0.007
Fe ₂ O ₃	2.69	0.017	P ₂ O ₅	0.11	0.001
FeO	6.09	0.085	H ₂ O+	0.48	
MnO	0.11	0.001	H ₂ O-	0.03	
MgO	9.89	0.246			

100.23

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:
 $3.47 \overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 5.52 RO_2; R_2O : RO = 1 : 10.54; \alpha = 1.71.$

Исследования газов из фумарол Туйлы, произведенные И. З. Ивановым в 1935 и 1936 гг., дали следующий результат (Иванов 1937): HCl — 0.03—0.74%, CO — 0.29%, O₂ — 18.6—23.98%, SO — 0.15—2.28%, H₂ — 0.1—0.93%, N₂ и др. — от 76.02 до 81.40%. Содержание водяных паров в фумаролах колебалось от 11 до 25 мг на 1 л.

Кроме этих соединений, установленных непосредственно аналитическим определением, в состав газов входили HF, SO₃, SO₂ и H₂S, так как Иванов определил в возгонах из фумарол Туйлы соединения кремнефтористого натрия, сернокислого кальция, серы и, помимо того, хлорной меди (фиг. 33 и 34).



Фиг. 33. Взятие пробы газа из фумаролы Туйлы

Спектральный анализ, произведенный С. А. Боровиком (1936), показал наличие многих элементов в этих возгонах, которые выделялись, повидимому, из магмы, главным образом в виде летучих хлористых и фтористых соединений. Поднимаясь и попадая в иные физико-химические условия, они или непосредственно осаждались в виде возгонов, или предварительно вступали в химическое взаимодействие, в результате которого образовывались и оседали у отверстия фумаролы или поблизости минералы, содержащие летучие элементы.

Возгоны, о которых будет идти речь, собраны, главным образом, с разных сторон самого кратера вулкана Туйлы или поблизости от него. Температуры этих фумарол в 1936 г. у выхода их на поверхность земли были различны для различных фумарол и колебались в пределах от 250 до 500°.

Данные спектрального анализа сведены в табл. 2. При рассмотрении ее необходимо иметь в виду, что комбинированные обозначения при по-



Фиг. 34. Возгоны на лаве Туйлы. Фото В. Ф. Попкова

мощи букв и знаков плюс или минус или два минуса означают порядок содержания данного элемента в возгоне, т. е. Сн+ значит очень много (проценты и десятки процентов), Сн значит много (несколько процентов), Сн—проценты, Ср десятые процента, Сл сотые, тысячные, десятитысячные процента. В свою очередь Ср и Сл могут быть с + (плюсом) и с — (минусом) и с = (двумя минусами), каковые обозначения указывают порядок содержания данного элемента в этих группах. Эти обозначения пригодны для толкования всех нижеприведенных элементов, кроме Ga, Cr, Ni, Pb, Zr, Ti, V, Mn, Cu и Sn. Для последних знаки обозначают следующий порядок их содержания:

- Для Ga: Ср $5 \cdot 10^{-3}$ %, Сл п 10^{-3} %, Сл = п 10^{-4}
- „ Cr: Сн + несколько процентов, Ср 0.1%, Сл = 0.01%
- „ Ni: Ср 0.01%, Сл = 10^{-4} %
- „ Pb: Ср 0.01%, Сл = 10^{-4} %
- „ Zr: Сл $5 \cdot 10^{-3}$ %, Сл = 10^{-3} %
- „ Ti: Сн + несколько процентов, Сл = $5 \cdot 10^{-4}$ %
- „ V: Ср 0.1%, Сл = 10^{-3} %
- „ Mn: Сн 0.1%
- „ Cu: Сн + около 1%, Сл = 10^{-3} %
- „ Sn: Сл = меньше 10^{-3} %

Качественный химический анализ дал содержание, главным образом, С1, меньше F, соединения S и аммония.

Определяя показатель светопреломления, удалось расшифровать часть минералов, составляющих возгоны.

Среди возгонов Туйлы преобладают нашатырь с $n = 1.640$ (в обр. 11, 16, 17 и 18) и гипс с $n_{01} = 1.5319$ и $n_{p1} = 1.5164$ (в обр. 7, 12, 14 и 15). Кроме этих минералов, находятся еще ряд минералов, которым

Таблица

Обнаруженные элементы	В о з г о н ы Т у й л ы													
	Обр. 1 Северо-западная часть лавового потока	Обр. 2 Западная часть лавового потока	Обр. 3 К юго-востоку от кратера	Обр. 4 Против восточ- ного пика	Обр. 5 Второй кратер	Обр. 7 В лавовом потоке	Обр. 11 По гряде	Обр. 12 Северо-западная часть лавы против кратера	Обр. 13 Западная часть лавового потока	Обр. 14 Второй кратер	Обр. 15 Лавовый поток к востоку	Обр. 16 К югу от кратера	Обр. 17 К югу от кратера	Обр. 18
Si	Сн —	Сн —	Сн +	Сн +	Сн +	Сн —	Сн	Сн +	Сн	Сн +	Сн	Сн —	Сн	Сн
Ti	—	Сн	Сн +	Сн	Сн +	—	Сл =	Сл =	Сн	Сн +	Сн	Сн —	Сл	Сл
Zr	—	—	—	—	—	—	—	—	?	—	Сл	Сл =	—	Сл
V	—	Сл =	Ср	Сл +	Сн —	Сл =	—	Ср —	Сл	Ср	Сл	Сл —	Сл =	—
Al	Сн	Сн +	Сн	Сн +	Сн +	Сн —	Ср +	Сн	Сн +	Сн	Сн —	Ср	Сн	Сн
Cr	Сл =	Сл =	Сн +	Ср	Ср	—	—	Сл =	Сл	Ср —	—	—	—	—
Ga	—	—	Сл =	Сл	Ср	—	—	Сл =	—	Сл	—	—	—	—
Fe	Сн —	Сн —	Сн +	Сн	Сн +	Ср +	Ср —	Сн —	Сн —	Сн +	Ср +	Сл +	Ср +	Сн
Mn	Ср +	Сл =	Сн —	Сн	Сн	Сл —	Сл =	Сн —	Ср +	Сн	Ср	Сл =	Сл +	Сл
Ni	Сл —	—	Сл	Сл =	Ср —	Сл =	—	Сл =	Сл =	Сл	—	—	—	—
Cu	Сл =	—	Сл =	Сл =	Сн +	Сл =	Сл =	Сл =	—	Сл =	—	—	Сл =	Сл
Pb	—	—	—	—	Ср	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	Сл =	—	—	—	—	—
Mg	Сн +	Сн +	Сн +	Сн +	Сн +	Сн —	Ср	Сн +	Сн +	Сн +	Ср	Сл	Сн	Сл
Ca	Сн +	Сн +	Сн +	Сн +	Сн +	Сн +	Ср +	Сн +	Сн +	Сн +	Сн +	Сн	Сн +	Сл
Na	Сл	Сн +	Сл	Ср +	Сн +	Сл	—	Сл +	Сн +	Ср +	Сл —	Сл +	Сл =	Сл

дать название затруднительно из-за отсутствия соответствующих литературных указаний. К последним относятся нижеследующие: в обр. 1: 1) изотропный минерал с $n = 1.6087 \pm 0.0024$ и 2) минерал с хорошо развитой спайностью с $n_g = 1.4893$ и $n_p = 1.4826$. Оба минерала хорошо растворяются в воде.

Что касается первого минерала, то в справочниках нет ни одного изотропного минерала с таким показателем преломления и с таким качественным химическим составом. Второй минерал по показателям преломления очень близок к галотрихиту и отличается хорошо развитой, видимому призматической, спайностью. Обладает ли галотрихит и спайностью или нет, неизвестно, но главное то, что в этом возгоне нет SO_3 или какого-либо другого соединения серы.

В обр. 2 изотропный желтоватый минерал с $n = 1.3765 \pm 0.0055$. Ближайшим по показателю преломления минералом является криптогалит. Его $n = 1.370$, а химическая формула $2NH_4F \cdot SiF_4$. Качественный химический анализ обнаружил присутствие в этом образце аммония, но, судя по спектральному анализу, в нем содержится еще и значительное количество Mg, Al, Ca и др. Таким образом, возможно, что данный возгон состоит из минерала, в состав которого входит аммоний, но он все-таки значительно отличается от криптогалита.

Обр. 3 состоит из минерала, подобного предыдущему, и из тонкоагрегатного, составляющего главную массу, минерала лимонножелтого цвета с $n = 1.4452$. Дать название этому минералу пока невозможно, хотя он и представляет собой, пожалуй, наибольший интерес из всех минералов возгонов Туйлы. В этом минерале, помимо большого содержания Mg, Ca, Si, Fe, Al, которые частично находятся и в первом минерале, обнаружено значительное содержание Cr (несколько процентов) и Ti (также несколько процентов). Кроме этих элементов, в нем находятся Mn и Na и такие сравнительно редкие элементы, как V, Ni, Cu и Ga. Порядок их содержания, по данным С. А. Боровика, для V — 0.1%, для Ni — $n \cdot 10^{-2}\%$, для Cu — $n \cdot 10^{-5}\%$ и для Ga — $n \cdot 10^{-4}\%$.

Обр. 4 состоит, судя по показателю преломления, из минерала, очень близкого к минералу обр. 2.

Обр. 5 состоит из зеленого тонкоагрегатного минерала со слабым двупреломлением и $n > 1.780$. Этот минерал в основном — хлорное соединение меди. Интересно отметить, что он содержит также более редкие элементы V, Cr, Ga, Ni, Pb.

Обр. 6 состоит из красноватого минерала — окиси железа и желтоватого до бесцветного изотропного или очень слабо двупреломляющего минерала с $n = 1.4101$. Среди главных элементов, слагающих этот минерал, находятся в порядке их относительного количества Ca и Mg (много), Al (мало), Cl (много), F.

Очень близок к нашему минералу замбонинит, но он отличается двупреломлением и несколько меньшим показателем преломления: $n = 1.411$ и $n_p = 1.405$. Замбонинит рассматривается как смесь флюорита с селлантом. Быть может, в нашем случае имеет место большее содержание флюоритовой молекулы, чем в замбонините, в соответствии с чем увеличивается показатель преломления нашего минерала, уменьшается двупреломление, и минерал становится почти изотропным.

Обр. 7 состоит из бесцветного минерала с хорошей спайностью по одному направлению (010) и менее совершенной по другому (111). Показатели преломления этого минерала: $n_g = 1.5319$ и $n = 1.5169$. По этим данным он относится к гипсу.

Обр. 10, взятый к юго-востоку от кратера близ обр. 3, по внешнему виду очень похож на обр. 3. Цвет минерала тоже лимонножелтый. Показатель преломления его несколько ниже, а именно $n = 1.4337 \pm 0.0030$. Не происходит ли здесь частичное разложение или видоизменение минерала обр. 3 или, наоборот, разложение обр. 10?

Обр. 11 состоит макроскопически из бесцветных или белых с розоватым оттенком копьевидных скелетов кристаллов. Показатель преломления этих кристаллов $n=1.640$, каковой соответствует нашатырю. Интересно отметить, что, несмотря на достаточную чистоту кристаллов нашатыря, в нем спектроскопически обнаружены следующие элементы: Si (Сн), Ca (Ср +), Al (Ср +), Mg (Ср), Fe (Ср —), Ti (Сл =), Mn (Сл =) и Cu (Сл =).

Обр. 12 состоит из таких же пленок, как и обр. 7. Минералом, слагающим эти пленки, судя по его показателю преломления, является гипс.

Минерал, слагающий обр. 13, очень близок к минералам обр. 2 и 4. Следует отметить незначительное содержание в нем олова, приблизительно $1.10^{-3}\%$.

Обр. 14 состоит из кристаллов гипса с $n_{g_1}=1.529$ и $n_{p_1}=1.519$ и изотропного или слабо двупреломляющего минерала с $n=1.5185 \pm 0.0012$.

Обр. 15 состоит, главным образом, из гипса и незначительного количества минерала с n , несколько меньшим 1.5175. В этом образце спектроскопически был обнаружен Zr порядка $5.10^{-3}\%$.

Почти изотропные минералы обр. 14 и 15 близки или, может быть, идентичны. Они очень близки по светопреломлению к хлорокальциту, у которого $n=1.52$. Спектральный анализ не дал значительного содержания К, который входит в состав хлорокальцита. Однако надо отметить, что К вообще плохо поддается спектральному определению.

Возгоны обр. 16 и 17 состоят из нашатыря с $n=1.640$, причем нашатырь обр. 16 имеет розоватую окраску, а нашатырь обр. 17 — голубовато-зеленоватую. Не объясняется ли эта разница в окраске тем обстоятельством, что в обр. 16 нет меди и очень мало марганца, а в обр. 17 найдено незначительное количество меди, и марганца несколько больше, чем в предыдущем образце.

Обр. 18 состоит, главным образом, из нашатыря с $n=1.640$, затем из сильно двупреломляющего минерала, у которого $n_p=1.4834$ и который приближается к двупреломляющему минералу обр. 1, и пыли красной окиси железа. В этом образце SO_3 или другого серного соединения химическим анализом не обнаружено.

Побочный вулкан Биокось прорвался 13 ноября 1932 г. и окончил свою деятельность 8 апреля 1933 г. (Кулаков, отчет). От конуса кратера сохранилась только восточная часть, остальная часть разрушена, вероятно снесена лавовыми потоками, которые текли на известном этапе жизни спиралеобразно вокруг конуса. Лавовое поле Биокоса расположено во все стороны кругом кратера, в отличие от лав Киргурича и Туйлы, у которых оно вытянуто в северо-восточном направлении от их кратеров. В северо-западной своей части лава Биокоса соприкасается с лавовым потоком Киргурича. По своему минералогическому составу лава Биокоса принадлежит к пироксено-оливиновому базальту, аналогичному лавам Киргурича и Туйлы.

Биокось расположен гипсометрически выше Киргурича и Туйлы. Киргурич занимает промежуточное положение, а Туйла расположен ниже последнего.

Биокись, самый молодой побочный вулкан. В некоторых его фумаролах температура в ноябре 1935 г. была свыше 400° . Состав газов, согласно работам Иванова (1937), был следующий: HCl — 0.7% , O_2 — от 19.75 до 21.6% , CO — от 0.12 до 0.66% , H_2 — от 0.75 до 1.23% , N_2 и др. — от 77.61 до 79.12% . Кроме того в возгонах были обнаружены хлориды аммония, меди и найден NaF.

Спектральный анализ возгонов из фумарол Биокоса, произведенный С. А. Боровиком (1936), дал результаты, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Обнаруженные элементы	Обр. 8 Вершина кратера	Обр. 9 Сев.-зап. часть лаво- вого поля	Обнаруженные элементы	Обр. 8 Вершина кратера	Обр. 9 Сев.-зап. часть лаво- вого поля
Si	Сн+	Сн	Mn	Сн	Сн—
Ti	Сн	Ср+	Ni	Ср—	—
Zr	—	Сл=	Cu	Сл=	Сл=
V	Ср	Сл	Pb	Сл=	Ср—
Al	Сн+	Сн	Mg	Сн+	Сн+
Cr	Ср—	Сл=	Ca	Сн+	Сн+
Ga	Сл	—	Na	Сн+	Сн+
Fe	Сн+	Ср+			

Возгоны обр. 8 состоят из изотропного или слабо двупреломляющего минерала с $n = 1.4750 \pm 0.0030$, а обр. 9 — из двух минералов: одного бесцветного изотропного с кубической спайностью, с $n = 1.5454 \pm 0.0017$, т. е. каменной соли, и второго минерала бесцветного, имеющего иногда шестигранный разрез, с $n_{g_1} = 1.4893$ и $n_{p_1} = 1.4742$. Соединений серы в этом образце нет. Последний минерал очень близок ко второму минералу обр. 1.

Таким образом, рассматривая возгоны Туйлы и Биокося вместе, надо отметить, что в настоящий момент установлено наличие среди них следующих минералов: каменной соли, нашатыря и гипса. Кроме того, находится ряд минералов, природа которых из-за недостатка материала и литературных данных пока не ясна. Следует также отметить, что возгоны Биокося и Туйлы резко отличаются от возгонов Авачинского вулкана, описанных Заварицким (1935). Среди возгонов Авачи преобладают сернистые соединения: алуноген, галотрихит, пиккеренгит, гипс и др. Из этих минералов только гипс наблюдается среди возгонов Туйлы и Биокося.

Различный минералогический состав возгонов этих вулканов можно объяснить, с одной стороны, различием магмы последнего излияния Авачинского вулкана и магмы Туйлы и Биокося, а с другой — и последнее в данном случае играет главную роль — различным тепловым режимом, в котором находились фумаролы Авачи и фумаролы Биокося и Туйлы в момент образования данных возгонов.

С этой точки зрения наблюдается различие в минералах возгонов Биокося и Туйлы. У первого был обнаружен галит, у второго в сборах 1936 г. он не был найден.

* * *

Заканчивая описание возгонов, необходимо отметить некоторые особенности, вытекающие из их химического состава. При рассмотрении элементов, обнаруженных в возгонах и газах, расположенных по порядковым числам периодической системы элементов Д. И. Менделеева, получается нижеследующее:

1. Преобладают элементы первой трети системы; у 20 элементов из 23 обнаруженных порядковое число не выше 31:

1—H, 6—C, 7—N, 8—O, 9—F, 11—Na, 12—Mg, 13—Al, 14—Si, 16—S, 17—Cl, 20—Ca, 22—Ti, 23—V, 24—Cr, 25—Mn, 26—Fe, 28—Ni, 29—Cu, 31—Ga, 40—Zr, 50—Sn и 82—Pb.

Кроме того, весьма вероятно, что среди газов и возгонов находятся и другие элементы, как He, Ag и др.

2. Большая часть элементов входит в обычное поле геохимической таблицы элементов земной коры А. Е. Ферсмана (1933), т. е. принадлежит к элементам, наиболее распространенным в земной коре.

3. Так как источником летучих элементов побочных вулканов Туйла и Биокось является базальтовая магма, то естественно ожидать среди них наличие элементов, главным образом, основной магмы. Между тем наблюдаются элементы как основной магмы: Mg, Ca, Ti, V, Cr, Fe и Ni, так и кислой: Pb, Sn, Zr, F и H.

Этот факт можно истолковать двояким образом: или в кислых, средних и основных магмах находятся все элементы и различаются только в количественном содержании, или же элементы, в данном случае характерные для кислой магмы, захвачены на своем пути основной магмой из других пород. Разрешить эту дилемму довольно трудно, а пока невозможно. Быть может, длительное изучение возгонов и выделяющихся из фумарол газов одного и того же вулкана даст некоторый материал для объективного разрешения этого вопроса.

4. Выделяющиеся из вулкана газы не только действуют друг на друга, но и вступают во взаимодействие с атмосферой воздуха и окружающими горными породами. В результате их взаимодействия образуются новые минералы, которых также называют возгонами. По существу же только немногие из них осаждаются простой возгонкой, а большинство возникает в результате более сложных процессов и не возгоняется в отдельности при температурах, которые с большей или меньшей долей вероятности можно предполагать в потоках лав.

Таблица 4

Элементы	Точка плавления в ° C	Точка кипения в ° C	Элементы	Точка плавления в ° C	Точка кипения в ° C
H	-258	-253	Ti	1825	В эл. дуге
C	3800	4250	V	1680	—
N	-210	-195.7	Cr	1550	2200
O	-227	-182.8	Mn	1260	1900
F	-228	-187	Fe	1520	2450
Na	97.6	877	Ni	1152	>Mn
Mg	650	1120			<Cr
Al	657	1800	Cu	1083	2310
Si	1458	В эл. дуге	Ga	29.7	—
S	112.5	444.5	Zr	1927	—
Cl	-102	-33.7	Sn	231.9	2270
K	62.5	757	Pb	327	1525
Ca	803	—			

Из табл. 4 (характеризующей температуры плавления и кипения элементов, обнаруженных в возгонах) можно сделать заключение, что большинство элементов находится в условиях лавового потока не как элементы, а как химические соединения, которые в данных физико-химических условиях становятся летучими.

Состав возгонов показал наличие в них сравнительно большого числа хлористых и фтористых соединений.

5. Из магмы, путем газового переноса, выделяются такие рассеянные элементы, как Ga, или мало распространенные, как Cr, Ni, Cu, Sn и Pb. Данные возгоны являются наглядным примером, иллюстрирующим одну из стадий миграции этих элементов. Они, пройдя газовую и твердую фазы, вероятно, в дальнейшем будут растворены водами и рассеяны или, наоборот, образуют более устойчивые хромовые, никелевые, медные, свинцовые соединения и, сконцентрировавшись на определенных площадях, дадут тот или иной вид промышленного сырья.

6. Как было уже отмечено, преобладающее число возгонов сбора 1936 г. относится к галоидным соединениям. Они образуются при более высокой температуре, чем сернокислые минералы. Известно, что в фу-

маролах хлористоводородная кислота исчезает раньше, чем сернистая или образующаяся из нее или из H_2S серная кислота.

Обычно считают, что химический состав фумарол тесно связан с температурой и что в более горячих фумаролах содержатся все газы, встречающиеся в более холодных. По нашим наблюдениям и работам Иванова (1937), это только до известной степени правильно.

7. В описании химического состава возгонов необходимо принять во внимание, что значительное содержание некоторых элементов, как, например, Si, Al и некоторых других, можно объяснить возможным присутствием базальтовой вулканической пыли, захваченной возгонами.

Лавовые потоки и пирокластические образования

Лавовые потоки Ключевской сопки и ее побочных вулканов представляют собой длинно вытянутые потоки, за исключением лавового поля вышеупомянутого вулкана Биокоса, разбитые многочисленными



Фиг. 35. Древний лавовый поток Ключевского вулкана. Май 1936 г.
Фото В. Ф. Попкова

трещинами на глыбы различной формы и величины. По своей морфологии лавовые потоки имеют много общего с ледниками. Особенно на более крутых склонах подстилающей их местности они разбиты на ряд ясно выраженных поперечных трещин. На некоторых лавовых потоках наблюдается скопление глыб в виде продольных гряд, морфологически похожих на продольные морены.

Обнажения лавовых потоков Ключевского вулкана наблюдались на северо-восточном, восточном и юго-восточном склонах его подножия и для одного потока на северном склоне конуса вулкана, на высоте от 4250 до 3600 м. Более древние лавовые потоки скрыты или более молодыми потоками, или отложениями рыхлых вулканических продуктов, или моренами, а на более низких горизонтах — почвой и растительным покровом.

Более древние потоки наблюдаются в берегах каньонообразных речек, причем наиболее полную картину дает р. Сопочная. В берегах других речек, расположенных к востоку и юго-востоку от последней, разрез дает в большинстве случаев один или два лавовых потока (фиг. 35).

По своему типу все лавы Ключевского вулкана относятся к типу аа и к глыбовой лаве. Максимальная длина лавового потока из группы обнажающихся на поверхности подножия сопки около 10 км. Обычно же около 6 км, 4 км и меньше. Ширина потоков от 200 м до 1 км, а видимая мощность — от 10 до 60 м.

По химическому составу, а также по минералогическому составу все лавы Ключевской сопки очень близки друг к другу. Макроскопически характерным признаком лавы Ключевского вулкана является наличие небольших сравнительно (до 3—4 мм в поперечнике) вкрапленников пироксена и оливина. В некоторых лавах заметны невооруженным глазом и мелкие (меньше вкрапленников цветных минералов) вкрапленники — призмочки плагиоклаза.

Под микроскопом основная лава состоит из микролитов основного плагиоклаза, мелких зерен пироксена и большого количества рудного минерала и бурого или светлобурого стекла.

