550.3К
П-32.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ ЛАБОРАТОРИИ ВУЛКАНОЛОГИИ

Выпуск 11

П. И. ПИЙП

КЛЮЧЕВСКАЯ СОПКА И ЕЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ в 1944—1945 гг. и в прошлом

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА — 1956

К 550.3
П-32

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ТРУДЫ ЛАБОРАТОРИИ ВУЛКАНОЛОГИИ

Выпуск 11

Б. И. ПИЙП

КЛЮЧЕВСКАЯ СОПКА И ЕЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ

в 1944—1945 гг. и в прошлом

К
ИНВ. № 77358. 2250
Камчатская обл. библиотека
1958
61

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА — 1956

ПРЕДИСЛОВИЕ

Первоначальной целью этой работы было описание извержений Ключевской сопки в 1944—1945 гг., которые автор лично наблюдал и изучал, работая на Вулканологической станции Академии наук СССР. Однако по мере обработки и изложения материала выявилось, что описываемые вулканические явления, повторяя многие особенности, присущие деятельности Ключевской сопки вообще, требуют показа их на фоне прошлых извержений. С другой стороны, стремясь представить себе причины и объяснить наблюдавшееся, нельзя было не обратить внимания на геологические данные как самого вулкана, так и его окрестностей. К сожалению, подобного рода материал, известный из литературных источников, очень скуден для нашего вулкана.

Автор за время своего пребывания на Станции имел возможность неоднократно посетить внутренние области Ключевских вулканов и близко ознакомиться почти со всеми составляющими этой группы, в том числе и с главным сочленом — Ключевской сопкой. В результате удалось собрать довольно обширный геологический материал, который дает в известной степени новые представления об этой изумительной по мощи и густоте скопления вулканической группе. Полученные данные позволяют по-новому понять и Ключевскую сопку, ее строение и особенности, свойственные ее извержениям.

Благодаря существованию более двух с половиной веков поселений русских людей у подножья Ключевской сопки данные об извержениях ее, сравнительно с другими вулканами Камчатки, довольно многочисленны. Хотя эти сведения большей частью очень лаконичны, но тем не менее, увязав их с современными наблюдениями, которые с 1935 г. производит Камчатская вулканологическая станция Академии наук СССР, расположенная у подошвы вулкана, можно подметить ряд закономерностей в общей картине деятельности этого вулкана. Критическая оценка прошлых данных и увязка их с современными, однако, никем еще не делались.

Указанные соображения и имеющиеся у автора материалы послужили основанием для более широкого очерка о Ключевской сопке, выходящего за рамки описания извержений только одного эруптивного цикла.

В предлагаемой работе разбираются вопросы, относящиеся к вулканологии и вулканической геологии. Так как многие термины в этих молодых отраслях знания еще не имеют твердого содержания и часто различными исследователями понимаются по-разному, мы предпосылаем изложению небольшую главу, посвященную терминологии.

В первой части работы рассматриваются морфология и геология Ключевских вулканов и на фоне последних такие же данные приводятся для Ключевской сопки. В заключительной главе этого раздела дается история

образования, естественно предварительная, названных вулканов и совместно с ними Ключевской сопки.

Вторая часть посвящена прошлым извержениям Ключевской сопки начиная с 1697—1698 гг. и кончая извержениями 1937—1939 гг. На основании критической оценки прошлых данных и новейших наблюдений в заключительной главе перечисляются основные особенности, присущие деятельности этого вулкана вообще.

Описание извержений 1944—1945 гг. составляет третью часть работы. Здесь отдельно описываются явления терминального и эксцентрического извержения и продукты этих извержений. Рассмотрение некоторых основных вопросов и выводы выделены в последнюю главу.

Несомненно, в предлагаемом очерке много пробелов. Автор отнюдь не претендует на окончательное разрешение многих сложных вопросов, которых он касается. Приведенные материалы и высказанные идеи могут служить только стимулом к дальнейшим исследованиям, для которых нужны десятки лет и коллективный труд многих лиц.

С признательностью автор отмечает большую помощь, оказанную ему во время пребывания на Камчатке Б. В. Энман и В. П. Энман. Ценными критическими замечаниями он обязан академику Д. С. Белянкину, профессорам В. И. Влодавцу и Г. П. Горшкову. Особенно благодарен автор своему учителю, академику А. Н. Заварицкому, за его указания и советы и за предоставление исключительно благоприятных условий для выполнения этой работы в поле и лаборатории.

Глава 2

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Местоположение вулканов. Ключевская группа вулканов расположена на правой стороне р. Камчатки, в том месте, где последняя делает резкий изгиб к востоку, направляясь к морю. К западу от вулканов, на некотором удалении от р. Камчатки, протягивается главный водораздел полуострова — Срединный хребет, отсылающий в эту сторону низкие, мягких очертаний предгорья. На востоке протягивается другой хребет — Восточно-Камчатский, ближайший отрезок которого здесь известен под названием хребта Кумроч; в противоположность Срединному хребту он поднимается из окружающего низменного пространства внезапно крутым сбросовым склоном. На оси этого сравнительно невысокого (около 1000 м) хребта, в его южной части, лежат руины старого вулкана Шиш, увеличивающие высоту хребта до 2412 м. К северу от Ключевских вулканов, сразу же за рекой, в окружении болот и озер выступают слившимся массивом два других старых вулкана: заросшая лесом Заречная гора (720 м) [1] и более разрушенный, голый наверху, Харчинский «хребет» (1400 м). Позади них, значительно дальше к северу, в широком прогале между расступившимися хребтами выступает величественный массив действующего вулкана Шевелуч. На юге Ключевскую группу вулканов окаймляют долина р. Толбачик и расположенное за ней высокое плато со старым, сильно разрушенным вулканом Кинчоклок (1591 м) [2]. От этого плато (или дола, как принято называть здесь такие плоские, поднимающиеся выше зоны леса горные равнины), имеющего в плане серповидную форму, еще дальше к югу мы снова встречаем Восточно-Камчатский хребет, но теперь ту часть его, которую называют Тумроком. Последний от дола Кинчоклок отделяется широкой долиной р. Левая Щапина [3]. На юго-восток от Ключевских вулканов протягивается еще один дол, своего рода перешеек, высотой около 800—1000 м, соединяющий фундамент этих вулканов со стыком хребтов Кумроч и Тумрок; от дола Кинчоклок этот дол (будем называть его Хапичинский) отделяется только узкой коньонообразной долиной р. Правый Толбачик [4].

Таким образом, Ключевская группа вулканов, располагаясь в низменности между хребтами и почти со всех сторон обтекаемая широкими

[1] Высота по гипсометрической карте СССР (масштаб 1 : 2 500 000); всюду ниже высоты указаны согласно той же карте.

[2] Дитмар (1901), а вслед за ним и другие авторы называют этот вулкан Кунчоклой. Мы передаем название, как произносят его жители селения Толбачик, и полагаем, что оно более правильно, ибо созвучно многим однородным названиям, например таким, как Тумрок, Асхлонок, Бильченок, Эульченок и т. п.

[3] Географически это будет Правая Щапина; всюду, где не оговорено, мы будем пользоваться местными названиями.

[4] Географически это Левый Толбачик.

26

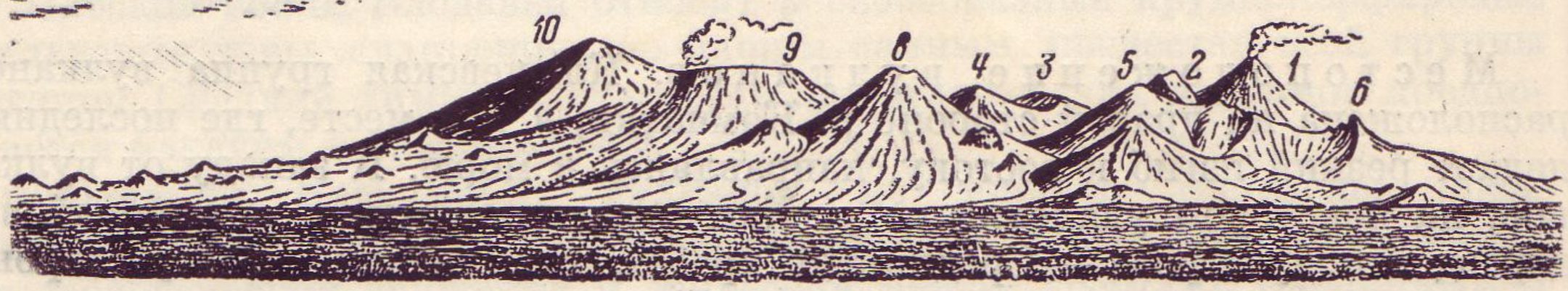
ИНВ. № 77388.

