

Г. С. ГОРШКОВ

**ИЗВЕРЖЕНИЕ СОПКИ БЕЗЫМЯННОЙ
(Предварительное сообщение)**

22 октября 1955 г. после трех недель предварительных землетрясений впервые в историческое время началось извержение сопки Безымянной. Вулкан этот считался потухшим, и только Б. И. Пийп (1946), основываясь на сравнительной свежести его форм, рассматривал Безымянную как, «быть может, не совсем еще потухший вулкан».

Сопка Безымянная расположена в самом центре Ключевской группы вулканов. Ее абсолютная высота составляла до извержения 3085 м, относительная высота над уровнем фундамента - от 700 м на севере до 1200 м на юге. Координаты кратера: 55°58' с. ш., 160°35' в. д. К северу от Безымянной возвышается разрушенный конус вулкана Камень, к югу - массив Зиминой сопки, с юго-востока к вулкану подходит вершина р. Сухой Хапицы, а с юго-запада - вершина р. Студеной; долины этих рек вдаются глубокими «заливами» в Ключевскую горную группу и разделяют ее здесь на две части; в месте сужения и расположена сопка Безымянная (см. фиг. 43, стр. 59).

Вулкан Безымянный до последнего времени был мало изучен. Краткие сведения о вулкане и его породах опубликованы А. Н. Заварицким (1931, 1935, 1940, 1955) и В. И. Влодавцем (1940). Беглые наблюдения проводил здесь Б. И. Пийп (1946, 1956). Специально изучением сопки Безымянной занималась только аспирантка Г. Е. Богоявленская; в 1954 г. она осмотрела западную и юго-западную части вулкана и латеральные экструзивные купола (см. статью Г. Е. Богоявленской в настоящем бюллетене). К сожалению, в 1955 г. эти работы не смогли быть продолжены, и к моменту начала извержения восточная часть вулкана, уничтоженная в значительной мере в процессе извержения, детально осмотрена не была.

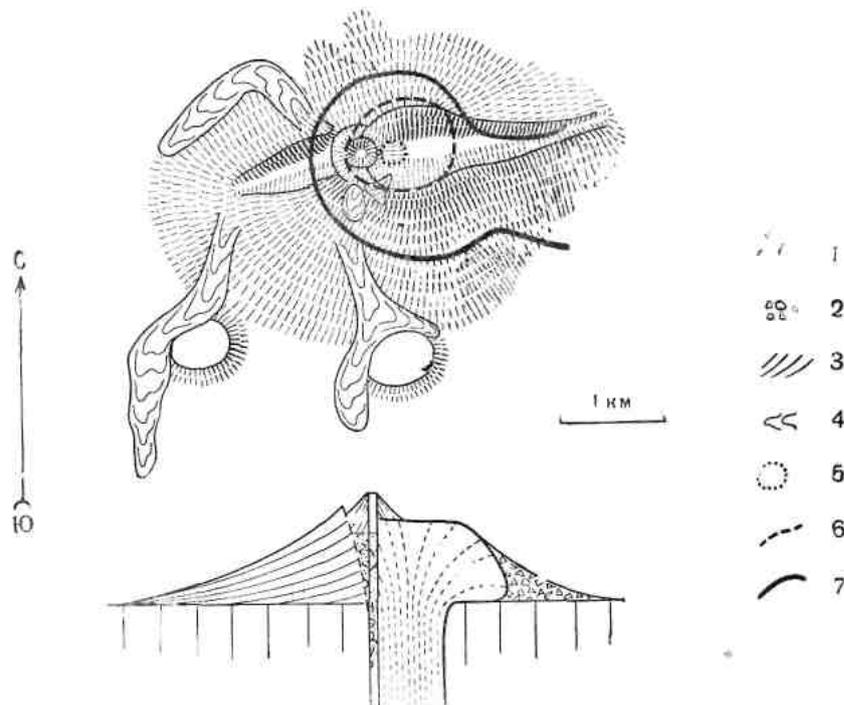
Б. И. Пийп установил, что Безымянная расположена на отроге вулкана Камень; сам вулкан рассматривался как мощный купол кислых андезитов, перешедший позже в кратерный стратовулкан. Г. Е. Богоявленская обнаружила на осмотренном ею западном склоне структуру стратовулкана, признаки купола в этой части вулкана найдены не были. Наши личные наблюдения над строением сопки Безымянной ограничились беглым обзором со стороны в 1949 и главным образом в 1955-1956 гг. уже во время извержения. Особенно интересными и важными оказались наблюдения с самолета 25 января 1956 г., когда с близкого расстояния довольно детально были осмотрены южная и западная части вулкана, а также его кратер. В результате этих наблюдений и из анализа имеющихся плановых и перспективных аэроснимков у нас сложилось впечатление, что строение вулкана близко к тому, как его описывает Б. И. Пийп, но только несколько более сложное.