Различаются лавы, главным образом, по структуре, хотя почти в каждом потоке находятся одинаковые структуры. Различие структур зависит от места взятия образца: с поверхности лавы или с более глубоких мест лавового потока, причем разница выражается в количественных взаимоотношениях минералов, понимая в данном случае под минералом и вулканическое стекло.

По возрасту лавовые потоки можно расчленить, до известной степени условно, на четыре группы. Наиболее древние потоки обнажаются, главным образом, в берегах речек; в большинстве случаев они покрыты почвенным и растительным покровом. Вторая группа, обнажающаяся в верхней части склона подножия, сильно засыпана, особенно в восточной и юго-восточной частях склона, вулканическим песком и пылью. Третья группа — лавовые потоки, не прикрытые никакими отложениями, и четвертая группа — лавы, излившиеся в 1932 г.

Только лавы первой группы являются сравнительно более древними. Остальные три группы излились, вероятно, недавно, может быть, даже за последние 100—200 лет.

В табл. 5 приведены химические анализы лав Ключевского вулкана. Анализы расположены в исторической последовательности излияния лав, начиная от более древних до лав 1932 г. Взятые только те лавы, возрастная последовательность которых не вызывает никакого сомнения.

Таблица 5

Окислы	Древняя лава на северо-восточном склоне № 159	Лавовый поток вдоль р. Сопочной № 158	Лавовый поток кратера О № 57	Киргурич (К)	Туйла (Т)
Аналитики: Н. Н. Шаврова					Н. В. Левенфин
SiO ₂	52.02	53.45	53.43	51.51	52.34
TiO ₂	0.90	0.50	1.50	0.57	0.95
Al ₂ O ₃	15.79	16.22	16.81	14.91	14.57
Fe ₂ O ₃	3.25	3.41	4.19	3.02	2.69
FeO	6.28	5.99	5.25	6.26	6.09
MnO	0.13	0.07	0.14	0.20	0.11
MgO	7.20	6.31	5.00	9.37	9.89
CaO	10.58	9.80	8.90	10.80	9.76
Na ₂ O	2.60	2.95	3.03	2.15	2.54
K ₂ O	0.81	1.30	1.36	0.63	0.67
P ₂ O ₅	0.03	0.04	0.03	—	0.11
П. п. пр.	0.50	0.54	0.48	0.32	0.48
Гигр.	0.24	0.10	0.24	—	0.03
	100.33	100.68	100.36	99.74	100.23

Химическая характеристика этих лав, по Ф. Ю. Левинсону-Лессингу, приведена в табл. 6.

Таблица 6

Лава	\overline{RO}	RO_2	R_2O	RO	α
№ 159	2.90	5.01	1	8.96	1.70
№ 158	2.64	4.97	1	6.80	1.76
№ 57	2.21	4.76	1	5.61	1.82
К	3.38	5.25	1	12.48	1.64
Т	3.47	5.52	1	10.54	1.71

Кроме того, Шавровой была определена SiO_2 в некоторых других лавах Ключевского вулкана. Процентное содержание SiO_2 нами было расположено в исторической последовательности излияния лав от более древних к более молодым:

	№ 116	№ 422	№ 39	№ 210	№ 439
SiO_2	50.78	51.66	53.76	54.09	51.21

Лавы № 116 и 422 примерно возраста лавы № 159 или, быть может, несколько старше. Лава № 210, без сомнения, старше лавы Киргурича и моложе лавы № 57.

Анализы показали, что эти лавы базальтового состава, причем только две, № 57 и 210, приближаются к андезито-базальту.

Вулканический цикл Ключевской сопки можно расчленить на две фазы. Первая фаза началась базальтом с $\alpha = 1.70$ и закончилась базальтом с $\alpha = 1.82$ или даже андезито-базальтом (№ 210) с SiO_2 54.09%. Вторая фаза, зарождение которой произошло на наших глазах (1932 г.), началась снова с базальта, с $\alpha = 1.64$.

По минералогическому составу эти породы очень близки. В табл. 7 приведен количественно-минералогический состав некоторых анализированных пород.

Таблица 7

Минерал	№ 159	№ 158	№ 57
Плагиоклаз . . .	24.62	35.62	23.38
Оливин	4.08	11.46	12.49
Пироксен	12.01	5.90	3.15
Рудные минералы	—	0.20	—
Стекло	59.31	46.80	60.95

Плагиоклаз основной содержит 66—70% Ap , в микролитах 50% Ap , пироксен моноклинный. Стекло бурое с большим количеством рудной сыпи.

Пирокластические образования Ключевского вулкана делятся на два типа: цементированные и рыхлые.

Цементированные породы, так называемые вулканические туфы, развиты не широко. Значительно больше, как уже отмечалось, распространение рыхлых вулканических отложений, особенно на восточных и юго-восточных склонах вулкана. Эти цементированные или, правильнее, спрессованные породы представляют собой в большинстве случаев нагромождение вулканического песка, шлака и небольших глыб на верх-

нюю неровную поверхность лавового потока, перекрытое затем новым потоком лавы.

Мощных отложений вулканического туфа не наблюдалось. Обычно их максимальная мощность несколько метров.

Более мощные образования представляют собой отложения рыхлых вулканических продуктов. В берегах некоторых речек мощность их измерялась до 50 м, причем подстилающая их порода в этих речках еще не была вскрыта. По минералогическому и химическому составу рыхлые вулканические отложения относятся к базальту. Примером может служить вулканический песок, выброшенный из кратера Ключевского вулкана 28 августа 1936 г. Этот песок состоял из мелких вкрапленников плагиоклаза № 65 и микролитов № 55, оливина, гиперстена, моноклинного пироксена и значительного количества красноватого и светлосерого стекла. Кроме того, наблюдались многочисленные зерна рудного минерала и редкие иголки апатита.

Химический анализ песка (обр. 401), произведенный Шавровой, дал следующие результаты:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂ . . .	53.21	0.886	CaO . . .	8.38	0.150
TiO ₂ . . .	0.31	0.004	BaO . . .	0.00	—
Al ₂ O ₃ . . .	17.97	0.176	Na ₂ O . . .	3.26	0.053
Fe ₂ O ₃ . . .	4.81	0.030	K ₂ O . . .	0.75	0.008
FeO . . .	4.65	0.064	P ₂ O ₅ . . .	0.08	0.001
MnO . . .	0.16	0.002	П. п. пр. .	1.10	
MgO . . .	4.95	0.123	Гипр. . . .	0.21	
99.84					

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Как видим, и минералогический состав вулканического песка и его химический состав подтверждают принадлежность его к базальту. Следует отметить, что минералогически этот вулканический песок, наличием гиперстена несколько отличается от лав, излившихся в 1932 г., в которых он не обнаружен.

Таким образом, источником лав и пирокластических спрессованных и рыхлых образований является основная магма. Пределы колебания состава пород Ключевского очага очень не велики: колебания коэффициента кислотности от 1.64 до 1.82, т. е. в пределах базальтовой магмы.

Еще не вскрыты или не обнаружены более древние лавы, и поэтому нет возможности судить, каким образом изменялся или каким был первоначальный состав магмы Ключевского очага.

Выше упоминавшиеся породы, собственно говоря, принадлежат к одному последнему вулканическому циклу, который, как сказано, можно расчленить на две фазы: первая — постепенное изменение магмы базальтовой к андезито-базальтовой и вторая — возврат опять к типично базальтовой магме.

Вулканические бомбы

Одни паразитические кратеры и побочные вулканы Ключевской сопки бедны вулканическими бомбами, другие же, наоборот, отличаются обилием их, хотя по количеству и по разнообразию форм их все же меньше, чем у паразитических кратеров Плоского Толбачика.

Изучению вулканических бомб посвящена большая работа Н. Реск (1915). Н. Реск приводит взгляды различных авторов по этому вопросу и затем дает классификацию вулканических выбросов.

Не останавливаясь на постепенном развитии знаний по этому вопросу, отмечу лишь, что одни исследователи видели причину возникновения вулканических бомб в расширении газов при внезапном эксплозионном взрыве и считали характерным величину образований, на основании чего разделяли их на бомбы, лапилли и пепел. Другие ставили вопрос шире и под эксплозионными продуктами подразумевали не только продукты, происходящие из магмы и имевшие свою закономерно развившуюся форму, но и происходящие из более древних окружающих пород. Третьи придавали основное значение вязкости магмы для образования бомб, которые выбрасывались еще в полужидком состоянии и быстро вращались в воздухе. Форма, которую принимал этот выброшенный материал, зависела от скорости вращения и степени текучести магмы. Пористая же внутренность бомб, в противоположность компактной корке, большей частью приписывалась внутреннему напряжению пара.

Некоторые (Naug) считали, что большая часть бомб имеет чуждые включения, как ядра, вокруг которых магма обтекает; другие же (Doelter) полагали, что бомба образуется из лавовой оболочки вокруг поднимающегося сквозь магму лавового пузыря.

Меркали (1907) первый пытался классифицировать вулканические выбросы, положив в основу своего расчленения структуру, форму и величину этих образований.

Были предложены и другие классификации. Наиболее полную показал Н. Resk. Его классификация следующая:

Классификация вулканических выбросов

I. Летучие (газообразные).

II. Твердые (выбросы):

1. Магматические:

1) с неопределенной формой:

а) выброшенные в пластичном состоянии:

- α) пепел и пыль,
- β) песок,
- γ) лапилли и стеклянные нити,
- δ) шлаки и спаявшиеся шлаки (Schweiss Schlacken).

б) выброшенные в отвердевшем состоянии:

- α) пепел и пыль
- β) песок
- γ) лапилли
- δ) куски эксплозионных разломов,
- ρ) глыбы (блоки);

2) бомбы — с определенной правильной формой.

2. Включения:

1) эндогенные (первоначальные выделения);

2) экзогенные (случайная примесь из материала прорваных пород):

- α) вулканический материал,
- β) невулканический материал.

С генетической точки зрения Resk различает:

- 1. Бомбы из магматических шлиров и лавовых обрывков.
- 2. Бомбы, образовавшиеся путем обволакивания газового пузыря как ядра.
- 3. Или вокруг чуждого включения как ядра.

С точки же зрения формы расчленяет на три группы:

- 1. Шарообразные до эллипсоидальных.
- 2. Эллипсоидальные, слезо- и веретенообразные.
- 3. Полосо- и спиралеобразные.

Объединяя эти признаки, Resk дает нижеследующую морфологическую классификацию вулканических бомб:

I. Бомбы, ядро которых не оказывает влияния на краевую структуру:

- 1. Угловато-округленные бомбы.
- 2. Неправильные округленно-эллиптические бомбы.

II. Бомбы, структура ядра которых влияет на краевую структуру:

- 1. Шарообразно-эллипсообразные и удлиненные бомбы.
- 2. Эллипсоидальные бомбы:
 - а) с одним удлинением (однополярные, слезообразные),
 - б) с двумя удлинениями (биполярные, веретенообразные):
 - α) единообразные
 - β) сваренные (спаявшиеся).
- 3. Полосообразные бомбы.

Эта классификация достаточно полная, но, как будет видно в дальнейшем на примерах вулканических бомб вулканов Ключевской группы, не охватывает всех форм бомб и способов их образования.

Все исследователи видят основную причину возникновения вулканических бомб во внезапном выделении газов при вулканических взрывах, причем состав магмы и ее температура играют достаточно большую роль в появлении вулканических бомб. Играют роль и некоторые другие факторы.

Различные авторы приписывали и подчеркивали тот или иной фактор, особо влияющий, по их мнению, на форму бомб. Реск выделил из них важнейшие формообразующие факторы и свел их в нижеследующий ряд, из которого первые три фактора имеют, по его мнению, универсальное и принципиальное значение, а последние два — второстепенное.

- 1) форма и характер залегания зародышей в магматическом очаге;
- 2) степень текучести магмы;
- 3) живая сила бомбы в полете (сопротивление воздуха и сила тяжести);
- 4) сила расширения (упругость) заключенного в бомбе газа;
- 5) осевое вращение.

Реск считает, что начальной стадией образования бомб является образование плотных или богатых газом шлиров в магме (находящейся в канале вулкана) вследствие колебания ее температуры. Следующая фаза развития бомб — отрыв шлира от магмы и одновременное образование веретенообразного хвоста. Дальнейшей фазой является преобразование в полете еще пластичного тела: различно направленный толчок (удар) выброса — перпендикулярный или косой, вращательное движение, охлаждение в полете, начальная скорость, сопротивление воздуха, вес бомбы и другие факторы играют некоторую роль в образовании той или иной формы бомб.

При обыкновенных вулканических извержениях влияние сопротивления воздуха на полет бомб очень велико для малых бомб, если их диаметр меньше 50 см, согласно работе Т. Matuzawa (1933—1). Если же диаметр бомбы больше метра, то в обыкновенных случаях извержений можно пренебречь сопротивлением воздуха. Начальная скорость полета бомб диаметром около 50 см при выбросе на высоту 1280 м из вулкана Бандай-сан равнялась 171.5 м/сек. Начальная скорость полета бомб для различных извержений и вулканов, вычисленная Т. Matuzawa (1933—2), колеблется от 135.8 до 210.8 м/сек.

Переходя к вулканическим бомбам Ключевского вулкана, необходимо еще раз отметить, что некоторые его паразитические кратеры отличались обилием бомб, другие же, наоборот, содержали их незначительное количество, или же они совершенно не наблюдались. Самая большая вулканическая бомба, которая нами была обнаружена у Ключевского вулкана и вообще у всех вулканов Ключевской группы, была найдена в паразитическом кратере Е.

Это относительно гладкая бомба (фиг. 32). Форма ее средняя между грушеобразной и веретенообразной с одним концом, несколько более вытянутым и благодаря этому несколько более острым, чем второй конец. Размеры ее в длину около 3 м и в поперечнике самой утолщенной части около 1 м.

В этом же кратере находится бомба в виде несколько сплющенного шара размером около 70×40 см, с гладкой поверхностью с одной стороны и неровной с другой. Создается впечатление, будто гладкая бомба помещена в раковину. Форму последней создает неровная, местами как бы разорванная, слегка пузыристая кайма вокруг шара и несколько более утолщенный покров с одной стороны бомбы. Происхождение этой бомбы можно объяснить, с известной долей вероятности, двойным ее выбросом. При первом выбросе бомба имела шарообразную или шарообразно-эл-

липсоидальную форму. После выброса она упала в канал вулкана в расплавленную лаву и была через несколько мгновений снова выброшена, причем в этот раз большая ее половина была облеплена новым слоем лавы. Во время второго полета края последней, находившиеся еще в пластичном состоянии, несколько отвернулись, и получилась форма, напоминающая сплюснутый шар в раковине.

Из других форм бомб следует отметить одну длиной около 30 см в виде сплюснутой слезы и другую длиной около 40 см, по форме приближающуюся к вырезанной дольками несколько изогнутой апельсиновой корке.

По составу все бомбы относятся к типичным для Ключевского вулкана базальту или андезито-базальту с заметными невооруженным глазом вкраплениями оливина и пироксена.

В большинстве случаев бомбы в сильной степени гематитизированы и благодаря этому имеют кирпично-красный цвет, на фоне которого различаются темнозеленые или оливково-зеленые вкрапления вышеупомянутых минералов. Такой состав характерен не только для бомб кратера Е, но и для всех бомб паразитических кратеров Ключевского вулкана.

Из других форм вулканических бомб из паразитических кратеров Ключевского вулкана были обнаружены грушеобразные, бутылкообразные, рыбообразные, уткообразные (только без головы), в виде абрикосовой косточки, в виде фигуры, напоминающей цифру 4, винтообразные, вида хлебной корки. Одна бомба, размером 35×30 см, напоминает пасть с вытянутым изогнутым языком.

Как видно, большинство форм обычно для вулканических бомб, за исключением последней формы и бомбы, напоминающей цифру 4. Последняя первоначально была веретенообразной, с небольшим утолщением в поперечнике, в середине ее длины. Один из хвостов ее остался вытянутым, а второй изогнулся и принял подобие цифры 4. Что же касается бомбы, напоминающей пасть с языком, то необходимо допустить или повторные выбросы или образование трещин в момент отрыва бомбы от лавы, т. е. допустить, что уже в момент отрыва бомба не была в расплавленном состоянии, но в промежуточном пластичном состоянии.

Тип Ключевского вулкана

С. А. Конради (1925) относит Ключевской вулкан к стратовулканам с моногенным ядром.

Как можно заключить из всего вышесказанного, конус Ключевского вулкана состоит из перемежающихся толщ твердых, рыхлых и сцементированных вулканических продуктов, льда и лавы. Из тех же образований, кроме льда, сложены подошва и подножие вулкана.

По далеко заходящим от кратера вулкана более древним лавовым потокам и большей их площадной распространенности можно сделать заключение, что Ключевской вулкан в более раннюю стадию своей деятельности выделял больше лав, чем рыхлых вулканических продуктов, т. е. в этом отношении приближался к типу Везувия. В настоящее же время, пожалуй, выделения рыхлых вулканических продуктов из Ключевского вулкана преобладают над лавами и, таким образом, в этом отношении он приближается к типу Этны. Иначе говоря, эффузивная стадия деятельности Ключевского вулкана переходит в эксплозионно-эффузивную.

Таким образом, Ключевской вулкан, как его считает и Конради, является стратовулканом. Что же касается его моногенного ядра, то в этом отношении никаких объективных фактов, которые подтверждали бы справедливость такого взгляда, не наблюдается.

СРЕДНИЙ ВУЛКАН

Средняя сопка — потухший вулкан. Он расположен между Ключевским вулканом и Ближней Плоской сопкой и находится ближе к последней.

Среднюю сопку во времена Эрмана и позже называли также Крестовой сопкой («Krestower oder Mittlere Kuppe», Ermann, 1848, стр. 362) по наименованию ближайшей от пос. Ключи вверх по течению р. Камчатки дер. Кресты, а Плоскую сопку — Ушкинской, по названию следующей за Крестами дер. Ушки. Однако некоторые авторы Плоскую сопку называют Крестовской, что исторически является неправильным и может привести к некоторой путанице.

Средний вулкан представляет собой усеченный конус с несколько разрушенным восточным склоном. На вершине конуса сильно занесенный снегом кратер (фиг. 36). Со всех сторон, за исключением северной, вул-



Фиг. 36. Средний вулкан

кан обтекают ледники, спускающиеся с Плоской сопки. Абсолютная высота Среднего вулкана 3020 м, а относительная около 400 м. Склоны сложены из рыхлых вулканических продуктов и осыпей, состоящих из обломков лавы. Только у самого гребня кратера, в особенности с восточной стороны, поднимается ряд острых, вертикально стоящих скал — остатков излившегося некогда лавового потока. На этих склонах видны полосы кирпично-красного, светложелтого с красными пятнами и серо-сиреневого цвета. Общее падение этих полос на запад-северо-запад, т. е. внутрь кратера. Из-за труднодоступности не удалось рассмотреть их в непосредственной близости и вследствие этого не удалось выяснить, чем вызвана цветная полосчатость: различными ли, следовавшими один за другим потоками или же сменой окрасок при вторичных процессах?

Лавовых потоков у вулкана не видно. Они, конечно, могли быть снесены окружающими его ледниками.

Лава, создавшая самый аппарат этого вулкана, базальтовая. Минералогический состав ее: вкрапленники — оливин, авгит и плагиоклаз № 57; основная масса — призмочки плагиоклаза № 46, зерна авгита, зерна рудного минерала и мало стекла.

Химический анализ этого базальта, произведенный Шавровой, дал следующие результаты:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂ . . .	50.65	0.844	Ca ₂ O	9.72	0.73
TiO ₂ . . .	0.91	0.011	Na ₂ O	2.78	0.044
Al ₂ O ₃ . . .	7.15	0.169	K ₂ O	1.28	0.014
Fe ₂ O ₃ . . .	3.61	0.023	P ₂ O ₅	0.36	0.003
FeO	6.63	0.092	П. п. пр. . .	0.77	
MnO	0.15	0.002	Гигр.	0.41	
MgO	5.38	0.134			

99.80

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Химический анализ подтверждает принадлежность этой породы к базальту.

Средний вулкан можно отнести к моногенному типу, т. е. к вулкану, образовавшемуся в один, в геологическом смысле, прием.

БЛИЖНЯЯ И ДАЛЬНЯЯ ПЛОСКИЕ СОПКИ

Огромный вулканический массив Ближняя и Дальняя Плоские сопки расположен в северо-западном углу Ключевской группы вулканов.

Что представляют собой Плоские сопки — один, два или три вулкана, слившиеся в один массив, — в данное время еще определенно нельзя сказать из-за отсутствия достаточного фактического материала. Тем не менее необходимо отметить некоторые черты поверхностного строения этих потухших вулканов, которые дают возможность предполагать то или иное их строение.

Строение поверхности Плоских сопки

Вершина Плоских сопки имеет широкую, слегка дугообразную форму. В северо-восточной части ее поднимается пологий конус, абсолютная высота которого, по определению Келля, 4030 м. Этот конус носит название Ближней Плоской сопки. В юго-западной части вершины — слабо выдающийся холм, абсолютная высота которого, также по определению Келля, 3930 м; он носит название Дальней Плоской сопки.

В средней части вершины между пологим конусом и пологим холмом — небольшое понижение. В этом понижении, по наблюдениям А. И. Дьяконова, при его подъеме на вершину Плоских сопки, и моим, при подъеме на вершину Ключевской сопки, находится огромное углубление круглого сечения с обрывистыми краями диаметром около 2 км. Дьяконов толкует это углубление как кальдеру, я же более склонен считать его кратером провального типа. Окончательного решения по этому вопросу не выношу впредь до личного посещения этого углубления. Во всяком случае, можно считать, что здесь был один из выходов лав на дневную поверхность.

На пологом холме (Дальняя Плоская сопка), при восхождении на Ключевской вулкан, было видно нагромождение глыб камней на самой вершине холма. Вершина Дальней Плоской сопки и соответственно нагромождение глыб лавы находится в нескольких километрах от вышеупомянутого углубления — яснее нельзя было различить из-за надвинувшихся облаков. Возможно, что эти глыбы являются краями кратера.

Пологий конус Ближней Плоской сопки может принадлежать также самостоятельному вулканическому центру.

Таким образом, в настоящее время возможны три предположения относительно происхождения Плоских сопки: Плоские сопки представляют собой один, два или три слившихся в один массив вулканы. Дальнейшие исследования должны разрешить этот вопрос в ту или иную сторону.

Вершина Плоских сопок покрыта мощным фирновым полем, которое в отличие от фирнового поля Ключевского вулкана почти всегда белоснежного цвета. От фирнового поля спускается в восточно-юго-восточную сторону мощный ледник. Последний соединяется с ледниками, спускающимися с Ключевской и Камня, и образуют один общий ледник, идущий далее к юго-западу, к р. Студеной, и носящий название ледника Богдановича.

В северо-восточной части вершины, начиная от пологого конуса и до ледника Эрмана, имеется огромный глубокий цирк, у подножия которого в некотором отдалении стоит Средняя сопка. Создается чисто зрительное, но неверное представление, что Средняя сопка некогда заполняла собой цирк Ближней Плоской сопки и затем сползала к ее подножию, как это и полагал, например, Гаус (Otton de Nuhn, 1809). По этому цирку круто спускается ледник, который частично питает ледник Эрмана, а частично спускается на северо-восток, уже более полого, параллельно леднику Эрмана.

Склоны Плоских сопок более пологие, чем Ключевского вулкана, примерно около 24° . Их прорезают барранкосы. На северо-западном от кальдеры (?) склоне, по сообщению Дьяконова, идет глубокое ущелье.

Многочисленные ручьи и речки берут начало на склонах Плоских сопок. Более крупные речки: Столбовая, Эульченок, Крестовская, Правая и Левая Ушковки, Песчаная и Студеная. Характер речек такой же, как и у Ключевского вулкана.