Камчатская обл. библиотека

речными долинами (на юге р. Толбачик, на западе и севере — Камчатка, на востоке Хапица[1]), представляет как бы «остров» гигантских гор (фиг. 2). Эта топографическая особенность, как увидим дальше, не случайна, а представляет результат локализации мощного очага в участке коры, податливом на вертикальные перемещения.

Другая характерная особенность района расположения Ключевских вулканов, весьма вероятно связанная с первой, та, что здесь, недалеко к северу, происходит смыкание горных систем: островных дуг Камчатско-Курильской и Алеутской.

Морфология вулканов. В состав группы Ключевских вулканов, как мы уже упоминали, входят 12 крупных вулканов. Кроме Ключевской сопки, членами группы являются: Ближняя и Дальняя Плоские



Фиг. 2. Ключевская группа вулканов. Вид на север.

Сопки: *1* — Ключевская; *2* — Камень; *3* — Ближняя Плоская; *4* — Дальняя Плоская; *5* — Большая Зимина; *6* — Малая Зимина; *7* — Малая Удина; *8* — Большая Удина; *9* — Плоский Толбачик; *10* — Острый Толбачик.

сопки, Средняя, Камень, Безымянная, Большая и Малая Зимины, Большая и Малая Удины сопки и Острый и Плоский Толбачики.

Для иллюстрации масштаба описываемого скопления вулканов можно привести несколько цифр. Площадь, занимаемая ими, включая сюда и лавовый пьедестал, спускающийся до окружающей низменности, равна примерно 8500 км^2. Очертание пьедестала приближается к кругу с диаметром около 100 км. На этом пологом щите скопление самих вулканов имеет очертание эллипса, вытянутого в северо-северо-восточном направлении, с осями примерно 90×75 км. Средняя, интегральная, относительная высота возвышенности 764 м. Объем этого лавового сооружения около 6500 км^3. Средняя высота 12 вулканов 3390 м. Высота подножья возвышенности (тальвегов окружающих долин) 100—300 м на юге и только 20 м над уровнем моря к северу и северо-востоку.

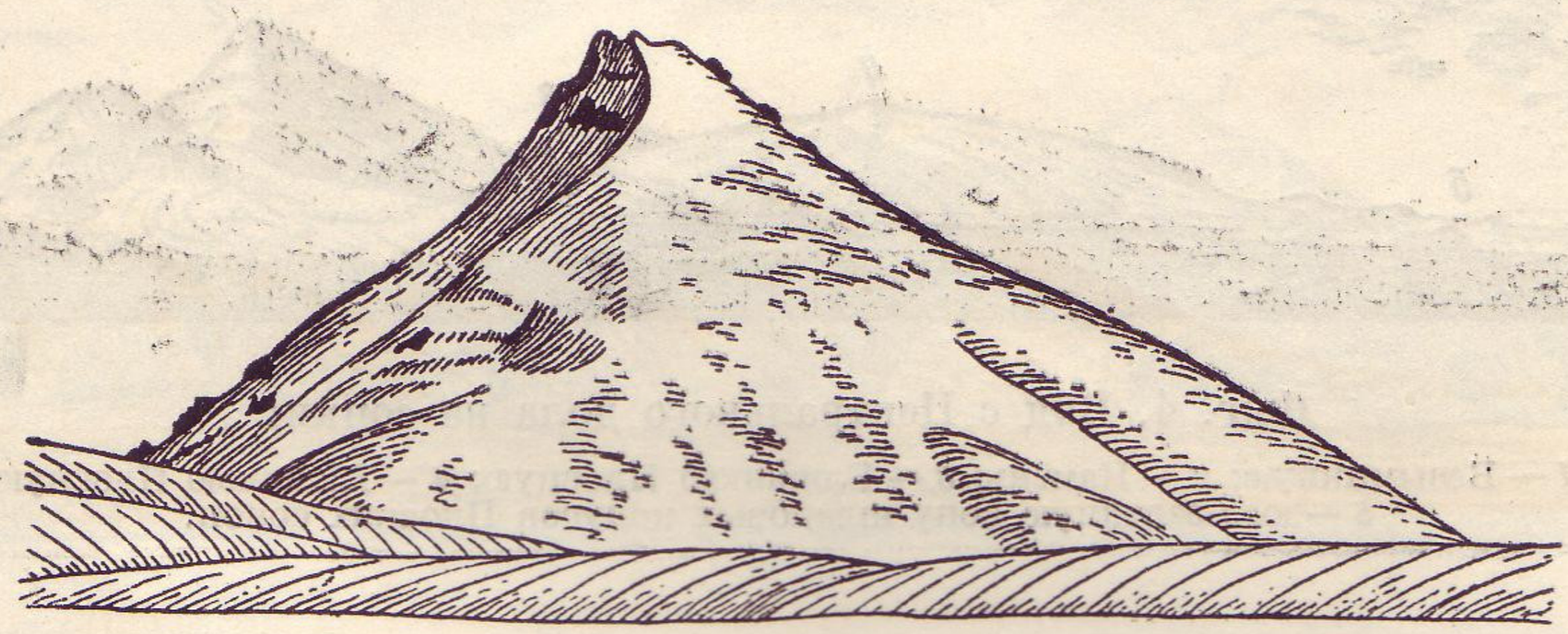
Массив двух Плоских сопок (см. фиг. 16, стр. 42), выступающий в северо-западном углу этой мощной горной возвышенности, занимает в последней почти половину всей площади. Этот массив настолько велик, что другие вулканы, расположенные возле него, по занимаемой ими площади кажутся не более как сателлитами его. Из этих двух вулканов северный, имеющий высоту 4030 м, называют Ближней Плоской сопкой (в прошлом столетии она называлась Крестовской сопкой), а южный почти такой же высоты (3930 м) — Дальней Плоской сопкой (бывшая Ушковская). Характерные морфологические особенности обоих, как показывает название, в их плоских вершинах и, сравнительно с другими вулканами, пологих склонах, не превышающих в верхних частях 18—22°. Оба они покрыты мощным панцырем льда, от которого вниз спускается несколько крупных

---

[1] Еще лет 40 назад название этой реки произносилось как Хапича; в настоящее время распространено указанное нами произношение.

долинных ледников. Склоны Дальней Плоской более или менее ровные, тогда как склоны Ближней Плоской изрезаны глубокими ледниковыми падями. Восточный склон Ближней Плоской сопки более крутой, обрывистый и кажется сильно обрезанным ледниками. Отделяются они одна от другой сравнительно неглубокой седловиной, откуда начинается одна из самых глубоких расщелин массива, спускающаяся вместе с потоком льда на северо-запад (ледник Бильченок).

На восточном склоне Ближней Плоской сопки острой, свободной от льда скалистой вершиной выступает один из самых маленьких по относительной высоте вулканов группы — Средняя сопка, имеющая, тем не менее, большую абсолютную высоту (3020 м); относительная высота ее примерно 400 м. С юга и востока склоны ее сильно обрезаны ледника-



Фиг. 3. Вулкан Камень. Вид на юго-юго-восток с седловины от Ближней Плоской сопки.

ми, но с севера и с запада, будучи только слегка изборождены мелкими барранкосами, они весьма свежие (см. фиг. 18, стр. 44).