Вулкан Безымянный (фиг. 1) представляет сдвоенный массив, вытянутый в широтном направлении. Восточную часть массива слагает большой древний экструзивный купол; поверхность его была частично разрушена, сильно сглажена и уже потеряла свои характерные черты, но в ходе извержения формы купола отпрепарировались и факт его существования стал совершенно очевидным.



Фиг. 1. Вулкан Безымянный (слева) до извержения, справа—вулкан Камень. Январь 1949 г.
Фото автора

До последнего извержения купол имел относительную высоту в среднем около 700 м и диаметр приблизительно 1,5 км, а вместе с брекчиевой корой - до 3 км. Западная часть массива сложена более молодым стратовулканом, который образовался на краю купола, так что полностью сформирована только западная половина конуса. Очевидно, купол запечатал верхнюю часть древнего выводного канала и при последующем оживлении вулканической деятельности новый канал был заложен по западному краю старого, т. е. произошел сдвиг эруптивного центра; величина перемещения оценивается в 500-700 м. За этот счет вулкан в целом и принял свою немного вытянутую в одном направлении форму.



Фиг. 2. Схема строения вулкана Безымянного:
1- древний купол; 2 - брекчиевая кора купола; 3 - стратовулкан; 4 - лавовые потоки стратовулкана;
5 - кратер в октябре 1955 г.; 6 - кратер в январе 1956 г.; 7 - кратер после взрыва 30 марта 1956 г.
Составил автор

Вершинный конус массива на 100-150 м превышал восточную часть. На вершине находился плохо выраженный кратер около 500 м в диаметре, который почти целиком был заполнен несколько эксцентрично расположенным внутренним конусом (или куполом) с замкнутым кратером приблизительно 200 м в диаметре. По склонам в северном, западном и южном направлениях спускаются длинные, довольно свежие по виду потоки лавы, прикратерные части которых засыпаны позднейшим рыхлым материалом. От западного края внешнего кратера вниз тянулось глубокое, суживающееся книзу ущелье типа шарры. Второе ущелье подобного типа спускалось к востоку. Однако восточная шарра, проходящая через тело купола, в месте выхода имела округлую в плане форму и столь значительную ширину (700-800 м), что вряд ли была образована только эрозией. По-видимому, на вершине купола ранее был кратер (эксплозивный или кратер обрушения) и только впоследствии, после формирования слоистого конуса, он был преобразован в ущелье типа шарры. Уже после формирования ущелий шарры образовались два небольших лавовых потока, едва 400 м в длину, которые спускались по южному склону от самого края внешнего кратера.

Следует упомянуть, что у подножья северо-восточной части массива имеются следы лавовых потоков, которые, по-видимому, свидетельствуют о былом существовании более древнего, нежели купол, стратовулкана (фиг. 2).

Мы видим, что история формирования вулкана была в достаточной мере сложная. В первую фазу вулканизма образовался большой купол, который, возможно, вырос в кратере первичного стратовулкана. Переломным моментом в жизни вулкана явилось образование молодого стратовулкана. Этому предшествовал, очевидно, длительный период покоя, и возобновление активности могло быть вызвано оживлением тектонической деятельности. Так как первичное жерло оказалось запечатанным лавовой пробкой купола, то новый эруптивный центр несколько сместился к западу, и новый стратовулкан образовался в краевой части купола. Молодой вулкан проявлял различные типы извержений, то с излияниями лавы, то с выбросом больших масс рыхлого материала; усложняющим моментом было возникновение небольших латеральных куполов. На заключительном этапе деятельности стратовулкана в кратере образовался небольшой внутренний конус. Затем наступил период покоя, длившийся не менее трех-четырёх столетий. Вторым переломным моментом в жизни вулкана было извержение 1955-1956 гг., которому посвящены нижеследующие страницы.