Паразитические кратеры и побочные вулканы Ближней Плоской сопки

Главная масса паразитических кратеров и побочных вулканов Плоских сопок сосредоточена на северо-восточном и юго-западном склонах их подножия. Более подробно были осмотрены эти образования на северо-восточном склоне. На других склонах осмотреть их не успели.

Кратер Креницина расположен вблизи Средней сопки, к северо-востоку от нее. Он представляет собой усеченный конус с кратером на вершине его. Края кратера сложены из крупнопорфирового (с крупными вкрапленниками плагиоклаза) андезито-базальта, очень пузыристого, приближающегося к шлаку, среди которого залегают вулканические бомбы того же состава. Большая часть этого андезито-базальта гематитизирована и благодаря этому имеет кирпичнокрасный цвет.

Кратер образовался в результате ряда взрывов и выбросов сильно пузыристого шлакообразного вещества и, следовательно, должен быть отнесен к эксплозивному типу.

Кратер Воротник расположен к северо-востоку от предыдущего кратера. Края его открыты на северо-восток. С юго-восточной стороны конуса проходит овраг, благодаря чему на этой стороне образовался обрыв. Последний открывает строение конуса. Отчетливо различаются две зоны: нижняя высотой около 30 м и верхняя высотой около 10 м, облегающая полукругом нижнюю. Как нижняя, так и верхняя зоны сложены из такой же, как и кратер Креницина, породы — очень пузыристого крупнопорфирового андезито-базальта и его песка. Нижняя зона бурого цвета, благодаря тому, что крупнопорфировый андезито-базальт частично лимонитизирован. Верхняя зона в главной массе черного цвета, но в северо-восточной части ее наблюдается темнокрасная полоса. Отдельные глыбы и бомбы также окаймлены красной полоской, т. е. эти места частично гематитизированы. В расположении обломков и бомб в этом обрыве наблюдается неясно выраженная слоистость.

Наличие двух вышеупомянутых зон, повидимому, вызвано перерывом в образовании этого конуса и некоторым различием вторичных процессов. В нижней зоне при участии воды лимонитизированы шлак и вулканический песок. Верхняя зона, которая образовалась после нижней,

не подверглась или же подверглась только на отдельных участках вторичным процессам. В последнем случае произошла лишь частичная гематитизация незначительных участков.

По типу образования кратер Воротник должен быть отнесен к взрывному типу.

Лавовый Шиш расположен на северо-северо-восточном склоне на границе подошвы и подножия Ключевского вулкана. Он представляет собой отчасти экструзивный купол. Его можно назвать и щитовидным вулканом.

С морфологической точки зрения он является относительно пологой конусообразной вершиной, сложенной из почти хаотически нагроможденных неправильных глыб лавы. Хаос был бы полный, если бы не некоторая правильность, созданная оврагами — барранкосами, идущими во все стороны радиусами от вершины конуса.

Лава сначала широким плащом, а затем, может быть, и полосами растеклась на север, северо-восток и восток. По внешнему виду она в большинстве случаев глыбовая, но в отдельных местах имеет плитчатые матрацевидные, иногда приближающиеся к шаровой отдельности. Кроме того, в некоторых местах лава имеет кренделеобразную и другие более причудливые формы. В некоторых местах наблюдается тип лавы переходный от глыбовой к волнистой.

Лава Лавового Шиша в большинстве случаев пузыриста, причем пузырьки часто достигают крупных размеров. По внешнему виду она отличается наличием крупных вкрапленников плагиоклаза размером до 2×1.5 см, заключенных то в плотной, то в пузыристой почти черной основной массе. Содержание анортитовой молекулы в этом плагиоклазе от 65 до 76%. Кроме того, под микроскопом наблюдаются мелкие вкрапленники гиперстена и очень редко вкрапленники моноклинного пироксена.

В основной массе в образцах, взятых с поверхности лавы, — почти сплошное темное стекло с n , большим чем n канадского бальзама. В других образцах стекла меньше, цвет его уже бурый, и n меньше n канадского бальзама. Появляются редкие микролиты плагиоклаза, зерна пироксена и масса зерен и сыпи рудного минерала. И, наконец, в образцах из более глубоких мест лавового потока стекла очень мало, и оно светлого цвета с n , меньшим канадского бальзама. Остальная масса состоит из микролитов основного плагиоклаза, иголок пироксена, зерен рудного минерала и редких иголок апатита.

Химический анализ этой лавы (обр. 9), произведенный Н. Н. Шавровой, дал следующие результаты:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂ . . .	56.70	0.945	CaO	7.22	0.129
TiO ₂ . . .	0.78	0.010	BaO	0.00	—
Al ₂ O ₃ . . .	17.90	0.175	Na ₂ O . . .	3.55	0.057
Fe ₂ O ₃ . . .	3.39	0.021	K ₂ O	2.65	0.028
FeO	4.16	0.058	P ₂ O ₅ . . .	0.30	0.002
MnO	0.12	0.001	П. п. пр.	0.66	
MgO	2.16	0.054	Гигр. . . .	0.20	

99.79

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



По коэффициенту кислотности эта порода должна быть отнесена к андезито-базальту.

Лава крупнопорфирового андезито-базальта хорошо прослеживается как на север, так и восток в некоторых местах почти сплошным покровом. Кроме того, она прослеживается и в низовьях р. Сопочной,

р. Глубокой-Ключевской, протекающей с южной стороны кратера Келля и у р. Широкой, которая протекает с южной стороны кратера Седла. По всей вероятности, последние обнажения являются языками лавового покрова, излившегося из Лавового Шиша.

Как видим, эта лава отличалась значительной текучестью. Она прослеживается на расстоянии около 25 км от центра излияния.

Кратер Скалистый расположен к северо-востоку от Лавового Шиша, у границы пояса альпийской растительности с кустарниковым поясом, и представляет собой усеченный конус, открытый на восток.

Коренные обнажения в виде бурых или кирпичного цвета скал неправильной формы находятся на гребне кратера и, главным образом, на северном склоне северного крыла и на южном склоне южного. Они представляют собой нагромождения вулканических бомб, глыб и шлака, сцементированных вулканическим песком. Все это в дальнейшем подверглось гематитизации и лимонитизации, причем более мелкие образования, как то: вулканический песок, лапилли, шлак, в сильной степени гематитизированы, в то время как у бомб и глыб гематитизирована, главным образом, верхняя корка.

По составу эти образования относятся к очень пузыристу крупнопорфировому андезито-базальту, близкому к вышеупомянутой породе, слагающей кратеры Креницина, Воротник и Лавовый Шиш.

Бомбы, которые наблюдались на кратере Скалистом, веретенообразные или же приближающиеся к шарообразным. Диаметр последних у некоторых достигает 75 см. Внутреннее строение бомб, приближающихся к шарообразным, следующее. Внутри пустая полость, которая, повидимому, была заполнена газом. Вокруг этого газового ядра ряд оболочек: пузыристая оболочка крупнопорфирового андезито-базальта, постепенно переходящая в плотную оболочку этой же породы. Последняя снова переходит в очень пузыристую оболочку. Все оболочки имеют красноватую окраску, только последняя в верхней своей части имеет буроватую окраску. Эта буроватая зона окаймляется наружной тонкой стеклянкой пленкой, в большинстве случаев красного цвета.

Кратер Скалистый, Лавовый Шиш, Воротник и Креницина, расположенные на северном и северо-восточном склонах подножия Ключевского вулкана, являются производными Ближней Плоской сопки, а не Ключевского вулкана, так как они расположены на одной прямой, продолжение которой на юго-запад проходит через цирк и пологий конус Ближней Плоской сопки.

Исходя из наблюдавшейся во время полевых работ близости пород, слагающих кратеры Скалистый и Лавовый Шиш, и их отличия от пород, слагающих окружающие их паразитические кратеры, можно предполагать, что крупнопорфировый андезито-базальт происходит не из магматического очага Ключевского вулкана, а из какого-то другого.

Еще в начале полевых работ было замечено, что за кратерами Скалистым и Лавовым Шишом лежат на одной прямой кратер Воротник, кратер Креницина и Ближняя Плоская сопка, и очень близко между последними двумя образованиями находится Средняя сопка. В то время было сделано предположение (Влодавец, 1936), что все эти образования находятся на одной трещине и что состав их пород одинаковый.

Дальнейшие исследования показали, что порода, слагающая Среднюю сопку, иная, но что породы, как это уже отмечалось, Скалистого, Лавового Шиша, Воротника и Креницина по составу очень близки. Что касается пород, слагающих Ближнюю Плоскую сопку, то, судя только по валунам на леднике (так как самую сопку не успели осмотреть), в сложении ее большую роль играет также и крупнопорфировый андезито-базальт.

Таким образом, по составу пород этих вулканических образований и по расположению их по одной прямой по отношению к Ближней

Плоской сопке, все эти образования были отнесены к производным магматического очага Ближней Плоской сопки.

Следует также отметить, что трещина, на которой расположены эти паразитические кратеры, настолько прямолинейна, что Средняя сопка, находящаяся вблизи этой трещины, не связана с ней и имела, повидимому, свой самостоятельный очаг.

Кроме вышеупомянутых паразитических кратеров Плоской сопки, были посещены кратеры Лессепса, Промытый, Блинец, β , Столбовой, Тяжелый, Домашний, Ближний и конус Караульный.

Первые четыре по составу слагающих их пород очень близки к вышеописанным. Следующие четыре покрыты или песком, или растительностью и коренных обнажений не имеют. Только по их форме можно судить о принадлежности их к паразитическим кратерам. Из них кратер Ближний, с открытым на северо-северо-восток амфитеатром, вероятно, дал лавовый поток базальта, небольшие обнажения которого обнаружены в лесу в яме на глубине около 10 м и в пос. Ключи на берегу реки.

Анализы, повидимому, этой лавы были произведены В. Янковским (1895) и К. Богдановичем (1904):

	1. (Янковский)		2. (Богданович)	
	%	Мол. кол.	%	Мол. кол.
SiO ₂ . . .	55.06	0.917	54.80	0.913
Al ₂ O ₃ . . .	22.88	0.225	22.31	0.219
Fe ₂ O ₃ . . .	4.20	—	2.47	0.016
FeO	—	—	4.33	0.060
MnO	—	—	Сл.	—
MgO	3.62	0.090	3.28	0.082
CaO	8.56	0.153	7.08	0.127
Na ₂ O	4.03	0.065	4.47	0.072
K ₂ O	0.72	0.007	1.03	0.011
H ₂ O—	0.77	—	—	—
H ₂ O+	—	—	0.30	—
	99.74		100.07	

В анализе Янковского все железо определено в виде окиси железа. Оба эти анализа очень близки. Разница, главным образом, в содержании окислов железа.

Для пересчета анализа Янковского на магматическую формулу процентное содержание окиси железа было условно расчленено на окись железа и закись железа, исходя из соотношения этих соединений в анализе Богдановича, отвечающего примерно 1 : 3.

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:

1. $1.51 \overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 3.92 RO_2$; $R_2O : RO = 1 : 3.90$; $\alpha = 1.74$.
2. $1.49 \overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 3.90 RO_2$; $R_2O : RO = 1 : 3.21$; $\alpha = 1.76$.

Лавовые потоки Ближней Плоской сопки

Крутые берега р. Сопочной, как уже упоминалось, представляют собой один из лучших разрезов лавовых потоков Ключевского вулкана и Ближней Плоской сопки.

Связь некоторых лав с Ключевской сопкой или с Ближней Плоской сопкой прослеживается достаточно легко. Для других же потоков, особенно более глубоко залегающих, этого сделать нельзя. Тем не менее последовательность излияний можно установить на том основании, что лавы, залегающие под лавовыми потоками Ближней Плоской сопки, принадлежат к магматическому очагу более древнего вулкана, а не более молодого, т. е. в данном случае эти лавы питались из очага Ближней Плоской сопки — более древнего вулкана по сравнению с Ключевским.

Наиболее глубоко залегающей породой, вскрытой на р. Сопочной, является андезит (обр. 191). Его покрывает базальт (обр. 190). На нем

лежит другой базальтовый покров (обр. 212). Выше его залегает андезито-базальт (обр. 144 и 138). Последний стоит на границе андезито-базальта и андезита. Самый верхний лавовый поток из магматического очага Ближней Плоской сопки — крупнопорфировый андезито-базальт — стоит также на границе андезита и андезито-базальта. Анализ образца этой породы, взятого из конца лавового потока, дает состав андезита (близ границы с андезито-базальтом), а анализ образца этой же лавы, только взятого близ подводющего канала, т. е. близ выхода ее на земную поверхность, или иначе говоря, из последних порций лавы (обр. 9), дает состав андезито-базальта, близкого к андезиту.

Андезит. Обр. 191. Серо-розовая мелкозернистая порода с равномерной зернистой структурой без вкрапленников. Главная масса состоит из лабрадорных микролитов и тонких призмочек бурого пироксена.

Несколько мелких кристаллов моноклинного пироксена. Кроме того, находятся зерна тридимита и кристобалита (с *n*, значительно меньшим *n* канадского бальзама) и небольшое количество светлобурого стекла с *n*, меньшим *n* канадского бальзама.

Содержание кремниевой кислоты в этой породе: SiO_2 —59.83%.

Базальт. Обр. 190. Вкрапленниками, в порядке их величины, являются плагиоклаз № 70, гиперстен, оливин, моноклинный пироксен и рудный минерал. Основная масса с пилотакситовой структурой очень мелкозерниста. Она состоит из мелких микролитов основного плагиоклаза, мелких зерен пироксена и рудного минерала и незначительного количества светлобурого стекла. *n* стекла = 1.523.

Химический анализ этого базальта, произведенный Н. Н. Шавровой, дал следующие результаты:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO_2	51.62	0.860	CaO	9.15	0.163
TiO_2	0.53	0.007	Na_2O	3.00	0.048
Al_2O_3	18.57	0.182	K_2O	1.60	0.017
Fe_2O_3	3.19	0.020	P_2O_5	0.25	0.002
FeO	5.69	0.078	П. п. пр.	0.63	
MnO	0.14	0.002	Гигр.	0.43	
MgO	5.27	0.131			
100.07					

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Крупнопорфировый базальт. Обр. 212. Состоит из крупных вкрапленников плагиоклаза № 77 и более мелких оливина и малого количества моноклинного пироксена и рудного минерала. Основная масса — из микролитов основного плагиоклаза и очень мелких зерен пироксена и рудного минерала. Структура основной массы вследствие потокообразного расположения микролитов напоминает трахитовую.

Химический анализ этой породы, произведенный Шавровой, дал следующий состав:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO_2	52.90	0.881	CaO	8.88	0.158
TiO_2	1.09	0.014	BaO	0.00	—
Al_2O_3	17.20	0.169	Na_2O	3.34	0.054
Fe_2O_3	5.98	0.038	K_2O	1.80	0.019
FeO	4.49	0.063	P_2O_5	0.32	0.002
MnO	0.13	0.001	П. п. пр.	0.45	
MgO	3.35	0.083	Гигр.	0.17	
100.10					

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Андезит-базальт. Обр. 144. Порода состоит из мелких вкрапленников оливина и плагиоклаза № 68. Основная масса с гиалопилитовой структурой состоит из микролитов основного плагиоклаза, зерен моноклинного пироксена, сравнительно редких зерен рудного минерала и значительного количества буроватого стекла с *n*, меньше *n* канадского бальзама.

Содержание кремнекислоты в этой породе: SiO₂—54.72%.

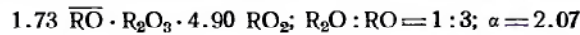
Андезит-базальт. Обр. 138. Вкрапленники небольших размеров: плагиоклаз № 68, гиперстен, моноклинный пироксен и рудный минерал. В основной массе с витрофировой структурой — редкие микролиты плагиоклаза и зерна и призмочки моноклинного пироксена. Главная масса состоит из сыпи рудного минерала и свежего бурого стекла с *n*, меньше *n* канадского бальзама.

Химический анализ этой породы, произведенный Шавровой, следующий:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	57.34	0.955	CaO	6.40	0.114
TiO ₂	0.51	0.006	Na ₂ O	3.48	0.056
Al ₂ O ₃	19.15	0.187	K ₂ O	2.70	0.029
Fe ₂ O ₃	1.36	0.009	P ₂ O ₅	0.37	0.003
FeO	4.95	0.068	П. п. пр. . .	0.55	
MnO	0.05	0.001	Гигр. . . .	0.20	
MgO	3.01	0.075			

100.07

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



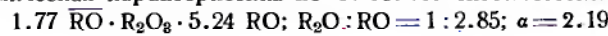
Крупнопорфировая лава Лавового Шиша, взятая с конца потока на восточном склоне подножия Ключевского вулкана, описана А. Н. Заварицким (1935—1).

Химический состав этой лавы, по анализу Н. В. Левенфиша, следующий:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	57.83	0.964	CaO	7.16	0.128
TiO ₂	1.38	0.017	Na ₂ O	4.29	0.069
Al ₂ O ₃	17.59	0.173	K ₂ O	1.56	0.017
Fe ₂ O ₃	2.20	0.014	P ₂ O ₅	0.63	0.004
FeO	4.84	0.067	H ₂ O+	0.30	
MnO	0.10	0.001	H ₂ O—	0.05	
MgO	2.12	0.053			

100.05

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левенсон-Лессингу:



Химический и минералогический состав лавы с самого Лавового Шиша, т. е. близ места выхода ее на земную поверхность, приведен выше (на стр. 80).

Группу пород базальты-андезиты Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1925, 1933) разграничивает на основании среднего процентного содержания кремнекислоты, магматической формулы и коэффициента кислотности, причем к базальтам относит те эффузивные породы, у которых коэффициент кислотности (α) находится в пределах от 1.42 до 1.88; к андезит-базальтам — породы с α от 1.86 до 2.15 и к андезитам — породы с α от 2.16 до 2.35.

Попутно следует отметить, что в недавно появившейся работе Н. Тсуя (1937) расчленяет излившиеся горные породы по метрической (если можно так сказать) системе. Он разбивает их по содержанию SiO₂ на семь типов:

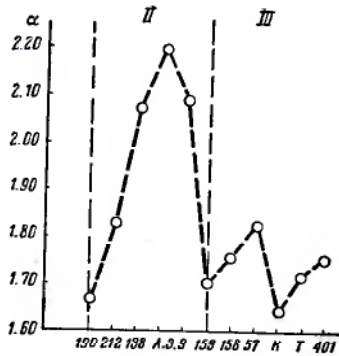
I. Меньше 50%	базальт
II. От 50 до 55%	андезито-базальт
III. " 55 " 60%	андезит
IV. " 60 " 65%	дацит-андезит
V. " 65 " 70%	дацит
VI. " 70 " 75%	липарито-дацит
VII. Больше 75%	липарит

Эта классификация, конечно, для механического запоминания удобна, но, кроме этого удобства, она не имеет другого, более глубокого обоснования.

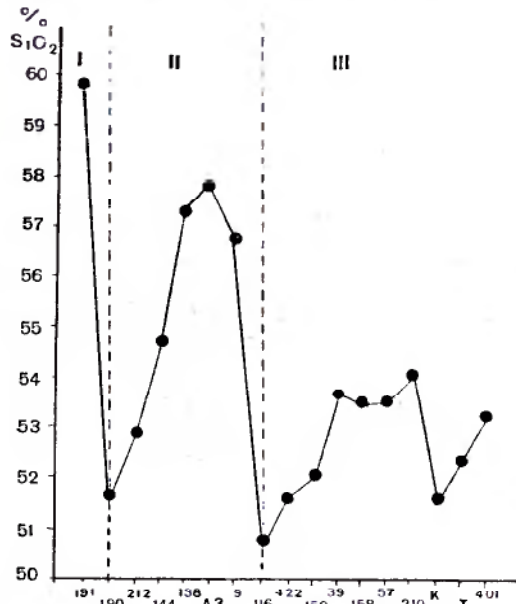
Возвращаясь к нашему разрезу, отметим, что породы образцов №№ 138 и 9 по коэффициенту кислотности относятся к андезито-базальту, но стоящему у границы с андезитом. Андезит же, описанный А. Н. Захаричем, близок к упомянутым породам и в особенности к породе № 9.

Таким образом, взаимоотношения этих пород показывает следующую смену лав: андезит — базальт — андезито-базальт — андезит и андезито-базальт.

На последние породы налагают уже лавы Ключевского вулкана: базальты, андезито-базальты и снова базальты. При объединении лавы Ближней Плоской сопки с лавами Ключевского вулкана получается картина последовательного изменения состава лав, особенно ясно выступающая на диаграммах (фиг. 37 и 38).



Фиг. 37. Последовательное изменение состава лав Ближнего Плоского и Ключевского вулканов



Фиг. 38. Последовательное изменение состава лав Ближнего Плоского и Ключевского вулканов

Наблюдается известная периодичность в изменении состава лав. С этой точки зрения можно расчленить все излияния на три или четыре цикла. В таком случае самое древнее излияние андезита будет относиться к концу I цикла. Конечно, нельзя определенно говорить, что это был первый цикл, так как подстилающая первый лавовый поток порода еще не обнажена. Правильнее говорить, что в данном случае обнажается порода, принадлежащая к $n + 1$ вулканическому циклу этой группы вулканов. Но для удобства будем говорить о первом и т. д. циклах.

Цикл II начался излиянием базальта и, проходя через андезито-базальтовую лаву, закончился андезитом и андезито-базальтом. Этим циклом II заканчивается вулканическая деятельность Ближней Плоской сопки.

Цикл III, который целиком относится к Ключевскому вулкану, начинается излиянием базальтов, которые сменились затем андезито-базаль-

тами. Последние сменились излияниями базальта, и, таким образом, начался цикл IV, который, может быть, правильнее считать второй фазой цикла III.

Интересно отметить, что из цикла в цикл идет пока уменьшение содержания кремнекислоты в породах. Так, в цикле I максимальное содержание SiO_2 — 59.83%, в цикле II — 57.83% и в первой фазе цикла III — 54.09%.

Таким образом, каждый последующий цикл или фаза заканчивалась все более и более основными породами. Каждый из этих циклов иллюстрируют обычную смену горных пород, от более основных к более кислым — от базальта к андезиту.

Ксенолиты в лаве Ближней Плоской сопки

На леднике Эрмана близ Ближней Плоской сопки в валунах крупнопорфирового базальта были обнаружены небольшие ксенолиты пород, залегающие на пути подъема этого базальта. Часть из них принадлежала к эффузивным породам основной магмы, а другая — к глубинным представителям той же магмы. К последним относятся ксенолиты габбро или, может быть, правильнее назвать, норита, так как порода ксенолитов состоит, главным образом, из плагиоклаза с 77% содержанием анортитовой молекулы и гиперстена. Кроме того, в одном ксенолите (обр. 213) наблюдался оливин, а в другом (обр. 214) — моноклинный пироксен, и как в первом образце, так и во втором — зерна рудного минерала. Структура этой породы кристаллически зернистая.

Порода возникла, вероятно, или глубоко в канале вулкана, или же при одной из неудавшихся попыток магмы прорваться на поверхность земли. Магма где-то на пути подъема застряла, не имея в данном случае достаточной энергии для излияния и спокойно кристаллизовалась в глубинных условиях. Через некоторое время произошел, может быть, из этого же очага новый, более сильный подъем магмы, которая прорвала залегающий на пути норит и излилась на земную поверхность.

О типе вулканов Ближняя и Дальняя Плоские сопки

В. С. Кулаков (1936—3), исходя из внешнего вида Ближнего и Дальнего Плоских вулканов, относит их к гавайскому типу.