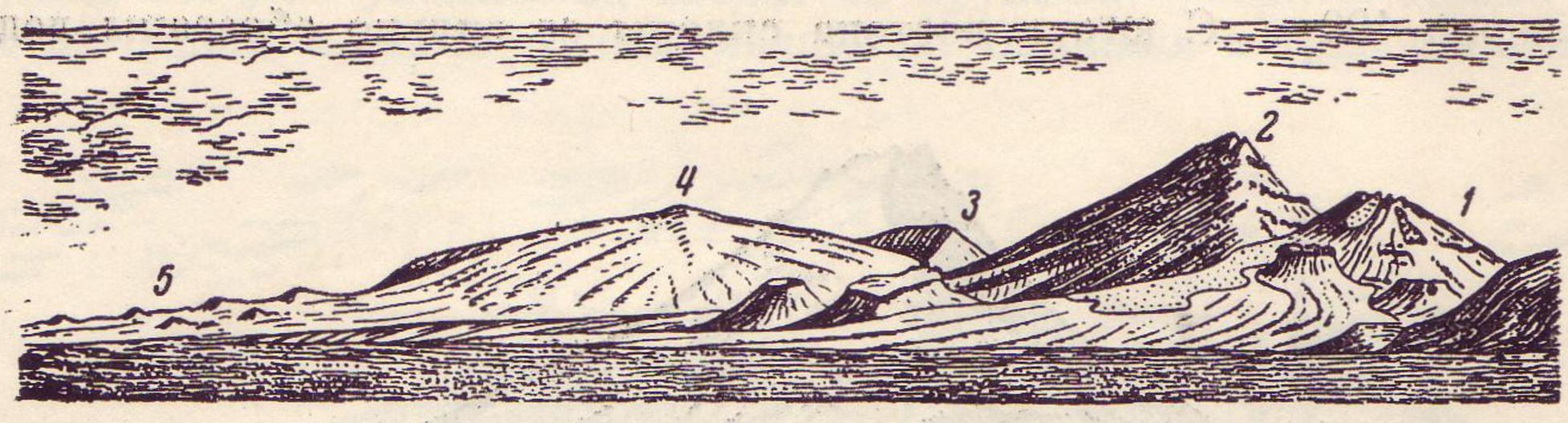
К юго-востоку от Средней сопки, на том же восточном склоне Плоских сопок и одновременно на северном склоне Камня, выступает гигантский конус Ключевской сопки (4850 м). Тело ее, стесненное развитием к западу и югу, широко распространяется к северу и востоку. Изумительно правильный издалека конус ее вблизи испещрен сетью многочисленных скалистых грив и той или иной глубины промоин между ними. Последние начинаются ниже ледяного панцыря, который почти сплошь одевает верхнюю половину конуса. Этот панцырь льда прорезают только несколько долин — шарра, по которым во время извержений скатываются горячие или раскаленные рыхлые продукты выбросов (см. фиг. 46, стр. 155).

Склоны вулкана имеют наклон в верхней части 32—33°, а книзу постепенно выполаживаются, следуя более или менее кривизне показательной кривой (фиг. 1, стр. 11).

Склоны Ключевской сопки безжизненны и пустынны, что резко отличает их от склонов других вулканов. С запада и юга они одеты в сплошную оболочку льда, а на северных и восточных склонах ниже языка глетчеров до зоны кустарников, т. е. на уровне высот от 2000—1000 м, простирается мертвое каменистое пространство, разрезанное многочисленными промоинами и богатое шлаковыми конусами и излившимися из них отдельными, уже значительно засыпанными лавовыми потоками. Особенно безжизненный характер имеет юго-восточный сектор конуса с его крупной долиной — шарра, где скатывающиеся по ней рыхлые продукты извержения и мощные здесь пролювиальные выносы оттеснили зону кустарниковой растительности значительно ниже, чем на других склонах.

Седловина между Ключевской и Плоскими сопками, достигающая высоты 2900 м, представляет обширное и ровное поле льда, откуда стекают два самых мощных ледника группы: на северо-восток — ледник Эрмана и на юго-запад — Богдановича. У северного края этого сборного ледникового бассейна и фирнового поля, на высоте около 2750 м, находился домик — база Вулканологической станции, уничтоженный извержением 1945 г. (см. фиг. 17, стр. 43).

Ближайшим с юга соседом Ключевской сопки является старый, потухший вулкан Камень [1] — второй по высоте вулкан группы (4617 м). Отличаясь правильной конической формой в своей западной половине



Фиг. 4. Вид с Центрального дола на сопки:

1 — Безымянную; *2* — Камень; *3* — Ближнюю Плоскую; *4* — Дальнюю Плоскую; *5* — юго-западную зону шлаковых конусов Плоских сопок.

(фиг. 3), с востока этот вулкан оборван грандиозным сбросом, откуда он действительно похож, как отметил Келль, на дупло старого гнилого зуба (см. фиг. 19, стр. 45).

Так же как и Ключевская и Плоские сопки, он находится под мощным покровом льда, особенно с западной стороны. На восточном склоне, где крутизна достигает 70°, лед держится только участками среди скал, образуя местами грандиозные ледопады, но зато в огромных массах он накапливается здесь внизу. Седловина между Камнем и Ключевской сопкой, тоже покрытая льдом, достигает высоты 3280 м и является самой высокой в этом скоплении вулканов.

Южнее Камня, тесно соприкасаясь с ним, расположена Безымянная сопка [2] — конусообразный, повидимому, очень недавно потухший вулкан [3] с мягкой лишенной льда вершиной (фиг. 4). Абсолютная высота ее 3151 м, а относительная — только 1600 м с юга и около 1000 м со стороны седловины, граничащей с Камнем. С южной стороны, у подножья ее и на склонах, выступают мощные экструзивные куполы, а с вершины спускаются очень свежие лавовые потоки. Здесь же с южной и юго-восточной сторон хорошо видны гребни и долины склонов Камня, выходящие из-под основания массива Безымянной сопки.

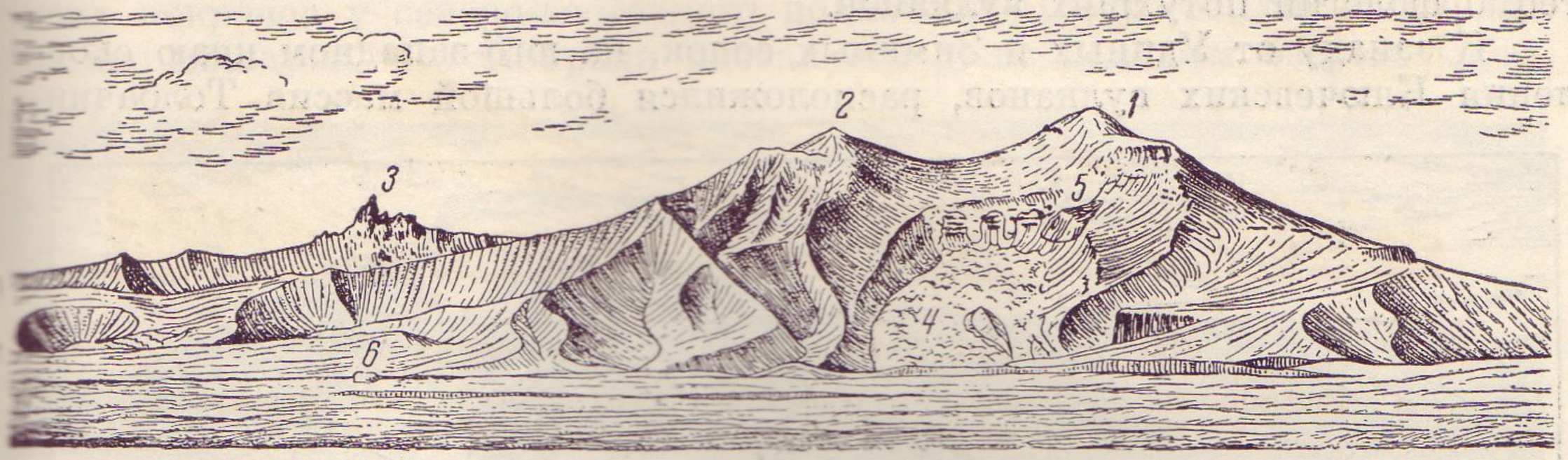
---

[1] Это название появилось в литературе в конце прошлого столетия (Крахмалев, 1880), но, очевидно, оно существовало и раньше. Учитывая местный обычай называть вулканы по имени ближайшего селения, мы полагаем, что оно произошло от названия острога Каменный, лежавшего на полпути между селениями Ключи и Камаки и вымершего лет 100 назад. Вулкан назывался тогда, судя по сохранившимся аналогичным названиям, например таким, как озеро Каменское, протока Каменская, Каменской сопкой, а сокращение «Камень» появилось позже. Гюльемар (Guillemard, 1886) совершенно произвольно назвал этот вулкан Козыревским, а Богданович (Bogdanowitsch, 1904), неизвестно на основании каких данных, именовал его Зиминой сопкой. В 1910 г. Конради и Келль (1925), очевидно со слов одного из лучших в то время знатоков Камчатки — врача В. Н. Тюшова, восстановили старинное название. Зиминой сопкой они назвали второй к югу от Камня вулкан.

[2] Названа так С. А. Конради в 1910 г.

[3] По последним сообщениям Камчатской вулканологической станции (Г. С. Горшков) 22 октября 1955 г. началось сильное пепловое извержение этого вулкана.