ПРОЦЕСС ИЗВЕРЖЕНИЯ

Извержению предшествовал рой многочисленных вулканических землетрясений. Первый толчок этого роя отмечен 29 сентября в 19 ч. 39 м., смещение достигло 11 μ ; затем по одному толчку зарегистрировано со 2 по 5 октября, 6 октября их было четыре, 7-го - пять, 8 октября число землетрясений превысило 10, а 9 октября землетрясения насчитывались сначала десятками, а затем и двумя-тремя сотнями в сутки. 11 октября смещение почвы при одном из толчков превысило 100 μ , впервые были определены эпицентр (район вулкана Безымянного) и глубина (порядка 50 км). С 18 октября появились толчки с амплитудой в 1000 μ и более. Однако благодаря значительному периоду максимальной фазы толчки не ощущались и записывались только сейсмографами.

Характер роя землетрясений позволил нам со значительной долей уверенности ожидать близкого извержения. Сомнение оставалось только в пункте предстоящего извержения, так как эпицентр роя попадал в район сопки Безымянной, считавшейся потухшей. Но в данном случае сейсмика предсказала пункт извержения совершенно точно!

Извержение началось около 6 час. утра 22 октября. Начало извержения не ознаменовалось какими-либо особенными событиями; землетрясения продолжались с прежней частотой и силой; охотники, охотившиеся в это время на склоне вулкана Толбачик, в районе р. Студеной, недалеко от сопки Безымянной (примерно в 20 км), и возвращавшиеся в день извержения в пос. Козыревск, не слышали гула и даже не заметили начала извержения. Около 6ч. 30 м. утра сотрудник станции Н. К. Классов увидел за восточным склоном Ключевского вулкана белые клубы, напоминающие эруптивное облако (фиг. 3); приблизительно в это же время извержение было замечено А. Н. Лебедкиным из пункта в 12 км восточнее пос. Ключи. За час до этого горизонт был совершенно чистым. Утром из пос. Козыревск начальник ГМС т. Черных сообщил, что незадолго до очередного срока метеонаблюдений (7 час. утра) замечено извержение. Следует отметить, что вулкан Безымянный, будучи расположен в окружении высоких и хорошо известных вулканов, терялся и был почти неизвестен даже среди коренного местного населения ¹



Фиг. 3. Клубы газов первого взрыва Безымянной поднимаются из-за склона Ключевской сопки. 22 октября 1955 г., 06 ч. 30 м. Фото Н. К. Классова

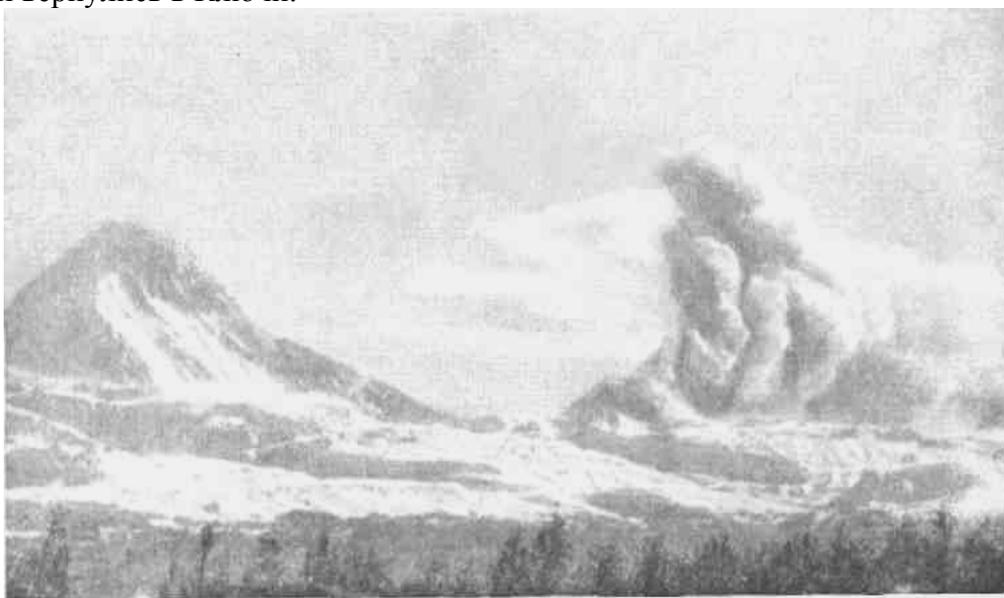
Этой неизвестности способствовало и то, что почти из всех населенных пунктов, опоясывающих Ключевскую группу вулканов, он скрыт другими сопками; вершина Безымянной видна только из района пос. Козыревск (45 км к западу от вулкана) и из д. Камаки (65 км к северо-востоку от вулкана). Благодаря малой известности вулкана у жителей Козыревска создалось впечатление, что на «Центральном долу», т. е. между сопками Плоской и Толбачиком, прорвался новый побочный кратер.