Лично я, до более подробного изучения этого вулканического массива, воздерживаюсь от отнесения их к тому или другому типу вулканов.

ОСТРЫЙ ТОЛБАЧИК

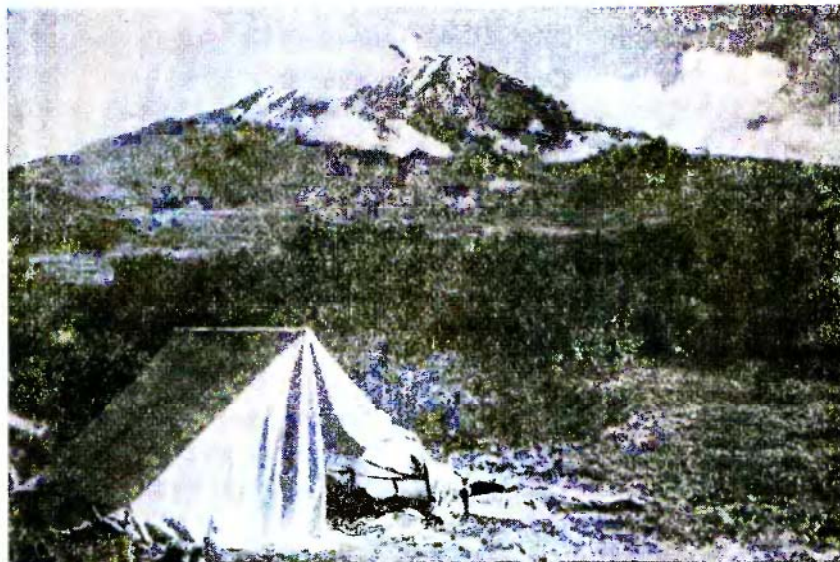
До работы Кулакова (1936—3) потухший вулкан Острый Толбачик и действующий вулкан Плоский Толбачик объединялись под одним названием вулкан Толбачик. Так, Конради (1925) считал, что некогда был один вулкан и что затем юго-восточная часть его опустилась, и современная вулканическая деятельность сосредоточилась на опустившейся плоской его части. Кулаков же считает, что в данном случае имеются два рядом расположенные генетически различные вулканы и дает каждому особое название: Острый Толбачик и Плоский Толбачик.

Острый Толбачик представляет собой конус высотой 3730 м (по определению Келля), расположенный в юго-западном углу всей группы вулканов (фиг. 39). С востока к нему примыкает Плоский Толбачик, высота которого около 3000 м.

На склонах Остро́го Толбачика—глубокие барранкосы, разделенные острыми гребнями. Юго-восточная сторона конуса разрушена и напоминает род крутого цирка, по которому спускается ледник. Вся остальная вершина конуса покрыта ледниково-снеговой шапкой.

Склоны, особенно юго-западные, прорезаны многочисленными ради-

ально расположенными дайками андезито-базальта. Останцы этих даек торчат среди отложений вулканического туфа мощными своеобразными колоннами, высотой от 10 до 50 м (фиг. 40). Они образуют мощную колоннаду или своеобразный забор.



Фиг. 39. Острый Толбачик. Фото В. Ф. Попкова



Фиг. 40. Останцы дайки. Острый Толбачик. Фото В. Ф. Попкова

Лавы Острого Толбачика, судя по тем немногочисленным обнажениям, какие удалось осмотреть, принадлежат к андезито-базальтам. Пирокластические образования развиты довольно значительно. В обломках последних наблюдается как базальт, так и андезит.

Острый Толбачик должен быть отнесен к стратовулканам.

ПЛОСКИЙ ТОЛБАЧИК

Строение поверхности

Действующий вулкан Плоский Толбачик представляет собой вулканическую гору высотой около 3000 м, напоминающую небольшой хребет с притупленной, слегка округленной вершиной. В западной своей части эта гора сливается с Острым Толбачиком.

Длина вершины Плоского Толбачика около 4 км, ширина около 2 км (цифры ориентировочные, так как топографическая съемка вершины вулкана еще не произведена). Вся вершина, за исключением небольшого пятна в юго-западной части, которое представляет собой кратер вулкана, покрыта сплошным ледником.



Фиг. 41. Кратер Плоского Толбачика. Фото В. Ф. Попкова

Кратер Плоского Толбачика расположен у самого юго-западного края вершины.

На всех склонах, кроме склона близ кратера, наблюдаются барранкосы, в верхней части которых на северном и восточном склонах спускаются небольшие ледники, а на южном — небольшие снеговые пятна.

Подшовой Плоского Толбачика с северной стороны служит его большой лавовый поток, занимающий пространство между северными склонами Плоского Толбачика, Плотиной и южными склонами Дальней Плоской сопки. Абсолютная высота этого потока около 1200 м.

Южный склон Плоского Толбачика представляет собой в центральной части род небольшого горба, начинающегося от кратера и относительно полого спускающегося в юго-западном направлении. От конца барранкоса на крутых склонах вулкана и по обе стороны горба склоны полого спускаются в юго-восточном, южном и юго-западном направлении к р. Толбачик.

На северном склоне сравнительно мало паразитических кратеров. Несколько больше их сконцентрировано в северо-восточном направлении. Южные же склоны отличаются обилием паразитических кратеров и по-

бочных вулканов, особенно их много расположено в юго-юго-западном направлении.

Склоны подножия Плоского Толбачика залиты огромными лавовыми потоками. Они образуют и лавовые поля и длинные потоки, простирающиеся по разным направлениям на несколько десятков километров. На южном склоне между более молодыми лавовыми потоками встречаются отложения лапилли, вулканического песка и пыли. Последние прикрывают более древние лавы.

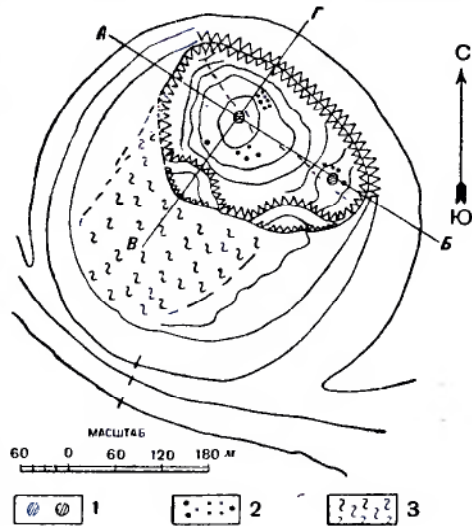
Вершина Плоского Толбачика под ледником состоит из перемежающихся полос лавовых потоков и вулканических пирокластических образований.

Кратер вулкана, как уже упоминалось, находится в юго-западной части вершины (фиг. 41 и 42). Он представлял собой при нашем посещении (13 августа 1936 г.) площадку диаметром около 300 м, покрытую в центральной части волнистой лавой, а по краям — вулканическим песком (Влодавец, 1937—3). В северо-восточной части за этой площадкой — провал глубиной около 100 м (определение глубин было сделано на-глаз). Верхний контур провала имеет неправильную форму, приближающуюся к овальной. Размеры его около 300 × 150 м (фиг. 43 и 44).

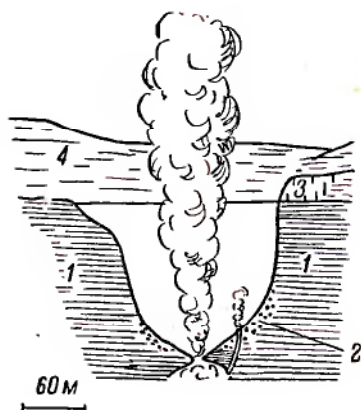
Кратер вместе с провалом окружен с юго-запада и запада лавовым валом, а с севера, северо-востока и востока — ледником, который над провалом поднимается отвесной стеной на высоту около 20 м. Стенки провала сложены лежащими друг на друге маломощными лавовыми потоками. Северо-восточная и восточная стенки на глубину больше 50—60 м почти вертикальные. Ниже у северо-восточной стенки имеется снеговой, смешанный с песком и камнями язык, спускающийся далее вниз. В северо-западной стенке — обрыв на глубину около 20 м, сменяющийся затем крутой осыпью, представляющей, по видимому, снеговой язык, переполненный песком и камнями. По цвету он не отличается от песчаной осыпи. Западная стенка представляет собой обрыв глубиной от 50 м. Ниже его — осыпь, подобная предыдущим. В южной части провала в двух местах — уступы. Характер одного из уступов виден на разрезе (фиг. 43). Сверху вниз сначала идет небольшой обрыв в 1—2 м, потом относительно пологий скат, затем обрыв глубиной около 50 м и далее, наконец, скат к жерлу.

Вышеупомянутые осыпи и снеговые языки образуют чашу, на дне которой имеются два жерла, причем западное жерло находится в самой нижней части чашеобразного углубления, а восточное — несколько выше (фиг. 44) и у самой восточной стенки.

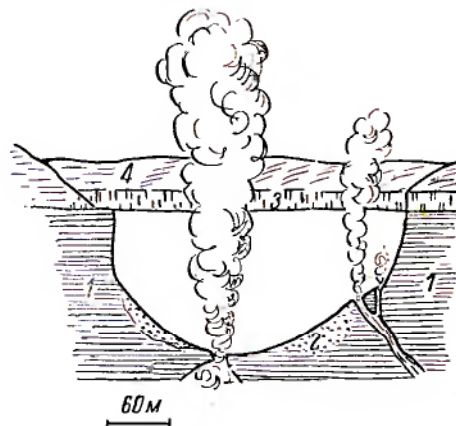
Около западного жерла и были расположены, главным образом, фумаролы. Западное жерло овалообразного сечения с приблизительными размерами 3 × 2 м, определенными на-глаз. Глубина канала жерла в западной части около 1 м, а в северо-восточной — около 2 м. Под каналом в северо-восточной и западной сторонах — пещерообразное углубление. Распространяется ли оно в восточную и южную стороны, проследить не удалось из-за выделяющихся все время из этого жерла пара и газов.



Фиг. 42. Схематический план кратера вулкана Плоский Толбачик
1—жерла; 2—фумаролы; 3—лава

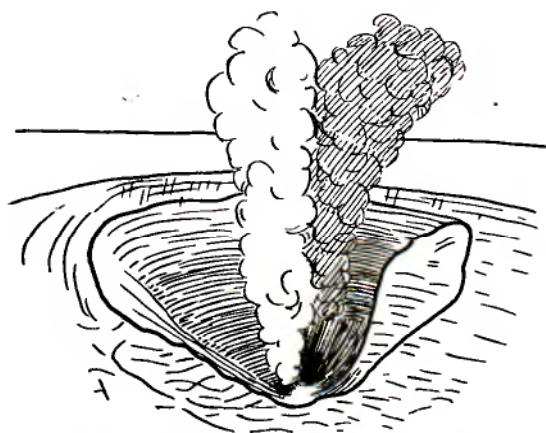


Фиг. 43. Разрез колодцеобразного провала кратера по линии ВГ
1—лавовые потоки; 2—осыпи; 3—ледник;
4—снеговой покров



Фиг. 44. То же по линии АБ на фиг. 42
1—лавовые потоки; 2—осыпи; 3—ледник;
4—снеговой покров

Восточное жерло имеет сечение, приближающееся к правильному кругу, диаметром около 2 м. Канал жерла наклонен к востоку. В видимой части канала не было заметно пещерообразного расширения.



Фиг. 45. Одновременное выделение из западного жерла только газов и пара, а из восточного жерла—вулканического песка и пыли вместе с газообразными продуктами

Вокруг западного жерла и поблизости его были видны пятна лимонно-желтого, белого и вишнево-коричневого цвета. Около восточного жерла наблюдалась только вишнево-коричневая окраска, получавшаяся от образования минералов окислов железа.

Во время нашего пребывания пар и газы белого цвета с синеватым оттенком интенсивно выделялись из западного жерла. Восточное же жерло слабо парило, и только в течение 10 мин., от 10 ч. 30 м. до 10 ч. 40 м., выделения стали достаточно интенсивными. В 10 ч. 30 м. внезапно начали сильно выделяться газы и пар вместе с вулканическим песком и

пылью вишнево-коричневого цвета. Через минуту, т. е. в 10 ч. 31 м., послышался подземный гул. Часть вулканического песка осела на северо-восточном склоне кратера и образовала красивую вишневую полосу, ярко выделяющуюся на чистом белом снегу. В 10 ч. 40 м. интенсивность выделений из восточного жерла ослабела и стала такой же, какой была до 10 ч. 30 м., причем цвет выделений принял прежний синеватый оттенок. Интенсивность и цвет газообразных выделений из западного жерла в это время оставались без изменения. Из него все время энергично выделялись синевато-белые газы и пар (фиг. 45).

Таким образом, изменение по силе и составу газообразных и твердых вулканических выделений из восточного жерла никак не отразилось на выделениях из западного жерла, несмотря на то, что расстояние между ними всего около 100 м.

Естественно предположить, что в данном случае имеются два не-сообщающихся бассейна расплавленной лавы. Однако необходимо принять во внимание, что эти два канала слишком близко расположены друг к другу, чтобы у каждого был свой независимый бассейн. В данном случае правильнее сделать другое предположение, а именно, что оба канала питает один бассейн, но что он как-то так расчленен, что отдельные участки его до известной степени могут быть автономны в своих действиях.

Схематический разрез (фиг. 46) иллюстрирует одно из наиболее вероятных предположений, объясняющее вышеописанную деятельность кратера Плоский Толбачик. Как видно на разрезе, кратер сообщается с бассейном расплавленной лавы двумя путями. Верхняя часть бассейна разделена перегородкой из твердой лавы. Верхняя поверхность расплавленной лавы или ее отвердевшей, но еще горячей корки находится на одном уровне. Верхняя площадь западной части, судя по интенсивности выделения газов и пара, должна быть значительно больше, чем в восточной части. Под небольшой по площади, но плотной и относительно крепкой лавовой коркой накапливались газы, которые, достигнув определенной силы, взрывали ее и вырывались на поверхность земли, вынося с собой и раздробленные частицы этой корки. Возможно, что поверхность лавовой корки, через трещины которой поднимались пар и газы, была засыпана осыпями из стенок канала, которые, слежавшись, образовали плотную и достаточно крепкую перегородку — пробку. Последняя до тех пор не давала выхода газам, пока сила выделявшегося газа не стала больше прочности этой пробки и не разрушила ее.

В 12 ч. 20 м. из западного жерла еще сильнее стали выделяться пар и газы, а с 13 ч. 40 м. и восточное жерло заработало интенсивнее, хотя и отставало значительно от западного.

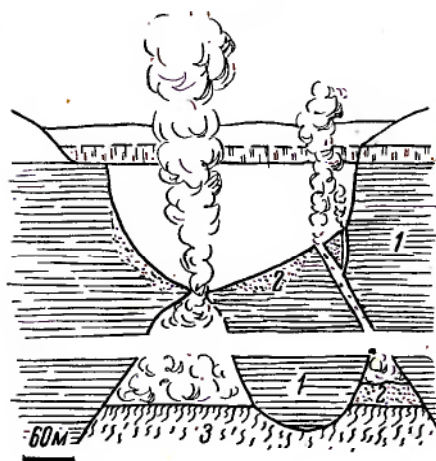
Это усиление газообразных выделений, по видимому, связано с усилением к полдню таяния снега и льда и со стоком воды в жерла.

По запаху можно было различить присутствие, главным образом, SO_2 и отчасти HCl .

Паразитические кратеры и побочные вулканы

Из всех вулканов Ключевской группы наибольшее количество паразитических кратеров имеется у Плоского Толбачика. Последние расположены как с северной, так особенно с южной стороны, причем на северной стороне они группируются, главным образом, в восточно-северо-восточном направлении, а на южной — в юго-юго-западном. В последнем направлении они очень густо расположены, как это видно на карте (фиг. 29). Тем не менее в их расположении виден известный порядок. Большая часть их группируется по радиусам, идущим от Плоского Толбачика как от центра.

Вокруг Плоского Толбачика находится около 120 побочных вулканов и паразитических кратеров, причем некоторые из них удалены на



Фиг. 46. Гипотетическое представление внутреннего строения кратера Плоский Толбачик

1 — лавовые потоки; 2 — осыпи; 3 — расплавленная лава

значительное расстояние. Не останавливаясь подробно на описании всех паразитических кратеров Плоского Толбачика, отметим некоторых типичных представителей их.

Главная масса паразитических кратеров, как уже отмечалось, сосредоточена в юго-юго-западном направлении от кратера Плоского Толбачика. Эта полоса так густо усеяна ими, что очень часто края одного кратера соприкасаются с краями другого, а в отдельных случаях и получается как бы один длинный кратер. Примером может служить кратер *Перманентный*. Последний собственно состоит из семи отдельных кратеров, расположенных по одной линии, вытянутой на юго-юго-запад. Эти семь кратеров окаймлены с восточной и западной сторон более высокими краями. Между же самими кратерами находятся валы значительно меньшей высоты, чем восточная и западная стенки. Это обстоятельство объясняется очень близким расположением друг к другу каналов этих кратеров и одновременностью их действия.

Среди паразитических образований на склонах Плоского Толбачика преобладает взрывной тип. Большинство их сложено из шлака, шлаковой дресвы, лапилли и вулканического песка. Однако встречаются и другие образования, которые можно отнести к взрывно-эффузивному типу. Примерами последнего могут служить кратеры *Озерный*, *Провальный* и др. *Провальный* состоит из двух кратерных углублений — северного и южного. Края и склоны обоих кратеров сложены из рыхлых вулканических продуктов, но, кроме того, из северного кратера через открытый на север край его излился небольшой поток лавы. В данном случае взрывная стадия образования конуса *Провального* закончилась излиянием лавы, т. е. эффузивной стадией вулканической деятельности.

Среди паразитических образований следует отметить и наличие маар, например воронкообразный кратер № 36, дно которого расположено на 50 м глубже поверхности земли, а края поднимаются на 18 м над поверхностью. Кратер и края его сложены из обломков шлака и вулканического песка. Образование этого кратера можно объяснить только газовым взрывом.

Кроме этого, на лавовых потоках в некоторых местах были обнаружены горнитосы высотой 3—4 м и в поперечнике у основания 1.5—2 м, а также лавовые пузыри. На фиг. 47 изображен один из таких пузырей. Он может служить естественной палаткой — в нем свободно поместятся два человека.

Эти образования свидетельствуют как о большей жидкоплавкости лавы Плоского Толбачика, так и о значительном содержании в ней газообразных веществ.

Лавовые потоки

Плоский Толбачик отличается как наибольшим количеством паразитических кратеров, так и наибольшим развитием лавовых полей. Как уже упоминалось, огромный лавовый поток наблюдается к северу от вулкана. Другой находится к востоку, причем тек он вначале на северо-восток до склонов *Зиминой* сопки, а затем вдоль ее склонов на восток, по долине между этой сопкой и сопкой *Большая Удина*. Наблюдаются лавовые потоки и на западном склоне. Но главная масса их расположена с южной стороны Плоского Толбачика; здесь некоторые лавовые потоки прослеживаются на десятки километров, и, собственно говоря, нами они не были прослежены до конца.

Лавовые потоки изливались как из главного кратера Плоского Толбачика, так и из некоторых паразитических кратеров.

Среди этих лавовых потоков наблюдаются потоки как типа *аа*, так и волнистые лавы, но преобладают, пожалуй, первые.

В литературе в отношении образования различных типов лав известны следующие мнения.

Washington (1923) объясняет образование этих лав различием химического состава и температурой излияния. В волнистой лаве отношение закиси железа к окиси железа всегда больше, чем в глыбовой лаве, и, кроме того, первая изливается при более высокой температуре, чем вторая. В волнистой лаве, кроме того, содержится меньшее количество газа.



Фиг. 47. Лавовый пузырь. Фото В. Ф. Попкова

Тиррель (1932) отмечает, что пузыристость обоих типов лав значительно отличается друг от друга: «В глыбовой лаве пустые полости являются большими и неправильной формы, а в волнистых (тягучих) лавках они меньше, более многочисленны и имеют правильную форму, будучи главным образом сферическими. Общий объем промежутков, занимаемых пузырьками, больше в волнистой лаве, чем в глыбовой».

В. Эйтель (1936) обращает внимание на совершенно отчетливое влияние вязкости на характер застывания лав: «Так, замечательное различие, которое наблюдается между аа и пахэухэу лавами, объясняется, согласно Вашингтону, отнюдь не только разницей в их химическом составе — она по Джаггару совершенно незначительна, но главным образом значительно большей текучестью лав, происходящей от повышенного содержания газов, и более скорой поэтому их кристаллизацией. Лавы пахэухэу — это, наоборот, массы, быстро теряющие свои газы; жидкость их, вследствие этого, с падением температуры при извержении очень быстро уменьшается; кристаллизация весьма затруднена. Они, таким образом, богаты обыкновенным стекловатым базисом. Когда, напротив того, и лавы пахэухэу начинают кристаллизоваться при достаточной еще подвижности их базиса, то нередко в природе наблюдаются переходы их в аа-лавы, но никогда обратно. Разницу в вязкости у обоих типов лав Вашингтон формулирует в нижеследующих основных положениях:

«При охлаждении аа-лав их текучесть на большом промежутке времени уменьшается лишь очень незначительно; лава течет при этом подобно глетчерному льду; затем, с дальнейшим понижением температуры,

текучесть внезапно падает до очень малой величины, в той же мере, как внезапно доходит до конца и выделение газов; все закристаллизовывается.

При охлаждении пахэухэу лав текучесть, напротив того, сразу же и очень быстро уменьшается с температурой; весьма вязкий вследствие этого расплав не может кристаллизоваться, и он застывает в виде стекла. В соответствии со сказанным находится правило, установленное Меркалли на лавах Везувия и состоящее в том, что очень вязкие, бедные газами и стеклообразно застывающие лавы относятся именно к типу пахэухэу; лавы же, богатые газами, быстро текущие и застывающие в виде глыб целиком или почти целиком, в кристаллическую массу, представляют собой аа-тип».

Finch (1933), а за ним Jones (1937) различают три типа лав: аа, глыбокую и пахэухэу, причем аа-лавы характеризуются неровной шлаковой поверхностью обломков (глыб), глыбовая лава имеет гладкие разломы, а пахэухэу обладает относительно гладкой поверхностью. Вязкость глыбовой лавы обычно значительно больше, чем у аа-лавы на месте ее выхода на дневную поверхность.

Jones отмечает, что потоки аа-лавы обыкновенно находятся на более крутых склонах, в то время как пахэухэу чаще встречается на более пологих склонах Гавайских островов. Этот автор считает, кроме того, что все потоки лав близки к смешанному типу. Некоторые пахэухэу-лавы смешаны на своих более крутых участках с площадками аа-лавы, приближающейся к глыбовой лаве. Волнистая лава образуется вблизи устья и становится аа-лавой при быстром движении по крутому склону при температуре, близкой к затвердеванию.

Эмерсон указывает, что пахэухэу-лава образуется при спокойном охлаждении, а аа, — при охлаждении в процессе движения.

Джаггар же отмечает, что аа-лава быстро образуется в определенную стадию охлаждения.

Что касается лав Плоского Толбачика, то они отличаются большой текучестью, о чем свидетельствуют огромные по площади и длине лавовые потоки.

Наблюдается также выше отмеченное явление, что волнистые лавы образуются ближе к выходу их на дневную поверхность. Так, площадка в кратере Плоского Толбачика сложена из волнистой лавы.

Большие нагромождения обломков (блоков) лавы, особенно характерные в лавовых потоках Киргурича, Туйлы и Биокося, повидимому, можно истолковать в смысле Эмерсона, т. е. что потоки раздробились на обломки и образовали тип аа-лавы в процессе движения.