Дальше к югу, за широкой, сухой, явно ледниковой по происхождению долиной Сухой Хапицы, выступают Большая и Малая Зимины [1] сопки, образующие вытянутый в северо-западном направлении массив, сравнительно с другими вулканами больше всего смещенный к востоку (фиг. 5). Большая Зимина с двумя вершинами — Овальной (3081 м) и Острой (2780 м), выступающими в кальдере, открытой на север, представляет старый, уже значительно размытый вулкан. Верхняя часть ее, особенно с северной стороны, покрыта льдом, откуда стекают два ледника — мощный на северо-северо-восток и менее мощный — на запад. Малая Зимина сопка (2284 м) представляет еще более разрушенный вулкан; от нее со-



Фиг. 5. Массив Зимних сопок. Вид на юго-запад (от кратеров Юбилейной группы).
1,2 — Овальная и Острая вершины Большой Зиминой сопки; *3* — Малая Зимина сопка; *4* — Желтый лецник; *5* — желтые скалы алунитизированных лав; *6* — ледниковая глыба Амбон.

хранились только острые гребни, разделенные глубокими долинами, и жерловое заполнение на вершине, выступающее в виде косого обелиска. Две глубокие ледниковые долины, идущие от Большой Зиминой сопки, косо прорезают западный и северный склоны этой сопки. Льда на ней нет, но здесь много следов бывшего оледенения.

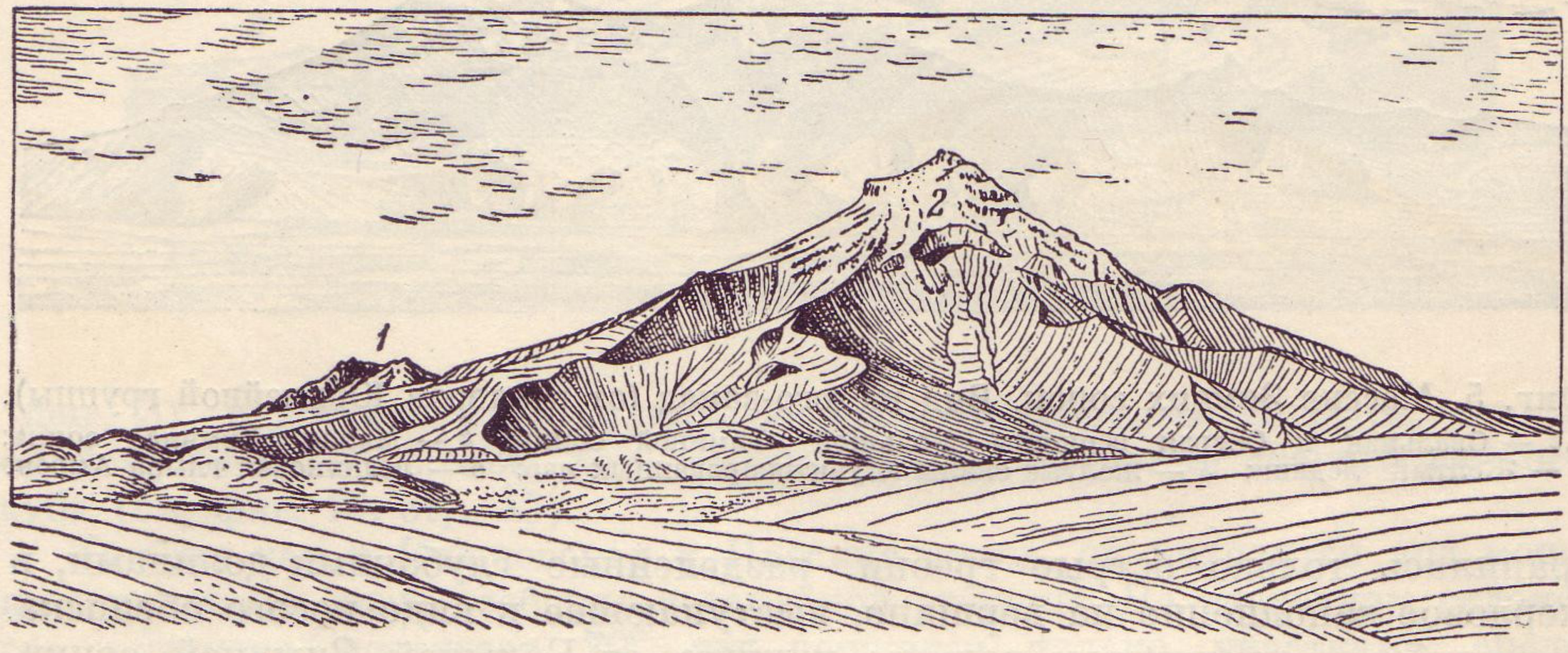
Еще дальше, к югу, тоже по линии северо-запад — юго-восток, находятся две Удины сопки, замыкающие с этой стороны скопление Ключевских вулканов. Они во многом повторяют особенности Зиминых сопок. Расположенная с западной стороны Большая Удина сопка (2923 м) представляет сильно расчлененный конический вулкан с небольшой шапкой льда на заостренной вершине и с многочисленными, радиально расходящимися барранкосами на склонах (фиг. 6). Южные склоны ее в нескольких местах проткнуты куполами экструзивной лавы. Малая Удина сопка (1974 м), представляя в уменьшенном виде такой же конический вулкан с острой скалистой вершиной и лучисто расходящимися гребнями и глубокими барранкосами между ними, похожа по величине, положению и степени размыва на Малую Зимину сопку. Оба эти вулкана из-за обилия скал, гребней и альпийских лугов с ручейками снеговой воды — любимые места обитания горных баранов.

---

[1] Название дано, вероятно, в честь какого-то камчадала Зимина. Кто и когда назвал и какой именно вулкан из Ключевской группы этим именем — неизвестно. Впервые в литературе оно появилось у Богдановича (Bogdanowitsch, 1904), но, судя по карте, он называл так вулкан Камень. Из краткого замечания Богдановича можно понять, что автором названия был Гюльемар (Guillemard, 1886), однако это не так, ибо Гюльемар Камень назвал вулканом Козыревским, а имена своих спутников Стюарда и Гордона дал двум из трех юго-восточных вулканов. Кстати, эти совершенно ненужные и неудачные названия остались незакрепленными на местности, вследствие ошибки Гюльемара, считавшего, что с юга-запада и с запада он видит одни и те же два вулкана, тогда как на самом деле их было три: с юго-запада он видел современную Зимину и Большую Удину сопки, а с запада — Безымянную и Зимину. Современное название Зимина было закреплено в 1910 г. Конради за вторым к югу от Камня вулканом.

Пространство между Зиминым и Удиным сопками представляет как бы громадную, с платообразным дном долину, замкнутую на западе огромным массивом Толбачинских сопок и дренируемую многочисленными сухими руслами истоков Левого Толбачика. Это травянисто-щебневое плато, Удинский дол, высотой 1000 м на востоке и 1300 м на западе, образовано в основном соединившимися пологими, селевыми плоскостями пяти вулканов. Расчлененные, удобные для наблюдений массивы вулканов, конусы выносов, морены, бараньи лбы, следы исчезнувших ледниковых озер, разлившиеся потоки лавы из шлаковых конусов Толбачика — делают эту местность особенно интересной для изучения геологии и геоморфологии потухших вулканов.

К западу от Удиных и Зиминых сопок, на юго-западном краю скопления Ключевских вулканов, расположился большой массив Толбачин-



Фиг. 6. Большая Удина сопка. Вид с Удинского дола на юго-запад.