В отношении же лавовых потоков, разбитых на ненагроможденные друг на друга глыбы, надо предположить, что они содержали несколько меньше газа, чем аа-лавы, и переходили в твердое состояние уже после остановки их движения.

Первое микроскопическое описание одной из лав Толбачинского вулкана — гялобазальта — было дано Ф. Ю. Левинсоном-Лессингом свыше 40 лет назад (1895).

Следующее описание было дано в 1935 г. А. Н. Заварицким, который различает пять типов лав вулкана Толбачика, причем различие их заключается, главным образом, в структуре и в относительном количестве и размерах вкрапленников. Не останавливаясь подробно на описании всех разновидностей лав Плоского Толбачика, отметим три наиболее резко отличающиеся разновидности: крупнопорфировый базальт, представляющий собой наиболее распространенный тип лавы, базальт с большим количеством вкрапленников и микровкрапленников цветных минералов и андезит.

Крупнопорфировый базальт (обр. 243) — с сравнительно редкими более крупными вкрапленниками плагиоклаза № 75 и более мелкими

вкрапленниками оливина и моноклинного пироксена. В основной массе — микролиты основного плагиоклаза, мелкие зерна оливина и моноклинного пироксена, сыпь рудного минерала и небольшое количество буроватого стекла. Структура основной массы напоминает трахитовую вследствие потокообразного расположения микролитов.

Химический состав этого базальта, по анализу Шавровой, следующий:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	50.29	0.838	CaO	7.42	0.132
TiO ₂	1.02	0.013	Na ₂ O	2.89	0.047
Al ₂ O ₃	19.60	0.192	K ₂ O	1.79	0.019
Fe ₂ O ₃	2.23	0.014	P ₂ O ₅	0.15	0.001
FeO	6.76	0.094	П. п. пр. . .	1.34	
MnO	0.14	0.002	Гигр. . . .	0.37	
MgO	5.63	0.141			

99.63

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Эта порода типична почти для всех более молодых лав Плоского Толбачика. Несколько иной состав имеет лава кратера Провального.

Под микроскопом наблюдается очень большое количество мелких вкрапленников, главным образом моноклинного пироксена и в подчиненном количестве оливина, заключенных в основную массу, состоящую из мелких микролитов основного плагиоклаза, сыпи рудного минерала и незначительного количества стекла.

Данная лава интересна тем, что в первую стадию кристаллизации выделились исключительно цветные минералы (пироксен и оливин, т. е. главным образом магниевые минералы), а во вторую — микролиты плагиоклаза и рудный минерал.

Содержание в лаве Провального SiO₂—49.78%.

Андезит (обр. 290) состоит из вкрапленников плагиоклаза № 40, красноватого гиперстена и незначительного количества более мелких вкрапленников оливина и моноклинного пироксена. Основная масса состоит из мелких микролитов плагиоклаза, редкой сыпи рудного минерала и светлобурого стекла с *п*, меньшим *п* канадского бальзама.

Таковы типичные лавы Плоского Толбачика. Что касается последовательности изменения состава лав этого вулкана, то, согласно наблюдениям над обнажениями на восточном его склоне, она представляется в следующем порядке. Наиболее древней (прослеженной в этом обнажении) лавой является базальт. Он покрыт андезито-базальтом и затем андезитом. Андезитовая лава сменилась снова излиянием базальта.

Твердые вулканические выбросы

Вулкан Плоский Толбачик и его побочные и паразитические кратеры отличаются разнообразием и обилием твердых вулканических выбросов. Здесь наблюдаются вулканические бомбы, микробомбы, лапилли, вулканический песок и пыль и волосы Пеле.

Волосы Пеле. Наличие их у кратера Плоского Толбачика отметил впервые Кулаков (1936—3). Волосы Пеле встречаются на южном склоне, начиная с высоты 2360 м и до вершины вулкана. Максимальная длина их, обнаруженная нами, была 11 см. Происхождение этих волос Пеле двоякое. Они образовались или из очень пузыристых крупных вулканических бомб, или из мелких, очень жидкоплавких капель лавы, вытянувшихся в полете в тонкую нить толщиной в 0.1 мм и меньше.

Лапилли. Около самого провала в кратере Плоского Толбачика находятся оригинальные лапилли, состоящие, главным образом, из крупных кристаллов плагиоклаза № 65. Эти лапилли представляют собой сростки серых кристаллов плагиоклаза величиной в грецкий орех, между которыми иногда наблюдаются небольшие примазки черного стекла; эти последние иногда почти совершенно отсутствуют.

Кристаллы плагиоклаза выкристаллизовались в магме при температуре кристаллизации лабрадора, т. е. около $1300\text{--}1400^\circ$, или под влиянием присутствующих газов, при несколько более низкой температуре. Они кристаллизовались или отдельными кучками, подобно тем скоплениям кристаллов, которые наблюдаются в породах сгломеропорфировой структурой, или же образовали своеобразную более или менее сплошную сетку, в промежутках которой остался жидкий, более легкоплавкий остаточный расплав.

Надо думать, что при движении магматического расплава — лавы — на пути к отверстию кратера была остановка. Эта задержка создала более или менее спокойные условия кристаллизации, приближающиеся к условиям кристаллизации глубинных изверженных пород.

Под влиянием ли общего давления вновь поднимающейся из магматического очага лавы, или под влиянием выделяющихся газов, их многочисленных толчков, плагиоклазовая сетка (если кристаллы плагиоклаза образовали сетку) раздробилась на мелкие куски. После этого, вне зависимости от того обстоятельства, какие это были образования — раздробленные куски или кучкообразные скопления, — они на своем пути к поверхности расплавленной лавы под влиянием, главным образом, механических усилий (в частности трения) приняли округлую форму. Последовавшие затем сильные газовые выделения или взрывы выбросили эти округлые плагиоклазовые кристаллы на поверхность кратера.

Таким образом, получилось своеобразное частичное отделение вещества основного плагиоклаза от остальной части базальтового магматического расплава. Этот факт говорит не только о выбрасывании кристаллов плагиоклаза, так как выделение вулканами отдельных кристаллов давно известно. Так, вулканы Эйфеля выбрасывали кристаллы слюды, Этна — кристаллы авгита, Папандаян — кристаллы оливина. Это явление, кроме того, иллюстрирует «всплывание» основного плагиоклаза в базальтовой магме.

Следует отметить, что удельный вес стекла основной массы, взятого из выброшенной близ провала кратера Плоского Толбачика пенообразной хрупкой вулканической бомбы, равняется 2.747 ± 0.007 , в то время как теоретический удельный вес плагиоклаза № 65 равняется 2.715.

Известно, что у петрографов существуют различные мнения по этому поводу. Так, например, Bowen (1928) считает, что кристаллы основного плагиоклаза должны тонуть, правда, в условиях образования интрузивных горных пород. Другие же, как А. А. Полканов и Shand (1937), считают, что кристаллы плагиоклаза должны всплывать и действительно всплывают в базальтовой магме.

В приведенном случае подъем кристаллов основного плагиоклаза происходил не только под влиянием разности удельных весов, но, главным образом, благодаря газовым толчкам или газовой флотации. Подъем кристаллов и механическое отделение их от расплава происходили в данном случае, конечно, не в большом масштабе, но тем не менее этот пример ясно говорит о возможности кристаллизационной дифференциации подобным путем.

Вулканические бомбы. Как уже отмечалось, Плоский Толбачик и его паразитические и побочные кратеры отличаются большим разнообразием и обилием вулканических бомб.

Среди них наблюдаются как бомбы величиной в человека, так и очень маленькие — микробомбы — длиной в 1—2 см. Последние отличаются от лапилли своей более или менее правильной формой. Микробомбы были обнаружены веретенообразной, сплюсненной, эллипсообразной и шарообразной форм.

Значительно большим разнообразием форм характеризуются вулканические бомбы более крупных размеров. Среди них особенно отличаются бомбы причудливых форм. Возникновение их объясняется, с одной стороны, большой жидкоплавкостью базальтовой лавы этого вулкана, а с другой, состоянием верхней лавовой поверхности в кратере. Особенно характерным и наглядным примером такого образования является бомба из кратера Провального. Она представляет собой как бы прокатанную ленту, украшенную сплошными карнизам. О ее виде можно составить себе представление по фиг. 48.



Фиг. 48. Ленточная вулканическая бомба $\frac{1}{4}$ нат. вел.

Среди причудливых форм можно отметить такие формы, как кисть руки, изогнутый разрезной нож и др. Следует также упомянуть одну из бомб кратера № 14, интересную как по форме, так и с точки зрения ее генезиса. Она напоминает собой отчасти торпеду, отчасти комету.



Фиг. 49. Вулканическая бомба $\frac{1}{8}$ нат. вел.

Первая половина ее представляет собой, как это видно на фиг. 49, эллипсоидообразную бомбу, вторая же половина, более тонкая, напоминает растрепанный, несколько вытянутый хвост. Образовалась эта бомба, вероятно, следующим путем. Жидкий ком лавы, вылетев из кратера, принял форму эллипсоида. После того как наружная его оболочка отвердела, в бомбе образовалась поперечная трещина, вследствие чего задняя половина оболочки еще в полете отлетела. Внутри бомбы лава была еще жидкой. В дальнейшем полете эта часть бомбы приняла удлиненную, несколько лохматую, напоминающую хвост форму.

Не описывая подробно всех бомб, необходимо еще отметить, что среди разнообразных причудливых форм наблюдаются, кроме обычных, еще усложненные винтообразные, усложненные спиралеобразные, усложненные прокатанные полосы, изогнутые с отворотами, веерообразные и т. п.

Внимания заслуживают еще хрупкие бомбы, наблюдавшиеся только в кратере Плоского Толбачика. По своей форме они приближаются то к шарообразным, то к эллипсоидальным. Обыкновенный размер их 15—20 см по длинной оси, изредка 25—30 см. По внешнему виду они представляют собой тонкую, более или менее сплошную стеклянную корку темносерого цвета с редкими крупными вкрапленниками плагиоклаза. Под этой коркой заключается очень пузыристая стеклянная масса. Внутри же центральная часть бомбы представляет собой или пустоту или массу еще более пузыристую, чем внешняя оболочка. В последнем случае перемычки бывают и нитеобразные и такие тонкие, как волосы Пеле.

Эти вулканические бомбы очень хрупкие. Небольшое механическое воздействие на них вызывает распадение их то на более мелкие, то на более крупные куски. Образовались эти бомбы из очень богатой газами основной лавы (SiO_2 в стекле этих бомб 49.90%), вероятно, из лавовой пены, если таковая существует.

После рассмотрения вулканических бомб Ключевского вулкана и Плоского Толбачика, т. е. вулканов, наиболее богатых разнообразными бомбами, следует отметить, что классификацию вулканических выбросов Реск, приведенную несколько выше, с точки зрения формы следует дополнить причудливыми формами, и развить с точки зрения воздействия различных факторов, влияющих на форму вулканических бомб, исходя из состояния верхней поверхности лавы в канале или в кратере вулкана, которая может быть жидкой или твердой, а если твердой, то сплошной или трещиноватой.

Лентообразные или полосообразные вулканические бомбы могут образоваться только путем энергичного выжимания жидкоплавкой лавы сквозь трещинки уже твердой лавовой корки.

О типе вулкана Плоский Толбачик

В каталоге вулканов Камчатки (1932) и в работе Кулакова (1936—3) Плоский Толбачик отнесен к гавайскому типу. Большие потоки лавы, типа аа и пахэухэу, волосы Пеле, и провальный (колодцеобразный) вид кратера являются с точки зрения этого автора характерными признаками, достаточными, чтобы отнести этот вулкан к гавайскому типу.

На ряду с этими явлениями наблюдаются и другие, как, например, наличие туфобрекчиевых прослоек между лавовыми потоками, наличие на южных склонах достаточного количества рыхлых вулканических продуктов и главное — отсутствует лавовое озеро. Последнее является характерным признаком для гавайского типа деятельности.

Плоский Толбачик точно не подходит ни к одному типу вулканов. Ближе всего, пожалуй, он стоит к смешанному типу по классификации Wolff (1914).

БОЛЬШАЯ УДИНА

Потухший вулкан Большая Удина, высота которого, по определению Келля, равна 2951 м, расположен к юго-востоку от Плоского Толбачика.

По своей форме сопка Большая Удина представляет собой усеченный конус при взгляде на нее с востока или запада и почти острый конус при взгляде с севера (фиг. 50). Склоны Большой Удины рассечены барранкосами. Вершина сопки, образующая наверху небольшую площадку, занята ледником. От него по ущельям барранкос спускаются небольшие ледниковые языки.

На южном склоне в зоне лесной растительности, примерно близ границы ее с альпийской растительностью, находятся ясно выраженные, ранее уже отмеченные Конради, конечные морены. На этом же склоне между моренами и главным телом вулкана имеется небольшая, не особенно правильная по форме сопка, называемая местным населением «сопкой Степан Степаныча», а на юго-восточном склоне — конусообразная сопочка, не имеющая названия.



Фиг. 50. На заднем плане Большая Удина. Фото В. Ф. Псикова

Вулканическая деятельность Большой Удиной сопки началась, как это отметил Конради, извержением рыхлых вулканических продуктов и закончилась рядом излияний лав.

Среди лав преобладают андезиты как гиперстеновые, так и двупироксеновые (гиперстено-пироксеновые), что уже отметил А. Н. Заварицкий (1935—1). Но, кроме этих лав, наблюдаются еще и роговообманково-гиперстеновые андезиты, а также пироксено-гиперстено-оливиновый андезито-базальт.

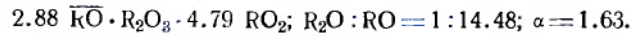
Что касается последовательности изменения состава лав, то она выражается для Большой Удины по тому материалу, который нам удалось собрать, следующей сменой лав: гиперстеновый андезит, затем андезито-базальт и, наконец, роговообманково-гиперстеновый андезит.

Среди андезитовых лав наблюдаются относительно довольно часто ксенолиты величиной в кулак и меньше. Один из таких более крупных ксенолитов был подвергнут более подробному изучению. По внешнему виду он представляет среднезернистую глубинную породу, состоящую из кристаллов плагиоклаза и роговой обманки. Минералогическое исследование показало, что плагиоклаз в этой породе очень основной — № 85, а цветные минералы состоят из остатков моноклинного пироксена, окруженного роговой обманкой. По краям последней мутная каемка, состоящая из мелких зерен рудного минерала и других продуктов разрушения роговой обманки или пироксена. Местами на границе с роговой обманкой образуется биотит.

Эта порода (обр. 228) была подвергнута химическому анализу. Анализ, произведенный Шавровой, дал следующие результаты:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	50.28	0.837	CaO	10.24	0.183
TiO ₂	0.94	0.012	Na ₂ O	1.61	0.026
Al ₂ O ₃	15.72	0.154	K ₂ O	0.66	0.007
Fe ₂ O ₃	3.63	0.023	P ₂ O ₅	0.10	0.001
FeO	7.80	0.108	П. п. пр. . .	0.86	—
MnO	0.09	0.001	Гигр. . . .	0.20	—
MgO	7.73	0.193			
99.86					

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Хотя минералогически эта порода не точно соответствует габбро, но по химизму ее можно отнести к нему. Таким образом, на пути между магматическим очагом сопки Большая Удина и самой сопкой залегает основная глубинная порода — габбро. Эта порода несколько отличается от габбро в ксенолитах лав Ближней Плоской сопки. Последняя, как уже выше упоминалось, состоит из плагиоклаза № 77, гиперстена и рудного минерала; кроме того, встречаются оливин и моноклинный пироксен.

Вулкан Большая Удина можно отнести к стратовулканам с преобладанием в начале его жизни эксплозивной, а в конце — эффузивной деятельности.

МАЛАЯ УДИНА

Сопка Малая Удина — потухший вулкан. По абсолютной высоте это самый низкий вулкан в Ключевской группе. Келья определяет высоту Малой Удиной в 2061 и 2000 м.

Этот вулкан представляет собой довольно правильный конус с сильно развитыми барранкосами (фиг. 51).



Фиг. 51. Малая Удина

Хотя Конради, описывая сопки Большую и Малую Удины, считает их не особенно интересными, однако более подробное изучение Малой Удиной показало, что этот вулкан вызывает некоторый, а может быть, и особый интерес.

Вулканическая деятельность Малой Удиной, подобно Большой Удиной, началась с извержения рыхлых вулканических продуктов и закончилась изливанием лав. На склонах, особенно юго-западном, еще сохранились в настоящее время останцы рыхлых вулканических образований то в виде столбов, то в виде причудливых фигур, напоминающих корабль или туловище верблюда (фиг. 52). Обнажения лав наблюдаются близ самой вершины, примерно с высоты 1500 м и выше.



Фиг. 52. Останец туфобрекчии на склоне Малой Удиной

Интересно отметить, что в то время, как материал ранее образовавшихся рыхлых продуктов является андезитовым, более поздняя лава, обнажающаяся на юго-юго-западном гребне между барранкосами, является базальтовой.

Химический состав этого базальта (обр. 256), по анализу Шавровой, следующий:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	51.83	0.863	CaO	8.89	0.159
TiO ₂	0.84	0.010	Na ₂ O	2.61	0.042
Al ₂ O ₃	17.48	0.172	K ₂ O	1.54	0.016
Fe ₂ O ₃	7.36	0.046	P ₂ O ₅	0.16	0.001
FeO	2.90	0.040	П. п. пр. . .	0.32	
MnO	0.18	0.002	Гигр. . . .	0.18	
MgO	5.56	0.139			

99.85

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Таким образом, этот базальт соответствует типичному базальту, но имеет одну особенность — преобладание окиси железа над закисью. Последнее обстоятельство объясняется почти полным замещением вкрапленников пироксена и, возможно, оливина окислами железа.

Порода состоит из вкрапленников основного плагиоклаза и рудных псевдоморфоз по пироксену и оливину. Сохранился (в шлифе) только один совершенно не измененный вкрапленник моноклинного пироксена. Основная масса состоит из микролитов плагиоклаза, мелких зерен моноклинного пироксена и рудного минерала.

На западном склоне Малой Удиной на высоте примерно 1300 м и выше встречены осыпи роговообманкового андезита (обр. 268). Геологические взаимоотношения ее с вышеупомянутым базальтом остались невыясненными. Микроскопически это серая с сиреневым оттенком и желтоватыми пятнами порода с вкрапленниками роговой обманки величиной до 5×2 мм и вкрапленниками плагиоклаза величиной до 1.5 мм в поперечнике. Изучение под микроскопом показало, что эта порода состоит из вкрапленников плагиоклаза № 75, судя по $n_{p_1} = 1.565$, определенному иммерсионным методом, и роговой обманки с $n_{g_1} = 1.697$ и $n_{p_1} = 1.689$.

Но самое интересное представляет собой основная масса, состоящая, главным образом, из запыленного стекла с $n = 1.522 \pm 0.002$ и мелких зерен и микролитов плагиоклаза, из небольшого количества рудного минерала и кристобалита. Показатель преломления этого кристобалита, определенный иммерсионным методом, равен 1.485. Двупреломление его слабое.

В шлифе кристобалит встречается как в виде неправильных форм, так и в виде шестигранных разрезов (табличек). Как те, так и другие имеют черепичатую структуру. Шестигранные таблички первоначально принадлежали, по видимому, тридимиту, тем более, что при скрещенных николях они погасают копьевидными участками. Создается впечатление, что последние являются следами характерных для тридимита копьевидных двойников. Таким образом, кристобалит в данной породе является как в виде псевдоморфозы по тридимиту, так и в качестве самостоятельного выделения в порах и в пустотках породы.

Образование тридимита можно отнести к магматической стадии кристаллизации, а кристобалита — к позднемагматической, или постмагматической стадии. Кристобалит в пустотках образовался, вероятно, в результате газового переноса.

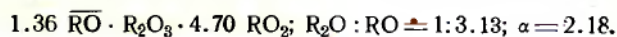
Количественно-минералогический состав, подсчитанный в двух шлифах этой породы, следующий:

	Объемн. %
Плагиоклаз	38.23
Роговая обманка	1.67
Рудный минерал	3.51
Кристобалит	2.17
Стекло	54.42
	100.00

Химический анализ этой породы (обр. 268), произведенный Шавровой, дал следующие результаты:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	58.08	0.967	CaO	6.93	0.124
TiO ₂	0.56	0.007	Na ₂ O	3.12	0.050
Al ₂ O ₃	18.02	0.176	K ₂ O	1.74	0.018
Fe ₂ O ₃	4.94	0.031	P ₂ O ₅	0.24	0.001
FeO	1.95	0.027	П. п. пр.	1.30	
MnO	0.08	0.001	Гигр.	0.65	
MgO	2.47	0.062			
				100.08	

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Некоторые авторы отмечают, что присутствие кристобалита в породе сказывается на ненормальном повышении содержания кремнекислоты. Как видно, в данном случае это не наблюдается. По анализу порода соответствует андезиту.

Эта порода является первой на Камчатке, да и во всей Азиатской части Советского Союза, в которой обнаружен кристобалит; поэтому интересно сравнить ее с аналогичными кристобалитовыми породами, известными в некоторых других местах.

Кристобалит известен в геологически молодых вулканических областях. У нас он найден на Кавказе и в Закавказье, где впервые был обнаружен Д. С. Белянкиным (1923), затем Б. М. Куплетским (1929), П. И. Лебедевым (1931) и др. Кристобалит встречен как в более кислых породах: трахидацитах, дацитах и андезито-дацитах, так и более основных: андезитах, андезито-базальтах и базальтах.

Показатель преломления природного кристобалита, по сводке М. К. Бельштерли (1938), колеблется от 1.482 до 1.490.

Этот минерал, еще 16 лет назад неизвестный в пределах Советского Союза, в настоящее время, как это видно из сводки по этому вопросу Д. С. Белянкина и В. П. Петрова (1936), оказался достаточно распространенным в пределах Кавказа и Закавказья. На карте, прилагаемой к этой сводке, отмечено 25 точек с выходами кристобалитсодержащих пород.

Из областей, территориально более близких к Камчатке, в которых обнаружен кристобалит, заслуживают внимания Японские острова.

В работах Н. Tsuya (1937) и особенно Н. Kuno (1933—1) отмечается наличие кристобалита в основной массе японских вулканогенных горных пород. Кристобалит встречается в этих породах или в виде агрегатов неправильных зерен, или в виде хорошо образовавшихся кристаллов.

Его показатель преломления колеблется от 1.485 до 1.487.

В некоторых породах кристобалит является параморфозой по тридимиту.

Tsuboi и Kuno (1932—2) объясняют, между прочим, наличие нормативного кварца в основных вулканических породах присутствием кристобалита и кремнезема в стекле.

Непосредственно к северо-востоку и восток-юго-востоку от сопки Малая Удина на расстоянии около 4 км расположены две сопочки. Последняя из них имеет даже собственное название Песочная сопка.

Как одна, так и другая сложены из роговообманкового андезита, причем у Песочной сопки наблюдается и полосатый андезит, в котором тонкие буро-коричневые полосы чередуются с более толстыми светло-серыми.

СОПКА ЗИМИНА

Сопка Зимина представляет собой три слившихся вместе вулкана, повидимому, расположенные на одной трещине, вытянутой по направлению северо-запад — юго-восток (фиг. 53). Эти вулканы носят также следующие названия: Овальная сопка Зимина, Острая сопка Зимина и Зуб Зимина. Названия отчасти характеризуют внешний облик каждого из этих вулканов.

Наиболее высокая из них — Овальная сопка Зимина, высота которой, по определению Келля, равна 3118 м. С запада она имеет конусообразную форму. Вершина покрыта ледниковой шапкой, от которой во все стороны спускаются ледниковые языки. Из них наиболее мощные и низко спускающиеся — ледник по западному склону вулкана и ледник, идущий на северо-восток. Последний в виду того, что в него втекают льды с седла, разделяющего Овальную сопку от Острой, а также частично льды с Острой сопки, наиболее мощный. Этот ледник вследствие

и алуинитизированных и разрушенных лав желтого
ым ледником.



Сопка Зимины. Фото В. Ф. Попкова

Зимины имеет, по определению Келля, высоту
2284 м.

Зимины имеет в верхней части конусообразную фор-
му.

Зимины представляет собой высокую отвесную скалу,
сходящую из канала вулкана иглу Пеле. Что собой
представляет, выяснять не успели.



Фиг. 54. Панорама: Дальняя Плоская, Камень, Безымянная,

Седло, Овальная Зимины, Плотная и Большая Удина

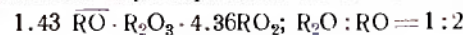
больше на описании этих вулканов Зимины, так
как описываются В. Ф. Попковым (1939), отметим
как геологического, так и петрографического

представляет собой с петрографической точки зрения,
материал по этим вулканам собран пока неболь-
шой. Среди лав, слагающих эти вулканы, А. Н. За-
варичкин описывает андезит, андезито-базальт, плагио-базальт и интерес-

ную породу — санидиновый андезит. Химиче-
ский состав породы, вычисленный А. Н. Заварицким из со-
става вкрапленников, следующий:

	%	Мол. кол.
SiO ₂	55.0	0.91
TiO ₂	2.2	0.02
Al ₂ O ₃	18.4	0.18
Fe ₂ O ₃	5.4	0.03
FeO	1.9	0.02
MgO	2.4	0.06
CaO	8.0	0.14
Na ₂ O	4.0	0.06
K ₂ O	1.5	0.01
P ₂ O ₅	0.4	0.00
H ₂ O	0.8	
	100.0	

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинскому



Крупнопорфировая лава с крупными вкраплен-
ками лабрадора с северо-западного склона Зиминой со-
впадает с восточным склоном Заварицкого. На основании ли-
тературы я считаю необходимым отнести ее не к Зиминой,
а к этой породе вернемся при описании последней.

В. Ф. Попков описывает следующие горные
породы: гиперстеново-авгитовый андезито-базальт, оливи-
новый андезит, гиперстеновый дацит и алуинитизированный
базальт, дацита и алуинитизированной лавы (табл. 1).

Из этих пород нужно остановиться на даците,
так как он встречается в большом количестве.

1. Дациит — наиболее кислая горная порода,
в системе Ключевской группы вулканов (если не считать
луна обсидиана, найденного примерно в 15 км к северо-западу

Толбачика в русле реки. Содержание в последнем
показатель преломления стекла его равен 1.488).

2. В этом даците обнаружены небольшие вкраплен-
ки нефелина, редкого для этого района.

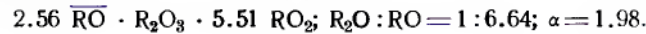
3. Стекло основной массы, скрепляющее вкраплен-
ки андезина и гиперстена, бесцветное, прозрачное.
Показатель преломления его, определенный иммерсионным
методом, равен 1.498.

Таблица 8

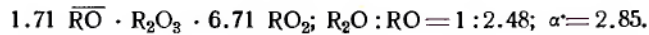
	Андезито-базальт № 34		Дацит № 21		Алунитизированная лава	
	%	мол. кол.	%	мол. кол.	%	мол. кол.
SiO ₂	54.67	0.911	63.98	1.066	18.08	0.301
TiO ₂	0.75	0.009	0.43	0.005	0.16	0.002
Al ₂ O ₃	15.37	0.151	15.60	0.153	29.60	0.290
Fe ₂ O ₃	2.65	0.016	0.99	0.006	1.11	0.007
FeO	6.64	0.092	3.58	0.050	0.00	—
MnO	0.18	0.003	0.09	0.001	Сл.	—
MgO	5.08	0.127	2.28	0.057	0.00	—
CaO	8.48	0.151	4.99	0.088	0.30	0.005
Na ₂ O	2.34	0.038	3.14	0.051	2.90	0.047
K ₂ O	1.72	0.018	2.56	0.027	5.95	0.063
P ₂ O ₅	0.13	0.001	0.29	0.002	0.00	—
П. п. пр.	0.90	—	1.70	—	12.22	0.679
Гипр.	0.97	—	0.02	—	0.35	—
SO ₃	—	—	—	—	29.49	0.369
	99.88		99.65		100.16	

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу

Андезито-базальт:



Дацит:



Этот показатель преломления говорит о достаточно кислом и щелочном, главным образом калиевом, составе стекла, что хорошо увязывается с химическим составом породы. Повидимому, стекло содержит также некоторое количество воды.

4. По внешнему виду это светлосерая, достаточно хрупкая порода. Хрупкость связана с особым характером стекла. В этом отношении она очень похожа на стекловатый дацит Алагеза, описанный П. И. Лебедевым (1931).

Что касается последовательности изменения состава лав, то собрано пока слишком мало данных, чтобы можно было с уверенностью сказать о ней. По некоторым же косвенным данным можно условно считать следующую последовательность лав (но не начала возникновения вулкана, а с некоторого этапа его жизни): излияние андезито-базальта сменилось андезитом, а затем дацитом.

ПЛОТИНА — СЕДЛО

Пониженная часть между Овальной сопкой Зими́на и Безымянным вулканом местное население называет Седлом. У Конради и других это место называется Плотинной. Для удобства описания следует сохранить оба названия, но точно их расчленить, т. е. считать Седлом район кратера Лохматого и конуса Экспедиции, а Плотинной — полосу, расположенную несколько к западу параллельно прямой, соединяющей сопку Безымянную с Овальной сопкой Зими́на.

Плотина очень интересна как с точки зрения тектонической, так и с петрографической. Она представляет собой ряд экструзивных и дайкообразных вулканических образований, расположенных на одной меридиональной трещине. В западной части этих образований склоны их имеют несколько обрывистый характер.

Породы, слагающие Плотину, — главным образом андезиты, затем андезито-базальт и базальт. Геологические взаимоотношения их совершенно ясны, и поэтому ясен путь последовательного изменения состава лав. Наиболее древним излиянием и наиболее крупным было излияние андезита, затем крупнопорфирового андезито-базальта и, наконец, небольшое излияние базальта.

Андезиты слагают ряд куполоподобных вулканических образований. Андезито-базальт образует как бы поток, мощный, но короткий; его северо-восточный конец обнажается на северо-западном склоне Овальной сопки Зимина.

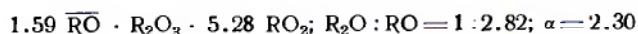
Интересно отметить, что близ северо-восточного конца крупнопорфирового андезито-базальта часть этого потока разрушена и снесена, а на этой площадке впритык к юго-западной части обнажений андезито-базальта образовался паразитический кратер, из которого излился небольшой базальтовый поток.

Андезиты, слагающие Плотину, преимущественно роговообманковые, подобные описанным А. Н. Заварицким из этого места. Химический анализ роговообманкового андезита Плотины, приводимый А. Н. Заварицким, следующий:

	%	Мол. кол.
SiO ₂	60.72	1.011
TiO ₂	0.35	0.004
Al ₂ O ₃	18.19	0.178
Fe ₂ O ₃	2.28	0.014
FeO	3.54	0.049
MnO	0.09	0.001
MgO	2.56	0.064
CaO	6.29	0.113
Na ₂ O	3.92	0.063
K ₂ O	1.57	0.016
P ₂ O ₅	0.18	0.001
H ₂ O	0.64	

100.33

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



В самой молодой базальтовой лаве Шавровой была определена кремнекислота SiO₂ — 50.11⁰/₀.

Под микроскопом это очень пузыристая лава, состоящая из темного буро-бурого стекла и мелких вкрапленников основного плагиоклаза.

Более подробному изучению был подвергнут крупнопорфировый андезито-базальт (обр. 392). Макроскопически это крупнопорфировая порода с белыми вкрапленниками плагиоклаза, иногда частично прозрачными, достигающими 2 см в поперечнике, среди темной, почти черной стекловатой основной массы. Под микроскопом можно различить в основной массе редкие, мелкие вкрапленники гиперстена и оливина, а также небольшое количество микролитов плагиоклаза. По внешнему виду эти породы очень похожи на породу круговых даек Плоского Толбачика и на андезито-базальт Лавового Шиша.

Крупнопорфировый андезито-базальт (обр. 392) с Плотины был проанализирован Шавровой. Его же проанализированы отобранный плагиоклаз из вкрапленников и основная масса. Химические анализы дали результаты, приведенные в табл. 9.

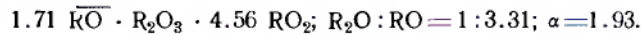
Для анализа этого крупнопорфирового андезито-базальта был размолот крупный образец и взята квартованием средняя проба. Вкраплен-

Таблица 9

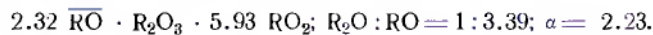
	Андезито-базальт № 392		Основная масса		Плагиоклаз	
	%	мол. кол.	%	мол. кол.	%	мол. кол.
SiO ₂	54.98	0.916	56.50	0.941	53.21	0.886
TiO ₂	0.77	0.010	1.24	0.015	0.10	0.001
Al ₂ O ₃	19.17	0.188	14.30	0.140	28.20	0.276
Fe ₂ O ₃	2.43	0.015	3.38	0.021	1.28	0.008
FeO	4.65	0.064	7.06	0.098	0.34	0.004
MnO	0.12	0.001	0.14	0.002	Не опр.	—
MgO	2.34	0.059	3.58	0.089	0.22	0.005
CaO	8.12	0.145	5.68	0.101	11.79	0.211
Na ₂ O	3.26	0.053	2.81	0.045	4.01	0.065
K ₂ O	2.58	0.028	3.85	0.040	0.88	0.009
P ₂ O ₅	0.14	0.001	0.31	0.002	Не опр.	—
П. п. пр.	1.13	—	0.78	—	—	—
Гигр.	0.00	—	0.51	—	0.30	—
	99.69		100.14		100.33	

ники плагиоклаза несколько загрязнены стеклом и окислами железа, так что получить вполне чистый материал не удалось.

Химическая характеристика породы обр. 392 следующая:



Химическая характеристика основной массы, состоящей главным образом, как уже упоминалось, из стекла, следующая:



Цифры анализа и коэффициент кислотности показывают, что основная масса, как это обычно бывает, более кислая, чем вся порода, и приближается к андезиту, отличаясь от него только повышенным содержанием \overline{RO} по отношению к нормальному типу. Но в общем отделение вкрапленников плагиоклаза от основной массы дало сравнительно небольшое повышение кислотности.

Состав основной массы представляет собой возможный магматический расплав, если он будет каким-либо путем отжат от вкрапленников.

В табл. 10 сравнивается анализ этого крупнопорфирового андезито-базальта (обр. 392) с анализом крупнопорфировой лавы Зиминной сопки

Таблица 10

	Обр. 392	Крупнопорфи- ровая лава А. Н. Заварицкого	Обр. 9
SiO ₂	54.98	55.31	56.70
TiO ₂	0.77	0.62	0.78
Al ₂ O ₃	19.17	20.97	17.90
Fe ₂ O ₃	2.43	1.95	3.39
FeO	4.65	3.84	4.16
MnO	0.12	0.09	0.12
MgO	2.34	3.37	2.16
CaO	8.12	7.50	7.22
Na ₂ O	3.26	3.27	3.55
K ₂ O	2.58	1.93	2.65
P ₂ O ₅	0.14	0.30	0.30
П. п. пр.	1.13	0.49	0.66
Гигр.	—	0.02	0.20
	99.69	99.66	99.79

по А. Н. Заварицкому и крупнопорфирового андезито-базальта Лавового Шиша (обр. 9).

Все эти анализы в общем довольно близки друг к другу.

Химический анализ плагиоклаза был рассчитан на компоненты (табл. 11).

Таблица 11

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	%
Or	54	—	9	—	—	—	—	—	9	5.00
Ab	390	—	65	—	—	—	—	65	—	34.06
An	404	—	202	—	—	—	202	—	—	56.16
Mt	—	—	—	4	4	—	—	—	—	0.92
Примесь стекла и других веществ	38	1	—	4	—	5	9	—	—	—
	886	1	276	8	4	5	211	65	9	

Пересчитав полевошпатовые компоненты на 100%, получим, что плагиоклаз вкрапленников этого андезито-базальта состоит из:

Or	5.24
Ab	35.78
An	58.98
	100.00%

Седло в нашем толковании территориально примыкает к Безымянной сопке. По его территории протекают лавовые потоки последней.

Вулканические образования Седла — паразитические конусы — являются производными Безымянной сопки, поэтому все эти образования будут рассмотрены вместе с вулканом Безымянная сопка (фиг. 54).

БЕЗЫМЯННАЯ СОПКА

Безымянная сопка представляет собой потухший вулкан. Он не заслуживает несколько пренебрежительного названия Безымянного. Это один из крупных и высоких вулканов на Камчатке. Его высота, по Келлю, 3151—3120 м.

Он образует относительно пологий усеченный конус, соприкасающийся с севера с вулканом Камень. На юго-юго-восточном, южном и юго-юго-западном склонах спускаются как бы со склонов (а не с вершины) небольшие лавовые потоки. Самый мощный и длинный лавовый поток опускается по западному склону от самой вершины. Дойдя до западного подножия, он изменяет направление и далее течет на юг.

Около Безымянной сопки, особенно с южной ее стороны, расположено несколько паразитических образований — кратер Лохматый, конус Экспедиции и др.

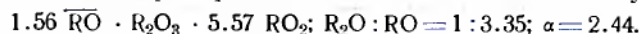
С точки зрения петрографической собранные лавы довольно однообразны и принадлежат к андезитам. Среди этих лав встречаются следующие разновидности (в порядке их возникновения): гиперстено-авгитовый андезит, роговообманковый андезито-дацит и гиперстеновый андезит.

Одна из этих лав (обр. 406), слагающая кратер Лохматый, была проанализирована Шавровой:

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	61.23	1.020	CaO	6.23	0.111
TiO ₂	0.41	0.005	Na ₂ O	2.61	0.042
Al ₂ O ₃	16.18	0.159	K ₂ O	2.31	0.024
Fe ₂ O ₃	4.03	0.025	P ₂ O ₅	0.13	0.001
FeO	3.36	0.047	П. п. пр.	0.50	
MnO	0.13	0.001	Гигр.	0.06	
MgO	2.51	0.063			

99.69

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



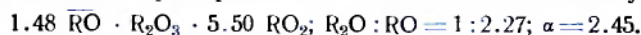
По химическому составу эту породу можно отнести к андезито-дациту.

На юго-восточном склоне Безымянной сопки и в руслах близлежащих рек были обнаружены небольшие куски пемзы, представляющие собой вкрапленники зеленой роговой обманки среди весьма пузыристого стекла. По химическому составу эта пемза (обр. 420) принадлежит также к андезито-дациту, как это видно из анализа, произведенного Шавровой.

	%	Мол. кол.		%	Мол. кол.
SiO ₂	60.78	1.012	CaO	3.89	0.070
TiO ₂	0.49	0.006	Na ₂ O	3.94	0.064
Al ₂ O ₃	16.87	0.166	K ₂ O	1.90	0.020
Fe ₂ O ₃	2.96	0.019	P ₂ O ₅	0.12	0.001
FeO	3.37	0.047	П. п. пр.	2.19	
MnO	0.09	0.001	Гигр.	0.14	
MgO	2.97	0.074			

99.71

Химическая характеристика по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу:



Здесь следует отметить, что куски пемзы были обнаружены также и в северо-восточной части сопки Большая Удина.

СВЯЗЬ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ С ТЕКТОНИКОЙ ПОЛУОСТРОВА

По этому вопросу в литературе существует следующие взгляды:
1. Первое генетическое представление о Ключевской группе вулканов было дано в 1789 г. D. Haas (Otton de Huhn, 1809).

Haas высказал мнение, что вулканы, окружающие Ключевскую сопку — Средняя, Ближняя и Дальняя Плоские сопки и сопка Камень, — представляли вместе с Ключевской сопкой одну гору, которая вследствие частых сильных сотрясений, происходивших в результате землетрясений, расчленилась на вышеупомянутые возвышенности.

2. Богданович и Конради считали, что вулканы Ключевской группы расположены по краям кальдеры, причем первый толковал как кальдеру, открытую на юго-восток, а второй — как провал, вокруг которого расположились эти вулканы.

3. Заварицкий и Кулаков расположение вулканов Ключевской группы приурочивают к системе двух тектонических разломов: северо-северо-восточного и западно-северо-западного, причем они считают, что не только Плоский Толбачик и Ключевская сопка, входящие в Ключевскую группу, но и Швелуч, а Кулаков присоединяет еще и Кунчокла, расположены на одном общем разломе.

Выше уже отмечалось, что для Камчатки особо характерны три тектонических направления, возникших на различных этапах ее геологической жизни. Из этих направлений меридиональное является, повидимому, самым древним палеокамчатским направлением, быть может обязанное своим возникновением герцинским движениям. Северо-северо-восточное направление, наиболее характерное для всей Камчатки, возникло, вероятно, во время мезозойских движений. Западно-северо-западное направление явилось в результате альпийских движений и в районе Камчатки не закончилось и в наше время.

В расположении вулканов Ключевской группы можно найти более или менее ярко выраженными все эти три направления. Так, вулканы Средний, Камень, Безымянный, побочные вулканы в Седле между Безымянным и Зиминым, Овальный вулкан Зиминой сопки и Малая Удина расположены на одной прямой меридиональной линии (фиг. 55).

Ключевской, Камень, Плоский Толбачик и ряд паразитических кратеров на северо-восточном склоне Ключевского и юго-западном Плоского Толбачика расположены в северо-восточном направлении, Острый Толбачик, Большая Удина и Малая Удина расположены в северо-западном направлении. В этом же направлении расположены три вершины Зиминой сопки. Действующие ныне вулканы Ключевской и Плоский Толбачик расположены в северо-восточном направлении — направлении более древнем, чем северо-западное.

Конечно, эти вулканы, возникшие геологически совсем недавно могли использовать для выхода на поверхность и более древние разломы.

Интересно попытаться установить связь состава лав с тектоническими направлениями наподобие того, как это сделал, например, Н. Tsuya (1937). Согласно этой работе, базальтовые и андезитовые вулканы фузизоны расположены по направлению северо-северо-запад — юго-юго-восток, а липаритовые, дацитовые и трахи-андезитовые по северо-востоку — юго-западу. Такое расположение вулканов, по мнению Н. Tsuya, возможно, выражает подземную структуру района, и первые разломы связаны с глубоко залегающими бассейнами региональной базальтовой магмы, а вторые — с менее глубоко расположенными бассейнами с липаритовой и трахи-андезитовой магмами, образовавшимися в результате дифференциации базальтовой магмы.

Полностью применить этот принцип к вулканам Ключевского района нельзя, так как амплитуда состава лав несколько иная — от базальта до дацита.

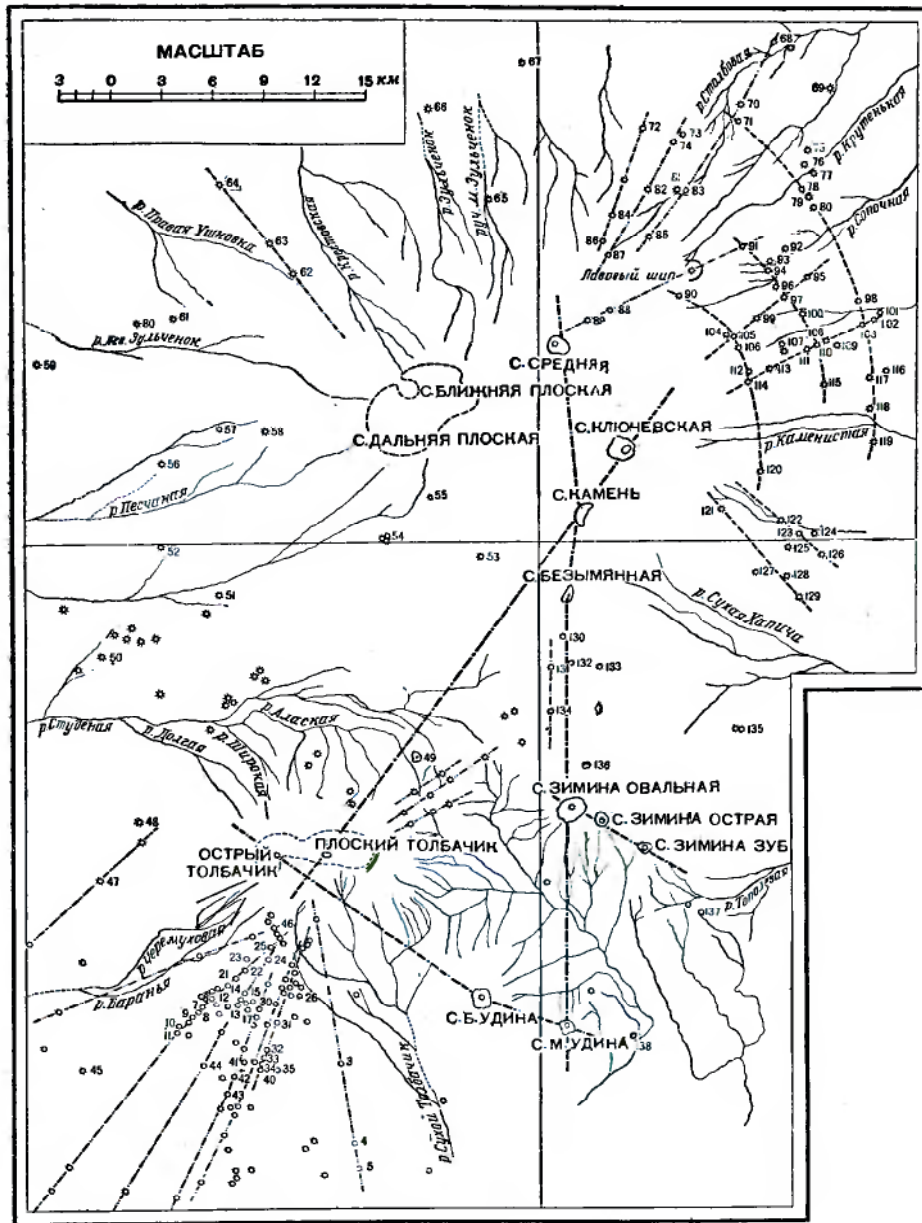
Если все же раздробить эту группу на две — базальты и андезиты, то в отношении их связи с тектоническими направлениями ясной зависимости и полного соответствия нет. Но все-таки следует отметить, что в вулканах, расположенных в северо-западном направлении, наблюдаются преимущественно андезиты, а в вулканах северо-восточного направления — базальты.

При увязывании же общего состава лав с их относительным возрастом и тектоническими направлениями получается противоречие, так как в общем андезиты старше базальтов, а расположены первые по направлениям геологически более молодым, т. е. одно противоречит другому.

Таким образом, вопрос о связи расположения вулканов Ключевской группы с тектоническими направлениями, казалось бы, можно разрешить следующим образом.

На данном участке земной коры налагались постепенно линейные разломы, образовавшиеся в результате вышеупомянутых движений, которые затем были использованы магмой. В некоторых случаях она вышла на земную поверхность в точке пересечения этих трещин. Но такое толкование для Ключевской группы вряд ли будет правильным.