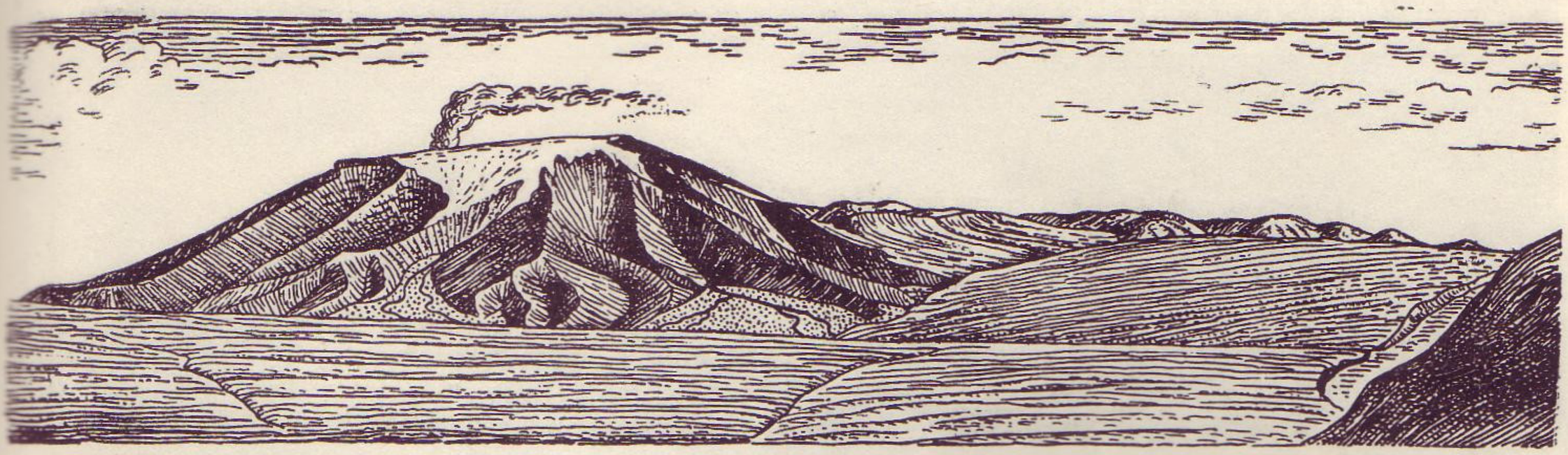
1 — юго-восточный купол; *2* — обрыв экструзивной лавы.

ских[1] сопок, который занимает здесь такое же господствующее положение, как и массив Плоских сопок в северной части группы. Западная, более высокая часть массива характерна своей острой обледенелой вершиной (3682 м) и правильной сетью глубоких барранкосов на склонах, так что с этой стороны массив похож на часто встречающиеся на Камчатке вулканы типа Вилючинской и Кроноцкой сопок. Этот вулканический конус назван Кулаковым Острым Толбачиком (см. фиг. 25). Восточная часть массива, резко отличается от западной своей широкой, плоской вершиной, меньшей высотой (около 3000 м) и несколько менее глубоким врезом барранкосов в тело массива (фиг. 7). На вершине ее мощный, чуть выпуклый покров льда, на котором в западной части расположен активный кратер, — это Плоский Толбачик. На южном склоне, где соединяются обе части массива, выступает котловинообразная выемка Острого Толбачика, напоминающая оборванную сбросом денудационную кальдеру; сюда спускается грандиозным ледопадом короткий глетчер с Острого Толбачика. Несколько коротких ледников стекает, кроме того, с Острого Толбачика по его узким и глубоким барранкосам на север и северо-запад. На Плоском Толбачике нет спускающихся потоков льда (кроме небольших седловинных, общих с Острым Толбачиком).

Местность в центре скопления Ключевских вулканов представляет более или менее ровное горное плато (фиг. 4) высотой около 1400 м, постепенно переходящее в склоны вулканов, окружающих его со всех сто-

[1] Толбачик — искаженное древнекамчадальское слово «тулуач» (Крашенинников, 1949) — происходит от названия селения у подножья вулкана.

рон. Это плато открыто к западу, куда стекают дренирующие его воды, являющиеся истоками речки Студеной. На востоке от истоков Сухой Хапицы оно отделено невысокой грядой экструзивных куполов, соединяющей склоны Безымянной и Большой Зиминой сопок, действительно «Плотиной», как назвал эту гряду Конради. Такая же гряда, но более широкая и возникшая из лавовых потоков и сидящих на ней шлаковых конусов, соединяет склоны Плоского Толбачика и Большой Зиминой сопки и отделяет на юго-востоке рассматриваемый Центральный дол от упомянутого выше Удинского дола. На каменистой, поросшей редкой травой поверхности Центрального дола в отдельных местах встречаются также шлаковые конусы и лава, разлившаяся потоками и покровами. Один из таких покровов у северо-восточного подножья Плоского Толбачика настолько обширен, что Конради назвал его даже лавовым озером. Сюда



Фиг. 7. Плоский Толбачик с Удинского дола. Вид на запад.

стекает несколько ледников, из которых наиболее мощным по размерам является ледник Богдановича, берущий начало на высокой седловине между Ключевской и Плоскими сопками.

Кроме крупных стабильных центров извержений, Ключевская группа вулканов необыкновенно богата маленькими вулканическими телами, образовавшимися каждое за один прием. Преимущественно это шлаковые конусы с потоками лавы или без них и, значительно реже, безкратерные экструзивные куполы. Как положительные формы рельефа, те и другие обычно редко превосходят по высоте 100—150 м. По карте В. И. Влодавца (1940_2), таких образований здесь не менее 230. Наибольшее количество шлаковых конусов встречается в окрестностях двух действующих вулканов группы. На Ключевской сопке их около 50 и здесь они размещены главным образом по восточной стороне конуса, в зоне высот от 300 до 2500 м над уровнем моря. Еще больше их на Толбачинской сопке, где они в основном сосредоточены по линии, идущей от места соединения Острого и Плоского Толбачиков на юго-запад. Эта линия выражена на местности гребнем высокого, широко раскинувшегося увала, постепенно понижающегося к югу (см. фиг. 25, стр. 54). Излившиеся из шлаковых конусов этой зоны огромные потоки и покровы лавы образовали обширные лавовые поля, которые местами в своих нижних частях до сих пор свободны от растительности; местные жители называют последние, как и вообще все лавовые потоки, кекурниками. Несколько меньшие по размерам, но такого же типа увалы лавовых излияний имеются на склонах Плоских сопок. Экструзивные куполы наблюдаются только в окрестностях Большой и Малой Удины, Большой Зиминой и Безымянной сопок, причем наиболее богата ими последняя.

Современное оледенение. Ключевская группа вулканов представляет один из самых крупных центров современного оледенения не только на Камчатке, но и на всем пространстве Северо-Восточной Азии.

Достаточно сказать, что сплошной панцырь льда только на четырех вулканах этой группы (обеих Плоских сопках, Ключевской и Камне) измеряется площадью (в плане) около 292 км^2, а если сюда присоединить ледники Толбачика, Большой Зиминой и Большой Удины сопок, то общая площадь оледенения всей группы будет примерно 338 км^2. Встречающиеся здесь ледники, согласно С. В. Калеснику (1937), могут быть подразделены на звездообразные (формы конического панцыря) и кальдерные из разряда ледников с унаследованным бассейном. К кальдерному типу, повидимому, относятся ледники Плоских сопок, Плоского Толбачика и отчасти Большой Зиминой, а к звездообразному — ледники Ключевской сопки, Камня и Острого Толбачика. От этих панцырных ледников отдельные потоки льда спускаются по долинам значительно ниже снеговой линии, которая здесь, вероятнее всего, расположена на высоте около 2000 м, а не 1700 м, как считал в свое время Богданович (Bogdanowitsch, 1904). Таких долинных ледников, длиной от 3 до 9 км, в Ключевской группе вулканов не менее 16 (фиг. 8 и 9), местонахождения их и приблизительная характеристика приведены в табл. 1.