Применение в Ключевской группе только линейного расположения



Фиг. 55. Карта тектоники Ключевской группы вулканов

42. Кратер Высокий; 43. Кр. Двугорбый; 44. Кр. Зеленая Лепешка; 45. Кр. Лесный; 46. Кр. Разрушенный; 47. Конус Купол; 48. Конус Обрыв; 49. Кратер Поворотная; 50. Конус Великан; 51. Кратер Ожерелье; 52. Кр. Лесной; 53. Кр. Коричневый; 54. Кр. Тройной; 55. Кр. Рыжий; 56. Кр. Сложный; 57. Кр. Черный; 58. Кр. Двойной; 59. Кр. Кедровый; 60. Кр. Ольховый; 61. Кр. Обнаженный; 62. Кр. Лагерный; 63. Кр. Моренный; 64. Кр. Башня Караульная; 65. Кр. Шатровый; 66. Кр. Долгий; 67. Кр. Эульченко; 68. Кр. Ближний; 69. Кр. Кругленький; 70. Кр. Тяжелый; 71. Кр. Спорный; 72. Кр. Медвежий; 73. Кр. Караульный; 74. Кр. β (бета); 75. Кр. Туйла; 76. Кр. Киргурич; 77. Кр. Енокось; 78. Кр. Атласова; 79. Кр. Сизмоса; 80. Кр. Забытый; 81. Кр. Близнец; 82. Кр. Лессея; 83. Кр. Промытый; 84. Кр. Потенота; 85. Кр. Козловского; 86. Кр. Витковского; 87. Конус Т; 88. Кр. Воротник; 89. Кр. Креницкая; 90. Кр. Слюнная; 91. Кр. Скалистый; 92. Кр. F; 93. Кр. Малыш; 94. Кр. Булочка; 95. Кр. Подкова; 96. Кр. Лепешка; 97. Конус D; 98. Кр. Келля; 99. Кр. Левашева; 100. Гора База; 101. Кр. Сосед; 102. Кр. Тушница; 103. Кр. Дитмара; 104. Кр. O; 105. Кр. E; 106. Кр. M; 107. Кр. I; 108. Кратер Беринга; 109. Кр. Академии Наук; 110. Кр. Шмалева; 111. Кр. Очки; 112. Кр. Затопленный; 113. Кр. Срезанный; 114. Кр. K; 115. Кр. Безухий стан; 116. Кр. Седло; 117. Кр. Продолговатый; 118. Кр. Отдельная Береза; 119. Кр. Лесной; 120. Кр. S; 121. Кр. Стеллера; 122. Кр. Перрея; 123. Кр. Прибрежный; 124. Кр. Горшок; 125. Кр. Лагерный; 126. Сопка Дровяная; 127. Кр. Карпинского; 128. Кр. Малыш; 129. Кр. Пещерная; 130. Кр. Лохматый; 131. Кр. Юрта; 132. Конус Экспедиции; 133. Конус Незаметный; 134. Гора Гауса; 135. Гора Глаза; 136. Гора Сфинкс; 137. Кр. Сыпучка; 138. Сопка Песчаная.

вулканов вызывает затруднения в объяснении возникновения тех из них, которые не расположены на линейных разломах. Особенно это важно при рассмотрении не только одной Ключевской группы, но и вулканов, находящихся к северу от этой группы, т. е. Заречного, Харченского, и ряда вулканов к северо-западу от Шевелуча. Все они расположены до известной степени хаотически во впадине между хребтами Срединным и Кумрочом.

Что касается точек зрения Богдановича и Конради, то изучение вулканов Ключевской группы не подтверждает их мнения. По расположению этих вулканов можно было бы еще говорить о кальдере, открытой на запад, но ни в коем случае не открытой на юго-восток. Однако при изучении их пока не было обнаружено никаких признаков кальдерообразного строения этой группы вулканов.

Все это склоняет меня считать более правильным нижеследующий взгляд о зависимости расположения этих вулканов от тектоники.

Вся депрессия между хребтами Срединным и Кумрочом, в результате многочисленных геологических движений, разбита трещинами на отдельные, большие и малые, большей частью неправильные глыбы, благодаря чему земная кора в этой местности, по всей вероятности, имеет мозаичную структуру. В результате воздействия дислокационных сил глыба или несколько глыб под Ключевской группой вулканов подверглись частичному поднятию. По трещинам, окаймляющим эти поднимающиеся глыбы, и расположились вулканы Ключевской группы и вулканы, находящиеся к северу от последней.

В этом отношении очень интересным документом является приведенный Киоджи Сюэхиро в его «Инженерной сейсмологии» (1935) план п-ова Бозо, находящегося между Токийским заливом и Тихим океаном и разделенного на массивы, раскачивающиеся независимо друг от друга. Точная съемка этого полуострова, произведенная после знаменитого землетрясения 1 сентября 1923 г., показала, что верхняя поверхность его разбита на ряд блоков. Частично они связаны, т. е. соприкасаются, а частично явно разъединены. Наклонены эти блоки в различные стороны и под различными углами. Киоджи Сюэхиро объясняет смещение этих массивов (блоков) тем обстоятельством, что земная кора в этой местности, по всей вероятности, имеет мозаичную структуру.

Такое толкование для Ключевской группы вулканов мне кажется наиболее правильным. Конечно, имеется некоторое отражение вышеупомянутых общекамчатских тектонических направлений на расположения трещин между глыбами, но, во всяком случае, в Ключевском р-не они играли подчиненную роль. Если эти направления играли главную роль, то, например, такое характерное для Камчатки северо-северо-восточное направление должно было бы очень резко проявляться. Однако между ныне действующими вулканами Ключевским и Плоским Толбачиком, расположенными почти по одному направлению с Шевелучем и Кунчокла, почти не видно никакой связи (расстояние между ними 30 км). Только вулкан Камень, находящийся у самой Ключевской сопки, расположен между ними по этому направлению. Вулкан Безымянный, побочные вулканы между последним и Зиминной сопкой, ряд паразитических кратеров на северо-восточном склоне Плоского Толбачика расположены по другим направлениям.

Все это подтверждает мнение, что Ключевской вулкан и Плоский Толбачик не соединены одним общим разломом, а следовательно, в расположении вулканов всей этой группы линейное направление имеет подчиненное значение.

Все вышеупомянутые характерные разломы и мозаичная структура образовались в результате воздействия региональных тектонических сил, но среди вулканов Ключевской группы имеются разломы, возникшие в результате воздействия энергии самой магмы

Около некоторых вулканов, в частности Ключевского, Ближнего Плоского, Плоского Толбачика и Острого Толбачика, наблюдаются радиальные и круговые трещины, происхождение которых можно объяснить только воздействием вулканических сил.

Радиальные трещины распознаются по расположению паразитических кратеров (у Ключевского, Ближнего Плоского и Плоского Толбачика) по радиусам, идущим от кратера вулкана, как от центра. Более наглядным и не вызывающим сомнения примером является радиальное расположение мощных даек на склонах Острого Толбачика (фиг. 40).

Круговые трещины у Ключевского вулкана можно предположить по выходам паразитических кратеров почти на одном уровне. Интересно отметить, что у Ключевской сопки паразитические кратеры очень часто прорывались в точке пересечения круговых линий (трещины) с радиальными, т. е. в месте, механически наиболее слабом.



Фиг. 56. Ключевская сопка. 24 мая 1936 г.

На юго-восточном склоне Плоского Толбачика находится несколько дугообразных даек. Проследить их по их простиранию полностью пока не удалось, но, мне кажется, большой ошибки не будет, если допустить, что они (дайки) внедрились по круговым трещинам. Следует также отметить, что эти дайки круто падают на восток и юго-восток, т. е. имеют наклон наружу в сторону от кратера вулкана. На основании этого можно допустить, что трещины Плоского Толбачика образовались в результате оседания центральной части вулкана.

Генезис предполагаемых круговых трещин у Ключевского вулкана должен был быть иным. Они, вероятно, имеют общий наклон внутрь к центру вулкана и образовались в результате избытка магматического давления, действующего снизу вверх.

Заканчивая этот обзор, отмечу только, что наличие мощных даек, радиально расположенных вокруг вулкана Острый Толбачик, является хорошим примером, иллюстрирующим возможность их образования в результате воздействия вулканических сил. Этот пример несколько противоречит взгляду Н. Kloos (1936), что «жилы — это заполненные трещины земной коры, которые почти без исключения произошли не от действия вулканических сил. Если они заполнены вулканическими массами, то значит вулканизм использовал их, но не создал», т. е. трещины в земной коре от действия вулканических сил могут образоваться только в виде исключения.

Наличие вышеупомянутых радиальных даек доказывает, что вулканизм не только их использовал, но и создал, и что радиальные и круговые трещины могут образоваться под влиянием вулканических сил.

Что касается непосредственной связи камчатских вулканов с тектоникой, то в этом отношении надо различать два вопроса: расположение вулканов и вулканическую деятельность.

Места выходов вулканов на Камчатке были подготовлены тектоническими нарушениями, и сама вулканическая деятельность, повидимому, находится в некоторой связи с тектоникой.

В отношении расположения вулканов Камчатки, мне кажется, более правильным считать, что они располагаются полосами. Несомненно, что в пределах этих полос наблюдаются и линейные расположения некоторых вулканов (Заварицкий, 1937), но объяснить расположение всех камчатских вулканов только линейным направлением нельзя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По имеющимся в данное время материалам, наибольшую площадь в районе Ключевской группы вулканов занимают базальты, затем андезитобазальты, андезиты и андезито-дациты.

Дациты обнаружены пока только в валунах, поэтому о площадном их распространении трудно судить, но, вероятно, площадь, занятая ими, не велика.

На основании геологической съемки (лишь той площади, которая была заснята) были подсчитаны площадные отношения этих пород, давшие следующие цифры в %:

Базальт	84.5
Андезито-базальт	10.3
Андезит	4.8
Андезито-дацит	0.4

Надо полагать, что объемные отношения этих пород выразятся близкими величинами, хотя цифры могут и несколько измениться. Эти цифры очень интересные, так как показывают значительное преобладание чисто базальтовой магмы над другими дифференциатами.

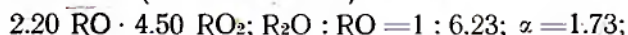
В табл. 12 сведены все анализы лав вулканов Ключевской группы.

На основании анализов эти лавы и расчленяются на вышеупомянутые типы пород: базальты, андезито-базальты, андезиты, андезито-дациты и дациты.

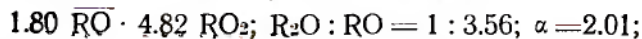
При рассмотрении анализов ясно обнаруживается отмеченная еще А. Н. Заварицким (1935—1) особенность, а именно высокое содержание извести, преимущественно в базальтах, по сравнению с тем значением, какое дается для средних типов пород. Следствием повышенного содержания извести является большая основность плагиоклазов, входящих в состав этих лав.

Кроме того, характерно некоторое колебание состава у всех разновидностей пород, особенно ярко отражающееся на величине коэффициента кислотности, и в данном случае это особенно наглядно для базальта, для которого наблюдается постепенное, в смысле числа, изменение коэффициента кислотности от 1.62 до 1.86. Для андезито-базальта этот коэффициент изменяется от 1.93 до 2.09, для андезита — от 2.18 до 2.30 и для андезито-дацита — от 2.44 до 2.64.

Средний тип для этих пород Ключевского р-на следующий: для базальта (из 17 анализов):



для андезито-базальта (из 5 анализов):



8*

TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	П. п. пр.	Гигр.	Сум-ма	\overline{RO}	RO ₂	R ₂ O	RO	α	Аналитик	Место
1.02	19.60	2.23	6.76	0.14	5.63	7.42	2.89	1.79	0.15	1.34	0.37	99.63	2.11	4.13	1	5.57	1.62	Н. Н. Шаврова	Юго-восточный бачика
0.94	15.72	3.63	7.80	0.09	7.73	10.24	1.61	0.66	0.10	0.86	0.20	99.86	2.88	4.79	1	14.48	1.63	"	Большая Удина
0.57	14.91	3.02	6.26	0.20	9.37	10.80	2.15	0.63	—	0.32	—	99.74	3.38	5.25	1	12.48	1.64	"	Киргурич
0.84	17.48	7.36	2.90	0.18	5.56	8.89	2.61	1.54	0.16	0.32	0.18	99.85	1.82	4.00	1	5.84	1.66	"	Малая Удина
0.91	17.15	3.61	6.63	0.15	5.38	9.72	2.78	1.28	0.36	0.77	0.41	99.80	2.38	4.47	1	6.74	1.66	"	Сопка Средняя
0.53	18.57	3.19	5.69	0.14	5.27	9.15	3.00	1.60	0.25	0.63	0.43	100.07	2.16	4.29	1	5.72	1.66	"	Р. Сопочная
0.90	15.72	3.25	6.28	0.13	7.20	10.58	2.60	0.81	0.03	0.50	0.24	100.33	2.90	5.01	1	8.96	1.70	"	Между кр. Левая
0.95	14.57	2.69	6.09	0.11	9.89	9.76	2.54	0.67	0.11	0.48	0.03	100.23	3.47	5.52	1	10.54	1.71	Н. В. Левенфиш	Туйла
—	22.88	4.20	—	—	3.62	8.56	4.03	0.72	—	0.77	—	99.84	1.51	3.92	1	3.90	1.74	В. Янковский	У подножия Кл.
0.31	17.97	4.81	4.65	0.16	4.95	8.38	3.26	0.75	0.08	1.10	0.21	99.84	1.93	4.32	1	5.52	1.75	Н. Н. Шаврова	Кратер Ключев
0.50	16.22	3.41	5.99	0.07	6.31	9.80	2.95	1.30	0.04	0.54	0.10	100.68	2.64	4.97	1	6.80	1.76	"	К юго-востоку с
—	22.31	2.47	4.33	Сл.	3.28	7.08	4.47	1.03	—	0.30	—	100.07	1.49	3.90	1	3.21	1.76	К. Богданович	Правый берег Ключи
1.10	17.77	3.08	6.40	0.18	5.16	8.96	2.82	1.07	0.28	1.20	0.06	100.25	2.19	4.55	1	6.49	1.77	Н. В. Левенфиш	Восточная дайка
1.30	17.43	4.15	5.71	0.14	4.35	8.77	2.61	2.27	0.64	0.44	0.19	100.23	2.06	4.49	1	5.16	1.77	Б. М. Френкель	Толбачик
1.50	16.81	4.19	5.25	0.14	5.00	8.90	3.03	1.36	0.03	0.48	0.24	100.36	2.21	4.76	1	5.61	1.82	Н. Н. Шаврова	Лава кратера О
1.09	17.20	5.98	4.49	0.13	3.35	8.88	3.34	1.80	0.32	0.45	0.17	100.10	1.81	4.32	1	4.15	1.83	"	Р. Крутенская
0.62	20.97	1.95	3.84	0.09	3.37	7.50	3.27	1.93	0.30	0.49	0.02	99.66	1.57	4.26	1	3.69	1.86	Лаб. ЦНИГРИ	Северо-западн. с
0.77	19.17	2.43	4.65	0.12	2.34	8.12	3.26	2.58	0.14	1.13	0.00	99.69	1.71	4.56	1	3.31	1.93	Н. Н. Шаврова	Плотина
2.2	18.4	5.4	1.9	—	2.4	8.0	4.0	1.5	0.4	0.8	—	100.00	1.43	4.36	1	2.79	1.97	А. Н. Заварицкий	Западный склон
0.75	15.37	2.65	6.64	0.18	5.08	8.48	2.34	1.72	0.13	0.90	0.97	99.88	2.56	5.51	1	6.64	1.98	Н. Н. Шаврова	Желтый ледник
0.51	19.15	1.36	4.95	0.05	3.01	6.40	3.48	2.70	0.37	0.55	0.20	100.07	1.73	4.90	1	3.00	2.07	"	Между Подково
0.78	17.90	3.39	4.16	0.12	2.16	7.22	3.55	2.65	0.30	0.66	0.20	99.79	1.66	4.87	1	2.82	2.09	"	Лавовый Шиш
0.56	18.02	4.94	1.95	0.08	2.47	6.93	3.12	1.74	0.24	1.30	0.65	100.08	1.36	4.70	1	3.13	2.18	"	Малая Удина
1.38	17.59	2.20	4.84	0.10	2.12	7.16	4.29	1.56	0.63	0.30	0.05	100.05	1.77	5.24	1	2.85	2.19	Н. В. Левенфиш	Восточное подн
0.73	18.45	0.96	3.76	0.14	4.12	6.82	3.43	1.53	0.15	0.65	0.03	100.22	1.87	5.35	1	3.90	2.20	Лаб. ЦНИГРИ	вулкана: р. М.
0.35	18.19	2.28	3.54	0.09	2.56	6.29	3.92	1.57	0.18	0.64	—	100.33	1.59	5.28	1	2.82	2.30	"	Южный склон Г
0.41	16.18	4.03	3.36	0.13	2.51	6.23	2.61	2.31	0.13	0.50	0.06	99.69	1.56	5.57	1	3.35	2.44	Н. Н. Шаврова	Седло
0.49	16.87	2.96	3.37	0.09	2.97	3.89	3.94	1.90	0.12	2.19	0.14	99.71	1.48	5.50	1	2.27	2.45	"	Сопка Безымянн
0.62	16.02	2.69	3.08	0.11	2.84	5.94	3.37	1.54	0.17	0.39	0.03	100.16	1.63	6.11	1	3.14	2.64	Н. В. Левенфиш	"
0.43	15.60	0.99	3.58	0.09	2.28	4.99	3.14	2.56	0.29	1.70	0.02	99.65	1.71	6.71	1	2.48	2.85	Н. Н. Шаврова	Восточное подн вулкана Желтый ледник

4 анализов):

RO₂; R₂O : RO = 1:3.56; α = 2.22;

та (из 3 анализов):

RO₂; R₂O : RO = 1 : 2.83; α = 2.53.

и приводятся химические характеристики средних типов Ю. Левинсоном-Лессингом:

с тем же данным: 2.6 \overline{RO} · 4.6 RO₂; R₂O : RO = 1 : 7.8; α =

3 анализов: 2.4 \overline{RO} · 4.36 RO₂; R₂O : RO = 1:5.8; α = 1.61; базальта:

RO₂; R₂O : RO = 1 : 2.2; α = 1.98;

RO₂; R₂O : RO = 1 : 2.6; α = 2.32;

дацита:

RO₂; R₂O : RO = 1 : 3.0; α = 2.50.

базальта района Ключевской группы вулканов отличается повышенной кислотностью и несколько меньшим содержанием RO и R₂O, чем мировые средние типы.

Среднего типа наших андезитов-базальтов и андезитов-дацитов соответствуют типичным андезитов-базальтам и анде-

Таким образом, среди лав Ключевского р-на наблюдаются базальты, андезиты и дациты, так и переходные андезитов-базальты и андезитов-дациты.

Что касается их распространения, то в общих чертах как бы два поля: одно, базальтовое, обнимающее Ключевую, Плоские сопки и Плоский Толбачик, а второе, андезитовое, обнимающее Безымянную, Седло, Плотину, сопки Зимина, Сопка Малая Удины.

В отношении последовательности изменения состава лав, которая охватила бы все вулканы Ключевской группы, нельзя. Можно только суммировать то, что уже описано, дать последовательное изменение состава лав для отдельных вулканов.

Для Ближней Плоской и Ключевского вулкана состав лав в следующем порядке:

Для Ближней Плоской сопки:

Андезит
Базальт
Андезитов-базальт
Андезит
Андезитов-базальт

Для Ключевской сопки:

Базальт
Андезитов-базальт
Базальт

Для Плоского Толбачика:

Базальт
Андезито-базальт
Андезит
Базальт

Для Большой Удиной:

Гиперстеновый андезит
Андезито-базальт
Роговообманковый андезит

Для Малой Удиной:

Гиперстеновый андезит
Базальт
Роговообманковый андезит (?)

Для сопки Зимина:

Андезито-базальт
Андезит (?)
Дацит (?)

Для Плотины:

Андезит
Андезито-базальт
Базальт

Для установления общей последовательности изменения состава лав надо учесть, что Ближняя и Дальняя Плоские сопки, сопки Зимина, Большая и Малая Удины старше, чем Плоский Толбачик и Ключевская сопка.

Сравнивая последовательность изменения состава лав у отдельных вулканов, видно некоторое сходство, так, например, у Большой и Малой Удиной, у Ближней Плоской (на определенном этапе ее жизни) и Плоского Толбачика, но в общем жизнь каждого из этих вулканов отличалась некоторой индивидуальностью.

Все лавы Ключевской группы вулканов по их минералогическому составу можно свести к нижеследующим разновидностям:

Базальты:

Оливиновые
Оливино-авгитовые
Оливино-плагноклазовые
Оливино-авгито-плагноклазовые
Авгито-плагноклазовые
Гиперстено-авгито-плагноклазовые
Плагноклазовые

Андезито-базальты:

Оливино-авгито-плагноклазовые
Оливино-гиперстено-авгито-плагноклазовые
Оливино-гиперстено-плагноклазовые
Авгито-плагноклазовые
Гиперстено-плагноклазовые

Андезиты

Гиперстено-авгитовые
Гиперстеновые
Роговообманково-гиперстеновые
Роговообманковые

Андезито-дациты:

Роговообманковые

Дациты:

Гиперстеновые

Что касается происхождения всех этих пород, то все они произошли из базальтовой магмы путем нормальной дифференциации. Быть может, только дацит образовался за счет ассимиляции боковых пород, как объясняет образование дацита Daly и как склонен объяснить П. И. Лебедев (1931) происхождение алагезского дацита.

ЛИТЕРАТУРА

- Батурин В. П. Справочное руководство по петрографии осадочных пород, ч. 1. Геол.-разв. изд., 1932.
- Бельштерли М. К. Кристаллический кремнезем. Петрография СССР, сер. 3—породообраз. минералы, вып. 1, М.—Л., изд. Ак. Наук, 1938, 5—55.
- Белянкин Д. С. К петрографии перевала Штулу-Вецк в Центральном Кавказе. Изв. Ак. Наук, 1923, 95.
- Белянкин Д. С. и Петров В. П. О кристобалите в горных породах Кавказа и Закавказья. Изв. Ак. Наук, 1936, 203.
- Боровик С. А. и Влодавец В. И. О возгонах Туйлы и Биокося. Бюлл. Вулканоолог. станц., № 4, 1938.
- Влодавец В. И. Об одном из современных камчатских базальтов. Тр. Петрогр. инст. Ак. Наук, вып. 6, 1934.
- Влодавец В. И. Исследование Ключевской сопки. Камчатская правда, № 90 (1960), 1936.
- Влодавец В. И. Макросейсмические наблюдения в районе Ключевского вулкана с 1 сентября по 31 декабря 1935 г. Бюлл. Вулканоолог. станц. на Камчатке, № 1, 1937—1.
- Влодавец В. И. Макросейсмические наблюдения в районе Ключевского вулкана с 1 января по 1 октября 1936 г. Бюлл. Вулканоолог. станц. на Камчатке, № 2, 1937—2.
- Влодавец В. И. Посещение кратера вулкана Плоский Толбачик 13 августа 1936 г. Бюлл. Вулканоолог. станц. на Камчатке, № 2, 1937—3.
- Влодавец В. И. Посещение вершины Ключевского вулкана 28 августа 1936 г. Бюлл. Вулканоолог. станц. на Камчатке, № 1, 1937—4.
- Влодавец В. И., Дьяконов А. И., Дьяконова Н. Н., Иванов И. З. и Попков В. Ф. Наблюдения за деятельностью Ключевского вулкана с 1 сентября по 31 декабря 1935 г. Бюлл. Вулканоолог. станц. на Камчатке, № 1, 1937.
- Влодавец В. И., Дьяконов А. И., Иванов И. З., Попков В. Ф. и Шаврова Н. Н. Наблюдения за деятельностью Ключевского вулкана с 1 января по 1 октября 1936 г. Бюлл. Вулканоолог. станц. на Камчатке, № 2, 1937.
- Водопьянов Н. Подъем на Ключевской вулкан 14—19 июня 1935 г. Книга записей восхождения на Ключевской вулкан. Вулканоолог. станц. Ак. Наук. 1935.
- Вульф Г. В. Жизнь кристаллов. Гос. изд. «Наука и техника», 1922.
- Гречишкин Л. А. Геологический очерк восточного побережья Камчатки. Тр. Нефт. геол.-разв. инст., сер. А, вып. 72, 1935.
- Дитмар К. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851—55 гг. СПб. 1901.
- Заварицкий А. Н. Некоторые вулканические породы окр. Ключевской сопки на Камчатке. Зап. Мин. общ., 60, вып. 2, 1931.
- Заварицкий А. Н. Северная группа вулканов Камчатки. Изд. Ак. Наук, сер. Камчатская, вып. 1, 1935—1.
- Заварицкий А. Н. Вулкан Авача на Камчатке и его состояние летом 1931 г. Тр. ЦНИГРИ, вып. 35, 1935—2.
- Заварицкий А. Н. Линейное расположение Камчатки. Тезисы докл. на XVII Межд. геол. конгр., М. 1937.
- Иванов И. З. Исследование газообразных продуктов побочных вулканов Ключевской сопки. Бюлл. Вулканоолог. станц. на Камчатке, № 1, 1937.
- Калесник С. В. Горные ледниковые районы СССР. Гидрометеиздат, 1937.
- Карев Г. И. Пацан и Фаина. Новые паразиты Ключевского вулкана. Изв. Гос. русск. геогр. общ., 65, вып. 5, 1933.
- Келль Н. Карта вулканов Камчатки. Изд. Гос. русск. геогр. общ., 1928.
- Киоджи-Сюэхиро. Инженерная сейсмология. Изд. Экон. Жизнь, 1935.
- Клоос Г. Механизм глубинных вулканических явлений. Центр. геол. библи. Главн. геол. упр., 1936.
- Конрадн С. А. Доклад о работах южного подотдела Камчатской экспедиции. Изв. Гос. русск. геогр. общ., 7, вып. 1, 1925.
- Коптелов С. Д. Ключевская побеждена. Сборн. статей и очерков «На Камчатке», изд. СОПС Ак. Наук, 1936.
- Криштофович А. Н. Геологический обзор стран Дальнего Востока. ЦНИГРИ, 1932.
- Кулаков В. С. Паразитные кратеры, возникшие в 1932 г. у подножья Ключевского вулкана на Камчатке. Зап. Ленингр. горн. инст., 8, 1934.
- Кулаков В. С. В кратере Ключевского вулкана. Камчатская правда, № 185 (1753), 1935.
- Кулаков В. С. В кратере действующего вулкана. Сборн. статей и очерков «На Камчатке», изд. СОПС Ак. Наук, 1936—1.
- Кулаков В. С. О деятельности камчатских вулканов. Природа, № 8, 1936—2.
- Кулаков В. С. Гавайский тип вулканов на Камчатке. Природа, № 10, 1936—3.
- Кулаков В. С. Краткий предварительный отчет о вулканических исследованиях на новых паразитных кратерах Ключевского вулкана Туйла, Киргурич и Биокось за время ноябрь, половина декабря 1934 г. СОПС Ак. Наук (отчет).
- Куплетский Б. М. Геолого-петрографический очерк Ахманганского плато. Басейн оз. Гокча. I. 1929, 1—60.

- Лебедев П. И. Вулкан Алагез и его лавы. Тр. СОПС Ак. Наук, сер. Закавказская, вып. 3, 1931.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Примечание к работе В. Янковского. Материалы для петрографии Камчатки и бухты (залива) Святого Креста. Тр. СПб. общ. естеств., отд. геол. и мин., 23, 1895.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. О разграничении базальтов и андезитов. Изв. Геол. ком., 44, № 4, 1925.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Петрография, изд. 3, 1933.
- Машковцев С. Ф. и Чурин П. В. Материалы к геологии и петрографии Северной Камчатки. Тр. Главн. геол. разв. упр., вып. 59, 1931.
- Меняйлов А. А. Заметка о восхождении к кратеру Ключевского вулкана 30 августа 1936 г. Бюлл. Вулканолог. станц. на Камчатке, № 3, 1937—1.
- Меняйлов А. А. Телеграмма об извержении Ключевского вулкана. Бюлл. Вулканолог. станц. на Камчатке, № 3, 1937—2.
- Новограбленов П. Т. Каталог вулканов Камчатки. Изв. Гос. геогр. общ., 64, вып. 1, 1932.
- Новограбленов П. Т. Извержение паразитного кратера Ключевского вулкана. Изв. Гос. русск. геогр. общ., 65, вып. 1, 1933—1.
- Новограбленов П. Т. Извержение Пацана и Фанны на Камчатке. Изв. Гос. русск. геогр. общ., 65, вып. 5, 1933—2.
- Пийп Б. И. Термальные ключи Камчатки. Изд. Ак. Наук, сер. Камчатская, вып. 2, 1937.
- Полканов А. А. Несимметричная дайка диабазы с побережья Кольского фиорда. Тр. СПб. общ. естеств., 1928.
- Попков В. Ф. Лавы Зиминной сопки на Камчатке (отчет).
- Семенов Г. К. Восхождение на Ключевскую сопку в 1931 г. Изв. Гос. русск. геогр. общ., 65, вып. 1, 1933.
- Тиррель Г. В. Основы петрологии. Гос. научн.-техн. изд., 1932.
- Троцкий А. Н. Подъем на Ключевской вулкан 8—15 августа 1935 г. Книга записей восхождения на Ключевской вулкан. Вулканолог. станц. Ак. Наук, 1935.
- Троцкий А. Н. На вершине Ключевской. Сборн. статей и очерков «На Камчатке», изд. СОПС Ак. Наук, 1936.
- Троцкий А. Н. О поведении кратера Ключевского вулкана в 1935 г. Изв. Гос. русск. геогр. общ., 69, вып. 6, 1937—1.
- Троцкий А. Н. О химической природе продуктов возгона «паразитных» кратеров Ключевского вулкана. Изв. Гос. русск. геогр. общ., 69, вып. 3, 1937—2.
- Ферсман А. Е. Геохимия, т. I. Геохимтех. изд., 1933.
- Щербаков А. В. Геологическое строение полуострова Камчатки по работам экспедиции Акад. Наук СССР. Тезисы докл. Межд. XVII геол. конгр., 1937.
- Щербаков А. В. Два пересечения полуострова Камчатки. Изд. СОПС Акад. Наук, 1938.
- Шукня И. С. Общая морфология суши, т. I. Горн. геол. нефт. изд., 1934.
- Эйтель В. Физическая химия силикатов, ОНТИ, 1936.
- Янковский В. Материалы для петрографии Камчатки и бухты (залива) Св. Креста. Тр. СПб. общ. естеств., отд. геол. и мин., 23, 1895.
- Vogdanovitsch K. Geologische Skizze von Kamtschatka. Pet. Mitt. 1904.
- Bowen N. L. The Evolution the Igneous Rocks, Princeton. 1928.
- Ermann. Reise um die Erde. Bd. 3, Die Ochozker Küste, das Ochozker. Meer u. die Reise auf Kamtschatka im Jahre 1829. Berlin, 1848.
- Finch R. H. Block Lava. J. Geol., 41, № 7, 1933.
- Otto de Huhn. Description d'une montagne volcanique au Kamtschatka. Mem. Soc. Nat., 2, 1809.
- Jamaguti S. Relation between Earthquakes a. Precipitation. Barometric Pressure a. Temperature. Bull. Earthq. Res. Inst. Tokyo. Imp. Univer., 14, 2, 1936.
- Jones A. E. The formation of basaltic Lava flows. J. Geol., 45, № 8, 1937.
- Kuno H. 1. On Silica Minerals Occurring in the Groundmass of Common Japanese Volcanic Rocks. Bull. Earthq. Res. Inst. 11, 2, 1933.
- Kuno H. 2. Preliminary Note on Basalt from Aziro Idu. Bull. Earthq. Res. Inst., 11, 2, 1933.
- Matuzawa T. 1. Fluggeschwindigkeit einiger vulkanischen Bomben. Bull. Earthq. Res. Inst., 11, 2, 1933.
- Matuzawa T. 2. Gasdruck bei einigen vulkanischen Ausbrüchen in Japan. Bull. Earthq. Res. Inst., 11, 2, 1933.
- Mercalli I. Vulcani attivi della Terre. Milano, 1907.
- Reck H. Physiographische Studie über vulkanische Bomben. Ergänzungsband zur Zeitschr. für Vulkanologie. 1914—1915. Erschienen. 1915.
- Shand S. J. The Rocks of the Kedong Scarp, Kenya Rift Valley. Geol. Mag., 74, № 876, 1937.
- Tsuya H. On the Volcanism of the Huzi Volcanic Zone, with special Reference to the Geology a. Petrology of Idu a. the Southern Islands.—Bull. Earthq. Res. Inst., 15, 1937.
- Washington H. S. The formation of Aa a. Pahoehoe. Amer. J. Sci. 6,400—423. 1923.
- Wolff F. Der Vulkanismus. 1914.

V. I. VLODAVETZ

THE KLYUCHEVSKY GROUP OF VOLCANOES

Summary

The Klyuchevsky group located between the ranges Sredynny and Kumroch, comprises two active volcanoes: Klyuchevsky and Plosky, Tolbachik, and nine extinct ones; Blizhny Plosky, Dalny Plosky, Sredny, Kamen, Bezymyanny, Zimina, Bolshaya Udina, Malaya Udina, and Ostry Tolbachik. On their slopes there over a hundred and fifty parasitic and satellite cones.

All the major volcanoes are situated on an elevation, surrounded almost from all sides by wide river valleys. The highest of these is the Klyuchevsky, having an altitude of 4810 m according to measurements made in 1936; the lowest one being the Malaya Udina, with a height of 2000 m.

From the fauna found by V. Kulakov in xenoliths in the lavas it may be assumed that Tertiary rocks (most probably Miocene) underlay the volcanoes of the Klyuchevsky group and the Quaternary deposits.

The volcanic activity on Kamchatka began during the Paleozoic and possibly even earlier, and is still going on. Particularly intense volcanic activity was manifested on the boundaries of the transitional — in the wide sense of the word — periods in the life of the earth, namely, at the boundary of the Mesozoic and the Cenozoic, and of the Tertiary and Quaternary periods.

Characteristic for Kamchatka are the following tectonic directions: the meridional (the oldest, according to A. V. Tscherbakov), the north-northeastern (the most typical one for Kamchatka), the north-western and the latitudinal. The latter is referred by A. V. Tscherbakov to the post-Tertiary.

The Klyuchevsky volcano

From 1698 to 1938 the Klyuchevsky volcano had 52 eruptions. In the present paper the activity of the Klyuchevsky volcano from August 9, 1935 to October 9, 1936 is described.

The satellites and parasitic cones of the Klyuchevsky volcano are located along radii running from the crater. Many craters are situated almost on the same horizontal. A small number of craters are located outside of these radii.

In the sublimates collected in 1936 predominate chloride and, next to them, fluoride compounds. Sulphate compound are in a subordinate amount.

In spite of the fact that the source of the volatile elements was a basaltic magma, in the sublimates there are both, elements of basic magma; Cr, Fe, Ni, Mg, Ca, Ti and V, and those of acid magma; Pb, Sn, Zr, F and H.

The Klyuchevsky volcano ejects a considerable amount of volcanic sand and dust. The lava flows and pyroclastic rocks (cemented and loose) of the Klyuchevsky volcano are of a very similar chemical and mineralogical composition.

The range within which the composition of the rocks of the Klyuchevsky magmatic bulk varies is very limited. The acidity coefficient varies from 1.64 to 1.82, i. e. within the range of basaltic magma. In time, the composition of the rocks altered in the following order: basalt, andesite-basalt and basalt.

The Klyuchevsky volcano is a strato-volcano. In the early stage of its activity the Klyuchevsky volcano was ejecting more lavas than fragmental volcanic products. At present it seems that the latter predominate over lavas.

The Sredny volcano

The Sredny volcano is an extinct one. Its lava is basaltic.

The Blizhny Plosky and Dalny Plosky volcanoes

These volcanoes present a huge volcanic massive. Their summit has a wide, slightly arched, shape; in its north-eastern part there is a gently sloping cone, and in the south-west, a slightly projecting hill.

In a small hollow between them there is a large cavity having a rounded cross-section, with steep edges, about 2 km. in diameter. This cavity is probably a crater of the sink type.

The composition of lavas of this volcano altered in the following order: andesite, basalt, andesite-basalt, andesite, and andesite-basalt.

Ostry Tolbachik

The Ostry Tolbachik is an extinct strato-volcano. The composition of its lavas is the following: basalts, andesite-basalts, and andesite. It is of interest to note that its slopes, especially the south-western ones, are cut by numerous dykes. The remains of these dykes are rising among volcanic tuff deposits in peculiar columns up to 50 m. in height.

Plosky Tolbachik

The Plosky Tolbachik is an active volcano. On its slopes there are many parasitic cones. The slopes at the foot are covered by huge flows of basaltic lava, extending in different directions over several tens of kilometers.

The lava flows poured out from the main as well as the parasitic craters. Among the flows, these of the blok lava, aa and pahoehoe types are observed.

With regard to the change of the composition of the lavas on the Plosky Tolbachik, they are alternating from the older to the younger ones in the following order: basalt, andesite-basalt, andesite, and basalt.

The Plosky Tolbachik, and its parasitic cones are characterized by the variety and abundance of solid volcanic ejecta: Pele's hair; lapilli; volcanic microbombs, 1—2 cm. long, spindle-shaped, elliptic and globular, and large volcanic bombs.

The Plosky Tolbachik, in the nature of its volcanic activity most closely approaches the mixed type, according to F. Wolff's classification (1914).

The Bolshaya Udina

The Bolshaya Udina is an extinct strato-volcano with a predominance of explosive activity at the beginning of its life; towards the end the activity became effusive. The lavas were replacing each other in the following order: hypersthene andesite, andesite-basalt, and hornblende-hypersthene andesite.

The Malaya Udina

The Malaya Udina is an extinct volcano. Its activity began with and eruption of friable volcanic products of an andesitic composition and terminated with eruption of lavas, at first andesitic, and then basaltic.

Among the lavas composing this volcano there is some cristobalite-containing hornblende andesite. This rock is the first one found on Kamchatka and the whole Asiatic part of the Soviet Union, in which cristobalite has been detected.

The Zimina volcano

The Zimina volcano comprises three adjacent cones apparently located along one fissure striking NW-SE.

The Plotina

Plotina is a number of extrusive and dyke-shaped volcanic formations located on the same meridional fissure.

Its activity began with an effusion of andesite, then came that of coarsely porphyric andesite-basalt and finally that of basalt.

The Bezymyanny

This volcano is an extinct one. Among the lavas of this volcano may be distinguished the following varieties (in order of their formation): hypersihene-augitic andesite, hornblendic andesite-dacite and hypersthene andesite.

The connection of the volcanoes of the Klyuchevsky group with tectonics

The first opinion concerning the origin of the Klyuchevsky group of volcanoes was expressed in 1789 by D. Haus, who maintained that the volcanoes surrounding the Klyuchevsky volcano—the Sredny, Blyzhny and Dalny Plosky and the Kamen—had represented, together with the Klyuchevsky volcano one single mountain, which, due to frequent strong concussions occurring as a result of earthquakes, was subdivided into the above named elevations.

K. Bogdanovich and S. Konradi considered the volcanoes of the Klyuchevsky group to be located along the edges of a caldera.

A. N. Zavaritzky and V. S. Kulakov confined the location of the volcanoes of the Klyuchevsky group to the system of two tectonic fractures, of a NE and WNW direction.

The author of the present paper is of the opinion that the whole depression between the Sredinny and Kumroch ranges, in which the Klyuchevsky group of volcanoes is located, as, a result of numerous tectonic movements; was broken up by fractures into separate large and small blocks, owing to which the earth's crust in this area has most probably a mosaic structure.

As a result of the action of dislocation forces, one or more blocks under the Klyuchevsky group of volcanoes were subject to a partial elevation. It was along the fractures, bordering these rising blocks, that the volcanoes of the Klyuchevsky group were arranged, as well as the volcanoes north of the latter.

All the fractures and the mosaic structure are the result of regional tectonic forces, but among the volcanoes of the Klyuchevsky group there are fractures produced by the energy of the magma itself. These are the radial and circular fractures around the Klyuchevsky volcano, the Ostry Tolbachik, and others.

The point of issue of volcanoes on Kamchatka had been prepared by tectonic disturbances; the activity of the Kamchatka volcanoes seems to have a certain connection with tectonics.

The latter problem with regard to the Klyuchevsky volcanoes, requires a further study.

The average type of basalt in the region of the Klyuchevsky group of volcanoes is distinguished by a somewhat higher acidity and a lower RO content; and that of andesite, by a higher content of RO and a lower acidity coefficient, than those of the average world types.

As to the average types of the Klyuchevsky andesite-basalt and andesite-dacite, they are almost identical to the typical andesite-basalt and andesite-dacite.

All these rocks have originated from basalt magma by normal differentiation.

Possibly only the dacite was formed, by an assimilation of the wall-rocks.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Краткий физикогеографический очерк	4
Краткий обзор геологического строения Камчатки	6
Стратиграфические взаимоотношения пород Камчатки	8
Вулканическая деятельность на Камчатке	9
О тектонических направлениях Камчатки	11
Ключевской вулкан	12
Краткий исторический обзор деятельности вулкана	12
Деятельность Ключевского вулкана с 9 августа 1935 г. по 9 октября 1936 г.	13
Скатывающиеся газообразные и рыхлые вулканические выделения из кратера	28
Состояние вершины конуса Ключевского вулкана	28
Количество жерл в кратере Ключевского вулкана	30
Восхождения на вершину Ключевского вулкана	30
Землетрясения в районе Ключевской группы вулканов	43
Зависимость степени активности Ключевского вулкана от метеорологических условий	44
Строение поверхности вулкана	44
Паразитические кратеры и побочные вулканы Ключевской сопки	51
Лавовые потоки и пирокластические образования	70
Вулканические бомбы	73
Тип Ключевского вулкана	76
Средний вулкан	77
Ближняя и Дальняя Плоские сопки	78
Строение поверхности Плоских сопки	78
Паразитические кратеры и побочные вулканы Ближней Плоской сопки	79
Лавовые потоки Ближней Плоской сопки	82
Ксенолиты в лаве Ближней Плоской сопки	86
О типе вулканов Ближняя и Дальняя Плоские сопки	86
Острый Толбачик	86
Плоский Толбачик	88
Строение поверхности	88
Паразитические кратеры и побочные вулканы	91
Лавовые потоки	92
Твердые вулканические выбросы	95
О типе вулкана Плоский Толбачик	98
Большая Удина	98
Малая Удина	100
Сопка Зимица	103
Плотина—Седло	106
Безымянная сопка	109
Связь вулканов Ключевской группы с тектоникой полуострова	110
Заключение	115
Литература	119
Summary	121

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Бюллетень вулканологической станции на Камчатке № 1. 1937. Стр. 34.
Ц. 1 р. 25 к.

Содержание: Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. Предисловие. В. И. Влодавец, А. И. Дьяконов, Н. Н. Дьяконова, И. З. Иванов и В. Ф. Попков. Наблюдения за деятельностью Ключевского вулкана с 1 сентября по 31 декабря 1935 г. В. И. Влодавец. Макросейсмические наблюдения в районе Ключевского вулкана с 1 сентября по 31 декабря 1935 г. В. И. Влодавец. Посещение вершины Ключевского вулкана 28 августа 1936 г. И. З. Иванов. Исследование газообразных продуктов побочных вулканов Ключевской сопки.

№ 2. 1937. Стр. 42. Ц. 2 р. 50 к.

Содержание: Д. С. Харкевич, Вулкан Левинсон-Лессинга. В. И. Влодавец, А. И. Дьяконов, И. З. Иванов, В. Ф. Попков и Н. Н. Шаврова. Наблюдения за деятельностью Ключевского вулкана с 1 января по 1 октября 1936 г. В. И. Влодавец. Макросейсмические наблюдения в районе Ключевского вулкана с 1 января по 1 октября 1936 г. В. И. Влодавец. Посещение кратера вулкана Плоский Толбачик 13 августа 1936 г. Н. Н. Шаврова. Определение радиоактивности газов побочных вулканов Ключевской сопки.

№ 3. 1938. Стр. 24. 2 фиг. Ц. 1 р.

Среди статей: Телеграмма об извержении Ключевского вулкана. А. А. Меньяйлов. Заметка о восхождении на Ключевской вулкан 30 августа 1936 г. А. А. Меньяйлов, И. З. Иванов, С. И. Набоко и К. К. Турбабо. Наблюдения за деятельностью вулканов с 1 октября 1936 г. по 1 мая 1937 г. А. А. Меньяйлов. Ноябрьские землетрясения 1936 г. на Камчатке.

№ 4. 1938. Стр. 29. Ц. 1 р. 10 к.

Среди статей: А. А. Меньяйлов. Извержение Ключевского вулкана и деятельность некоторых камчатских вулканов в 1937 г. И. З. Иванов. Исследование газообразных продуктов побочных вулканов Ключевской сопки и Шивелуча. С. А. Боровик и В. И. Влодавец. О возгонах Туйлы и Биокоса сбора 1936 г. Г. П. Горшков и В. В. Попов. Краткий очерк сейсмичности Камчатского полуострова.

№ 5. 1939. Стр. 42. Ц. 2 р.

Содержание: Телеграммы об извержении Авачинского вулкана. А. А. Меньяйлов и С. И. Набоко. Деятельность некоторых камчатских вулканов в конце 1937 г. В. И. Влодавец. Химический облик изверженных пород Камчатки.

№ 6. 1939. Стр. 30. Ц. 1 р. 20 к.

Среди статей: А. А. Меньяйлов и С. И. Набоко. Деятельность камчатских вулканов за первый квартал 1938 г. А. А. Меньяйлов. Извержение вулкана Авача в 1938 г. В. И. Влодавец. О связи вулканов Камчатки с сейсмической активностью.

№ 7. 1939. Стр. 30. Ц. 1 р. 50 к.

Содержание: В. И. Влодавец. Карымская группа вулканов. А. А. Меньяйлов и С. И. Набоко. Деятельность Ключевского вулкана (с 1 апреля по 1 октября 1938 г.). А. А. Меньяйлов и Н. Ф. Сосунов. Деятельность Авачинского у Мутновского вулканов (апрель — сентябрь 1938 г.). А. А. Меньяйлов и Н. А. Соловьев. Деятельность Карымского и Жулановского вулканов (с 18 по 30 июля 1938 г.). А. А. Меньяйлов. Посещение вершин вулкана Шивелуч и его деятельность в 1937—1938 гг. С. И. Набоко. Газы и температура фумарол Туйлы в 1938 г. А. А. Меньяйлов. Макросейсмические наблюдения в Ключевском районе в 1937—1938 гг.

КНИГИ ВЫСЫЛАЮТСЯ НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ

Адрес. Москва, Б. Черкасский пер., д. 2, «Академкнига».

АДРЕСА ФИЛИАЛОВ КОНТОРЫ «АКАДЕМКНИГА».

Ленинград 104, пр. Володарского, 53-а.
Киев, ул. Свердлова, 15.
Одесса, ул. 10-летия Красной армии, 28.
Ростов на Дону, ул. Энгельса, 68.
Минск, Советская, 39.
Казань, Пионерская ул. д. 17/38.