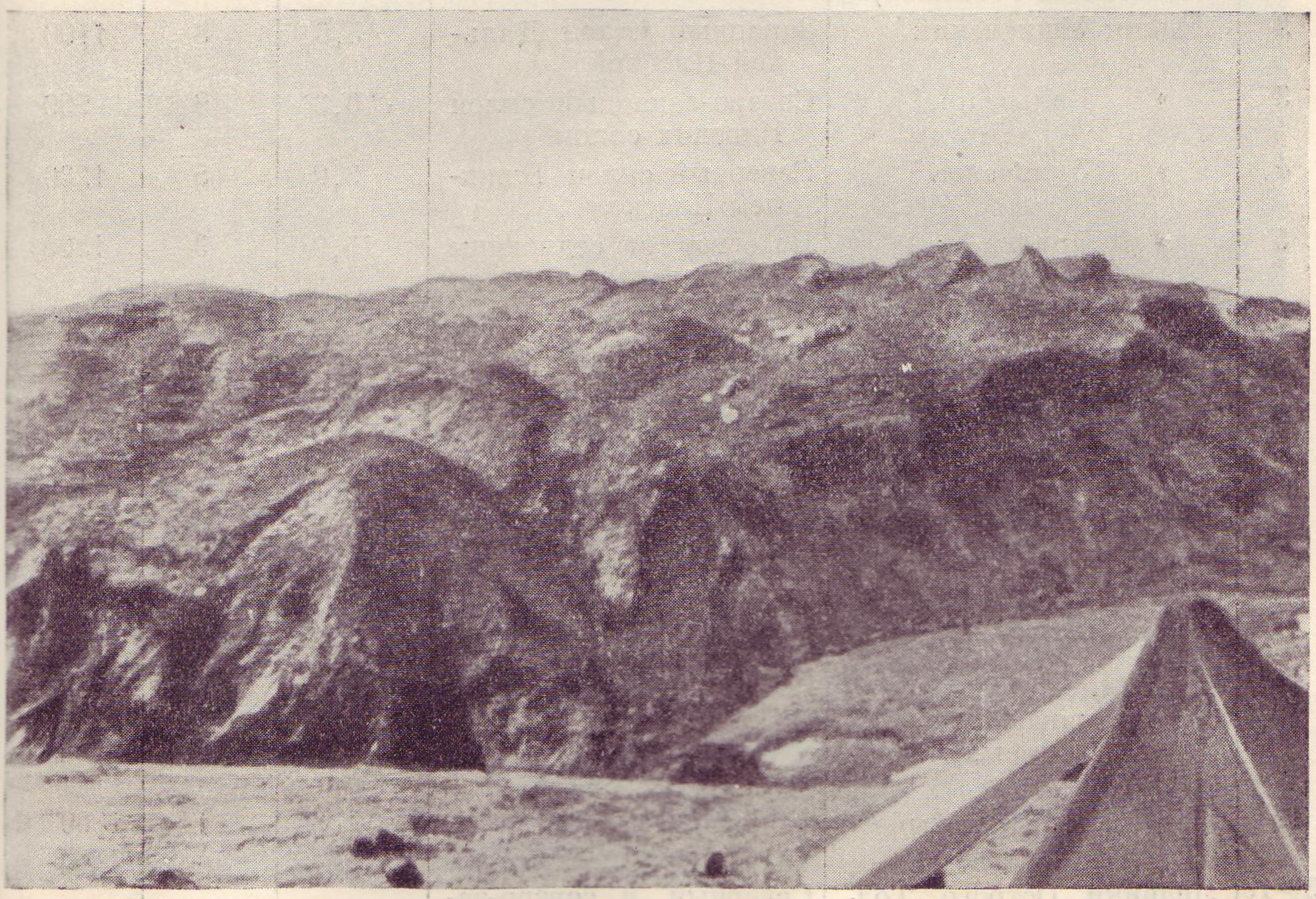


Фиг. 8. Язык ледника Эрмана. Вид от истоков р. Крутенькой. Август 1945 г.

Оледенение Ключевской сопки в связи с ее частыми извержениями носит несколько иные черты, чем у других членов группы. Ледяной панцырь начинается здесь не на вершине, а несколько ниже, так как при сильных извержениях лед у кратера расплавляется и мощность льда достигает здесь наибольшей величины только метрах в 700—1000 ниже вершины (по высоте). Далее, как мы отмечали, оболочка льда здесь не сплошная, а прорезана долинами — шарра, которые бывают или слабо обледенелыми, или, когда вулкан извергается, совершенно лишенными льда. С другой стороны, бывшие шарра, «отмершие» в связи с перемещением бокк и изменением конфигурации гребня кратера, а также некоторые вновь образовавшиеся эруптивные лощины заполняются более мощной, чем на соседних частях конуса, массой льда, и они-то, вероятно, служат причиной существования здесь тех потоков льда, которые спускаются намного ниже общего панцыря. Следами бывших шарра на ледяном панцыре, быть может, являются и те странные подковообразные уг-

лубления, два из которых были видны на северном и северо-западном склонах до извержения 1944 г. (после извержения сохранилось только одно, см. фиг. 49, стр. 159). Раскрытие при каком-нибудь новом извержении истока бывшей шарра может вызвать изменение режима потока льда и отмирание его ниже языка панцыря. Таким образом, на конусе весьма вероятны перемещения масс льда и потоков его и, несомненно, прав Конради, когда он говорит о «блуждающих» ледниках на этом вулкане.

Из ледников Ключевской группы вулканов наиболее богаты моренным материалом ледники Ключевской сопки. Последнее вполне естественно, так как доставляемый при извержениях рыхлый материал в преобладающем количестве остается на поверхности ледников, втаивается в массу льда и постепенно перемещается вниз. В связи с этим ледники здесь представляют слоистые отложения из чередующихся пропластков льда и грубого вулканического материала, начиная от пепла и кончая бомбами; разрезы ледников часто изображают в миниатюре сложную пликативную тектонику, сопровождаемую иногда разрывами и несогласными контактами двух или трех различных «складчатых свит» (фиг. 10). Масса льда поэтому здесь всегда грязная, и сами ледники нераспознаваемо черные. Ледники других вулканов также несут моренный материал, но количество его в данном случае зависит от других причин: крутизны и степени обнаженности стенок фирнового бассейна и склонов долины. Много моренного материала на леднике Желтом, где этот материал представлен преимущественно желтыми и бурыми обломками лав, разложенных фумаролами, отчего и ледник назван Желтым. Довольно чисты только ледники Плоских сопок и Острого Толбачика.



Фиг. 9. Поверхность языка ледника Эрмана. Вид от истока р. Крутенькой. Август 1945 г.

Говоря о ледниках Ключевских вулканов, нельзя не упомянуть о характере движения их. По нашим впечатлениям, ледники Ключевской группы вулканов находятся преимущественно в состоянии отступания или в стационарном положении, хотя некоторые более мощные и более

Таблица 1

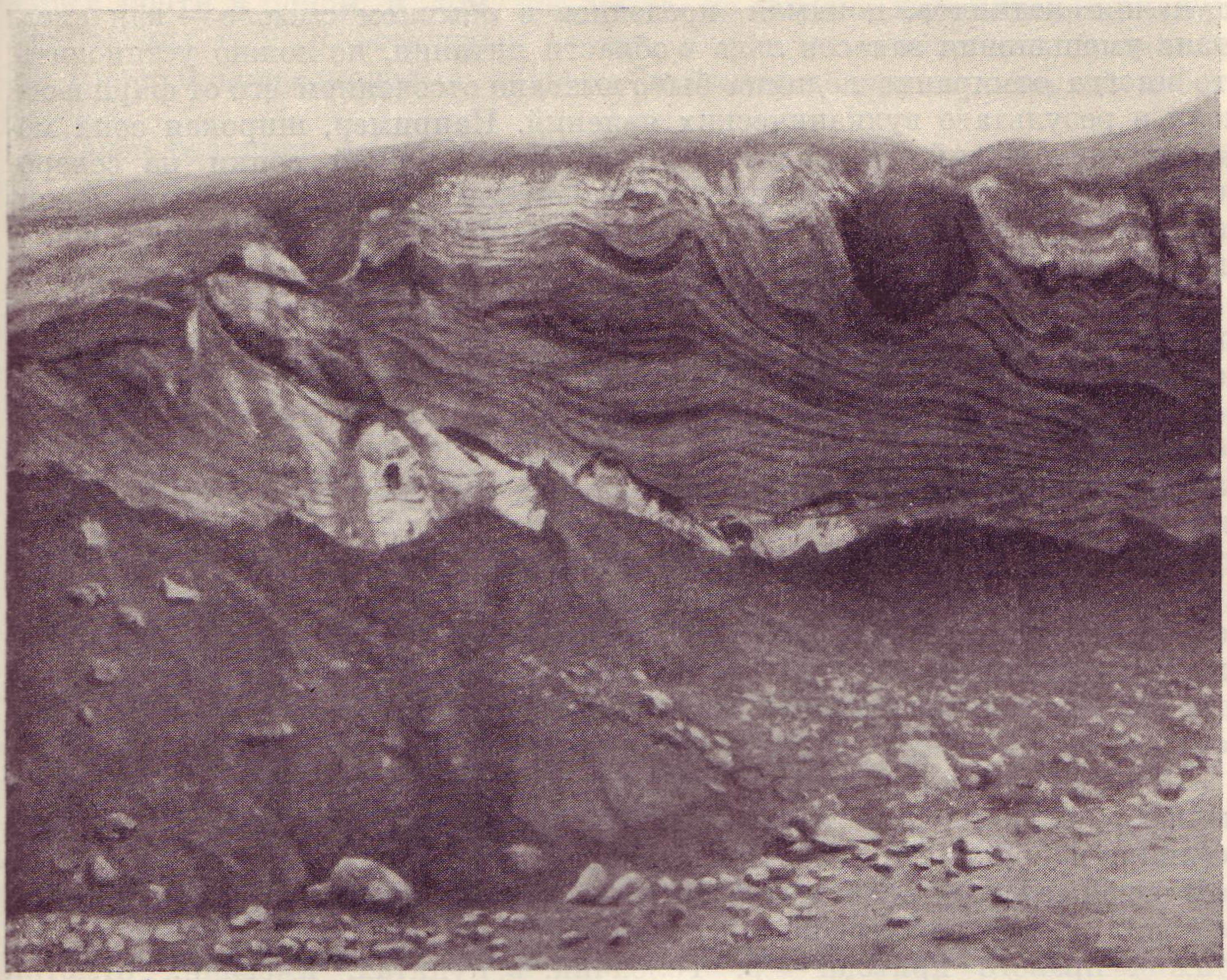
Характеристика ледников Ключевской группы вулканов

№№ п/п	Название	Местоположение	Площадь в км²	Длина в км	Высота языка в м
	I				
1	Общий ледяной панцырь Плоских сопок, Ключевской и Камня (без долинных ледников)	Северная часть Ключевской группы вулканов	240,7	—	2000
2	Ледник Ушковский [1]	Западный склон Дальней Плоской	5,6	8	1100
3	» Бильченок [1]	Северо-западный склон Плоских сопок	6,3	9	900
4	» Эульченок [1]	Северный склон Ближней Плоской	3,0	5	1200
5	» Эрмана [2]	На север от седловины Ключевская—Плоская	15,0	9	1500
6	» Сопочный [1]	Северо-восточный склон Ключевской	3,0	5	1200
7	» Келля [3]	Восточный склон Ключевской	3,0	5	1000
8	» Шмидта [4]	На восток от седловины Ключевская—Камень	2,4	4	1600
9	» Каменский [1]	Восточный склон Камня	3,0	5	1400
10	» Богдановича [5]	На юг от седловины Ключевская-Плоская	10,0	6	1600
	II		292,0		
11	Общий ледяной панцырь Толбачинских сопок (без долинных ледников)	Вершина массива Толбачинских сопок	22,6	—	2600—3000
12	Ледник Черемуховый [1]	Южный склон Острого Толбачика	1,0	1	1800
13—16	Ледники Острого Толбачика	Северный и северо-западный склоны Острого Толбачика	4,5	от 2 до 4	1200
	III		28,1		
17	Общий ледяной панцырь Большой Зиминой (без долинных ледников)	Вершина Большой Зиминой	11,5	—	2300
18	Ледник Желтый [1]	Северо-восточный склон Большой Зиминой	4,5	6	1100
19	» Попкова [6]	Западный склон Большой Зиминой	1,5	2,5	1500
	IV		17,5		
20	Ледяная шапка Большой Удины	Вершина сопки Большой Удины	0,5	—	2700
		Общая площадь оледенения	338,1		

Примечание. Приведенные цифры, особенно для площади и длины ледников, грубо приблизительны.

[1] Местное название.
[2] Назван Конради в честь А. Эрмана.
[3] Назван автором в честь проф. Н. Г. Келля.
[4] Назван Конради в честь проф. П. Ю. Шмидта—участника экспедиции 1909—1910 гг.
[5] Назван Конради в честь проф. К. И. Богдановича.
[6] Назван автором в память погибшего в Великую Отечественную войну 1941 — 1945 гг. вулканолога В. Ф. Попкова.

высокорасположенные как будто наступают. Так, явно отступают ледники Бильченок, Келля и северный Толбачинский, у которых перед цунгом протягивается довольно широкая зона отложенной морены с мертвым льдом и с начинающей зарастать поверхностью ее (у Бильченока рас-



Фиг.10. Слоистый лед глетчеров Ключевской сопки. Устье новой шарра (высота 2800 м).

стояние между концом морены и цунгом около 300 м). Ледник Желтый, сравнивая положение и форму его языка в 1945 г. с состоянием в 1909 и 1910 гг. (по фотограмметрическим снимкам Конради), находится в



Фиг. 11. Шлаковый конус Слюнина, обточенный ледником Эрмана. Вид на юг с Лавового Шиша.

стационарном состоянии; в таком же положении находятся ледники Каменский, Богдановича и северо-западные Толбачинские. Другую картину мы видим на леднике Эрмана, фронт которого, крутой, с обрывами льда и без отложенной морены, свидетельствует о продвижении вперед (фиг. 8). Более поздние исследования показали, что за время с 1945 по

1951 г. ледник продвинулся на 300 м вперед, т. е. наступает в среднем по 50 м в год. Таким же издалека кажется ледник Попкова.

На северном и восточном склонах Ключевской сопки и южном склоне Плоского Толбачика наблюдаются довольно большие площади отложенных морен. Частью они, возможно, обязаны давно идущему процессу отступания ледников, понимая последнее в обычном смысле — как следствие уменьшения запасов льда в области питания, но можно установить, что иногда отмирание ледника было вызвано отсечением его от фирнового поля в результате вулканических явлений. Например, широкая зона моренных отложений, тянущаяся от Ближней Плоской сопки на северо-восток далеко вниз до соединения с ледником Эрмана, оставлена ледником, который был «умерщвлен» извержениями кратеров Башня, Блок и двух других безыменных, прорвавшихся вдоль линии, поперечной леднику.

Более широко распространены в Ключевской группе вулканов древние моренные отложения. О них и других последствиях древнего оледенения мы скажем ниже.

Поверхностные и подземные воды. Благодаря особенностям геологического строения вулканов — господству трещиноватых лав и рыхлых отложений — поверхностный сток не имеет здесь постоянного характера, так как вода быстро уходит на глубину. Сеть поверхностных каналов бывает переполнена водой только во время сильного таяния снегов в начале лета, а в остальное время года большинство русел совершенно сухие. Мутную белесоватую воду несут только ледниковые речки, но и они далеко не доносят ее до окаймляющих эти вулканы крупных рек. Особенно безводна восточная сторона Ключевской сопки.

Поверхностная вода, уходя на глубину, выходит снова наверх по всей периферии скопления Ключевских вулканов, образуя незамерзающие родники и обширные заболоченные пространства. Родники с очень чистой водой, слабо напорные, имеющие постоянную температуру +4,5°, выходят почти всюду вдоль правого берега р. Камчатки и во многих местах ее правого притока — р. Толбачик, в пунктах, имеющих отметки над уровнем моря от 80 м на юге до 20 м на севере. В частности, мощные родники выходят у селения Ключи, откуда и название селения и самого вулкана. Образованные из этих родников прибрежные озера служат излюбленным местом нереста тихоокеанских лососей; на одном из них, около селения Ушки, давно существует рыборазводный питомник. Но не всюду вода выходит в виде ключей, во многих местах на низменных равнинах она только пропитывает почву и образует обширные болота, или, как их здесь называют, мокрые тундры. Такие тундры встречаются вдоль восточного подножья возвышенности Ключевских вулканов, а также с ее западной стороны, и имеют большое распространение на юго-западе и юге в бассейне р. Толбачик.

Подземной деятельностью родниковых вод обусловлен и своеобразный провальный микрорельеф типа карста, наблюдающийся во многих пунктах на периферии Ключевских вулканов. Образование глубоких провальных воронок, привлекшее еще 120 лет назад внимание Эрмана (Erman, 1848), часто происходит и сейчас. В районе селения Ключи это явление, несомненно, связано с вымывающей деятельностью напорных вод, что сказывается в образовании подземных пустот в мегаплагиофировой лаве и в просадке в эти пустоты вышележащего толстого покрова рыхлых четвертичных наносов.

От всей Ключевской возвышенности несколько отличается юго-восточное ответвление ее, Хапичинский дол, где выходы подземных вод начинаются по окраинам на высотах 500—600 м над уровнем моря, т. е. значительно выше других мест Ключевских вулканов. Такими родниками,

вытекающими здесь из горизонта между третичными отложениями и древними лавами Ключевских вулканов начинаются реки Левый и Толбачик на юге и Горная Тополовая на севере. На восточной и юго-западной сторонах этого плато есть несколько озер, расположенных частью на старых моренах Восточно-Камчатского хребта, частью на выходах родниковых вод. В той же зоне протекают две единственные речки с водой: левый приток Хапицы и средний исток Толбачика, зарождающиеся почти в одном и том же месте на склоне начинающихся здесь Тумрокских гор; в остальных частях ближе к скоплениям вулканов, где развиты более молодые лавовые отложения, дол опять сухой и безводный.

Такое различие между лавовыми плато и районом сосредоточения вулканов в отношении выходов поздемной воды, очевидно, связано с различным строением фундамента их. В районе плато водоносным горизонтом является высокорасположенная поверхность третичных отложений, а в районе скопления вулканов — пологопадающая от центра к периферии поверхность древних лав пьедестала вулканов. В теле Ключевской сопки, кроме такой поверхности древних лав, путями движения подземных вод, вероятно, служат еще и погребенные долины Плоской сопки и Камня.

Формы дренажной сети. Временные, но зато огромные массы воды, обрушивающиеся вниз по склонам вулканов в период летнего таяния снегов, производят большую эрозионную работу, углубляя и расширяя старые русла, создавая новые и перенося большие количества рыхлого материала к подножью вулканов. В старых, потухших вулканах эрозионная сеть уже давно стабилизировалась и в них происходит только медленный размыв материала, на Ключевской же сопке, где идут еще процессы аккумуляции, эрозионная деятельность отличается интенсивностью и отсутствием устойчивости и упорядоченности.

Для потухших вулканов конической формы, таких, как Удины сопки, оба Толбачика и Камень с западной стороны, типична радиальная сеть барранкосов, созданная совместной деятельностью воды и льда. Начинаясь около вершины (не покрытой льдом) узкими промоинами, барранкосы книзу расширяются и в зависимости от того, где они оканчиваются, имеют различный характер. На плато они открываются широкими падями, которые располагаются между пальцеобразно расходящимися гребнями и выпускают сюда слабо наклоненные селевые плоскости, прорезанные прихотливой сетью сухих каменистых русел. При спуске на окружающую вулканы низменность барранкосы выполаживаются и русла их превращаются сперва в извилистые крутые промоины, или овраги, а затем в небольшие сухие реки, вначале каменистые, а далее песчанистые; в устьях частях они обычно зарастают густым пойменным лесом. В общем такой же характер имеют и барранкосы Плоских сопок, но их здесь не так много и очертания их в большинстве случаев более неправильные; в формах их в сильной степени сказалась деятельность ледников. В нижних частях склонов Ближней Плоской сопки любопытны косые по отношению к вершине, выклинивающиеся кверху ущелья, или расщелины, как их здесь называют, принадлежащие древней части вулкана и являющиеся, повидимому, тектоническим по происхождению (см. фиг. 16, стр. 42).

На Ключевской сопке от ледяного панцыря до уровня древней конечной морены, т. е. до высоты 600—700 м, вместо правильной сети глубоких барранкосов развиты многочисленные узкие и сравнительно мелкие промоины, часто сливающиеся между собой и нередко меняющие свое положение в связи с побочными извержениями; лавы последних, заполняя существующие русла, вызывают образование новых эрозионных ка-

налов. Ниже древней морены, которую промоины обычно прорезают узкими каньонами, русла расширяются, берега становятся ниже и, по мере дальнейшего спуска на равнину, они превращаются в широкие вулканические сухие реки, преимущественно песчанистые (фиг. 12). Вдоль краев



Фиг. 12. Тип сухих рек Ключевской сопки ниже дола. Речка Безухого Стана.

последних распространены густые заросли тальника, а в устьевых частях и сплошной покров этого леса. Таковы, например, речки Каменистая и Глубокая, переходящие в «пески» Каталныч, речка Сопочная, разливающаяся в «пески» Киргурич, речки Столбовая и Крутенькая, переходящие в «пески» Биокось (Сухую речку), и многие другие.

Растительность. Описываемое скопление вулканов почти со всех сторон, за исключением небольшого участка на юго-востоке (Хапичинский дол), окаймлено лесами, которые сплошным покровом поднимаются до высоты примерно 700 м над уровнем моря. С восточной и северной сторон распространены преимущественно березовые леса (каменная и белая береза), тогда как с западной и особенно с южной сторон развиты главным образом леса из лиственницы с редкой примесью ели. Вдоль сухих рек встречаются, кроме того, пойменная ольха, тополь, ивы, рябина и черемуха. Выше зоны леса, примерно до высоты 850—900 м, протягивается пояс кустарников, состоящих из стелющейся горной ольхи и, значительно реже, кедра. Густые заросли этих кустов летом очень затрудняют подъем в альпийскую зону, зимой же они похоронены под мощным покровом снега. Выше полосы кустарников, до голых каменистых участков, которые начинаются на высотах 1200—1600 м, пологие склоны вулканов и поверхности плато между ними покрыты горной тундрой и, реже, богатыми травой альпийскими лугами. Обширные ягодные тундры с шикшей, брусникой и голубицей привлекают сюда медведей, а альпийские луга и моховища — оленей, из-за чего их часто посещают местные жители. Последние называют эту зону «долом» и различают в зависимости от вулкана, на котором дол расположен, особыми названиями каждый из них, например Ключевской дол, Толбачинский дол, дол Плоских сопок и другие. Альпийская растительная зона у́же всего на склонах Ключевской сопки, где местами, как, например, в районе устья юго-восточной шарра, совершенно отсутствует всякая растительность вследствие непрерывно идущего здесь пролювиального сползания с конуса обильных накоплений продуктов извержений и моренного материала; пепел и лапилли, падающие при извержениях, меньше влияют на растительность. Зато на склонах потухших вулканов скудная альпийская травка доходит иногда до высоты почти 1800 м над уровнем моря, давая пищу многочисленным снежным баранам.

Населенные пункты. Вокруг Ключевских вулканов населенных пунктов сравнительно мало и все они расположены на берегах р. Камчатки, не считая одного, почти покинутого селения, лежащего на берегу р. Толбачик. Наиболее крупные селения — это Ключи, Козыревск и Совхоз, а остальные (снизу вверх по реке) — Камаки, Красный Яр, Ушки, Рыборазвод, Средне-Камчатск и Макарка — представляют только небольшие деревушки и поселочки. Ближе всего к действующим вулканам селение Ключи — в 32 км, а остальные лежат на расстоянии свыше 40—50 км. Для всех населенных пунктов, в том числе и для Ключей, зона извержений совершенно безопасна, несмотря на то, что все эти селения, может быть за исключением двух или трех наиболее удаленных, расположены на древних мегаплагиофировых лавах пьедестала этой вулканической группы. Достаточно сказать, что ни до одного из этих селений современные лавы не доходили и ни одной жертвы извержений за историческое время мы здесь не знаем (не считая редких случаев на склонах вулкана).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Терминология 5

Часть первая

КЛЮЧЕВСКАЯ ГРУППА ВУЛКАНОВ

Вводные замечания 11

Глава 1. Существующие сведения 13

Глава 2. Физико-географические данные 17

Глава 3. Геологические данные о Ключевской группе вулканов 32

Глава 4. Схема геологической истории Ключевских вулканов 73

Часть вторая

ПРОШЛЫЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ КЛЮЧЕВСКОЙ СОПКИ

Вводные замечания 81

Глава 5. Фактические данные о прошлых извержениях 83

Терминальная стадия 118

Стадия эксцентрического извержения 124

Глава 6. Общие выводы о прошлой деятельности Ключевской сопки . . . 132

Часть третья

ИЗВЕРЖЕНИЕ КЛЮЧЕВСКОЙ СОПКИ В 1944—1945 гг.

Введение 139

Глава 7. Терминальное извержение 141

Глава 8. Эксцентрическое извержение 161

Глава 9. Продукты извержений 1944—1945 гг. 194

Лавовые продукты 194

Лавы терминального извержения 195

Вулканические бомбы 195

Шлаки и лапилли 206

Вулканические пеплы 209

Докульминационные пеплы 209

Пеплы кульминационного извержения 212

Лавы эксцентрического извержения 216
Эффузивная лава 216
Эксплозивная лава 225
Вулканические бомбы, шлаки и лапилли 225
Вулканические пески 236
Включения в лавах (хадалиты) 241
Микротиниты 243
Мелилитовые хадалиты 252
Хадалиты ороговикованных пород 258
Перидотитовые хадалиты 262
Хадалиты третичных осадков 264
Пемзовые хадалиты 265
Хадалиты старых лав 266
Сопоставления и выводы 266
Газы 272
Фумарольные минералы 274

Глава 10. Заключение об извержениях 1944—1945 гг. 298

Литература 304