Сразу после первого газового взрыва началось выделение пепла, вскоре южная часть горизонта из Ключей - за Восточным склоном Ключевской сопки - оказалась затянутой густой дымкой пепла, затем пепловая мгла заволочла седловину между Ключевской и Плоской сопками. Во второй половине дня пелена пепла скрыла и вершину Ключевского вулкана. Вершинный кратер Ключевской сопки, едва паривший утром, постепенно усилил свою деятельность и днем даже немного выбрасывал пепел, затем активность его упала и в дальнейшем, в течение всего извержения вулкана Безымянного, Ключевской вулкан на него никак не реагировал.

¹ Отсюда и название «Безымянный», данное вулкану в 1909 г. С. А. Конради (вначале он принял ее за Зимину).

Утром 23 октября мы выехали на автомашине в Козыревск, все еще не зная точно пункта извержения. Уже из с. Красный Яр, по направлению полосы пепла, лежавшей на склоне Дальней Плоской сопки, вероятным местом извержения определилась сопка Безымянная. Из окрестностей Козыревского совхоза за склоном Плоской сопки показалась верхушка пеплового облака; подъезжая в сумерки к Козыревску, мы, наконец, увидели извергающийся вулкан - это была сопка Безымянная.

На следующий день, 24 октября, характер извержения можно было рассмотреть подробнее. Деятельность была типично вулканская. На высоту в 2 км над вулканом поднимался густой столб газов с пеплом, от которого к юго-востоку (в долину Сухой Хапицы) оттягивалась полоса пеплопада (фиг. 4). В трубу было отчетливо видно, что клубы пепла поднимаются не из вершинного кратера, а из пункта в восточной части массива немного ниже вершины - где-то в истоках восточной шарры (фиг. 5). Со стороны Козыревска это место было скрыто более высокой западной частью массива. Наблюдения необходимо было вести с востока - из района р. Сухой Хапицы. В этот же день мы вернулись в Ключи.

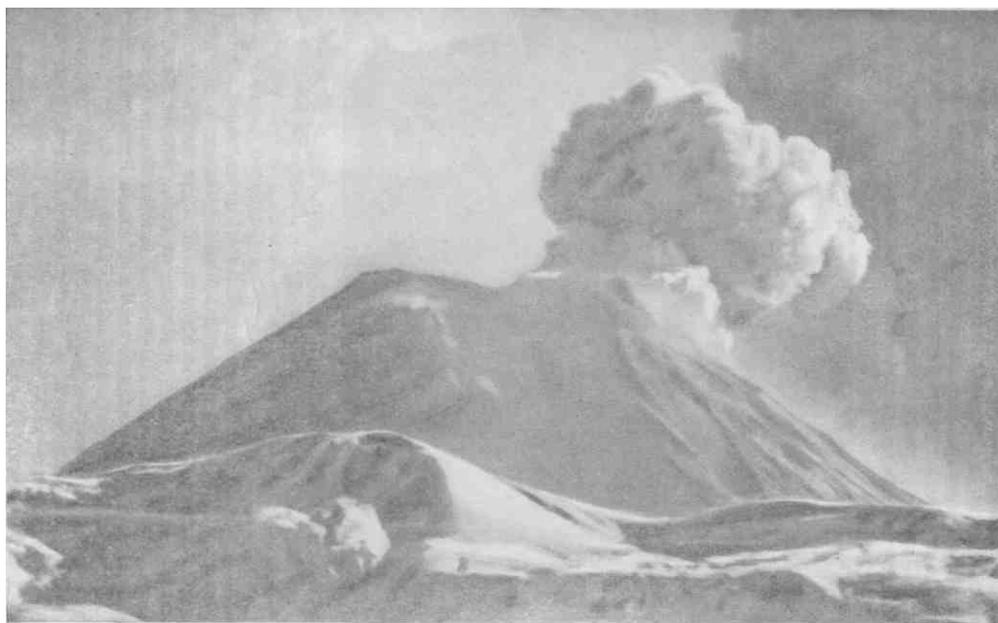


Фиг. 4. Извержение сопки Безымянной. 24 октября, 10 ч., слева вулкан Камень, вид из Козыревска. Фото автора

В окрестностях Ключей висела тонкая прозрачная дымка первого, очень слабого пеплопада. Утром 25 октября земля была покрыта тонким светло-серым налетом пепла, напоминавшим иней. В эту ночь выпало всего лишь $7,5 \text{ г/м}^2$ пепла.

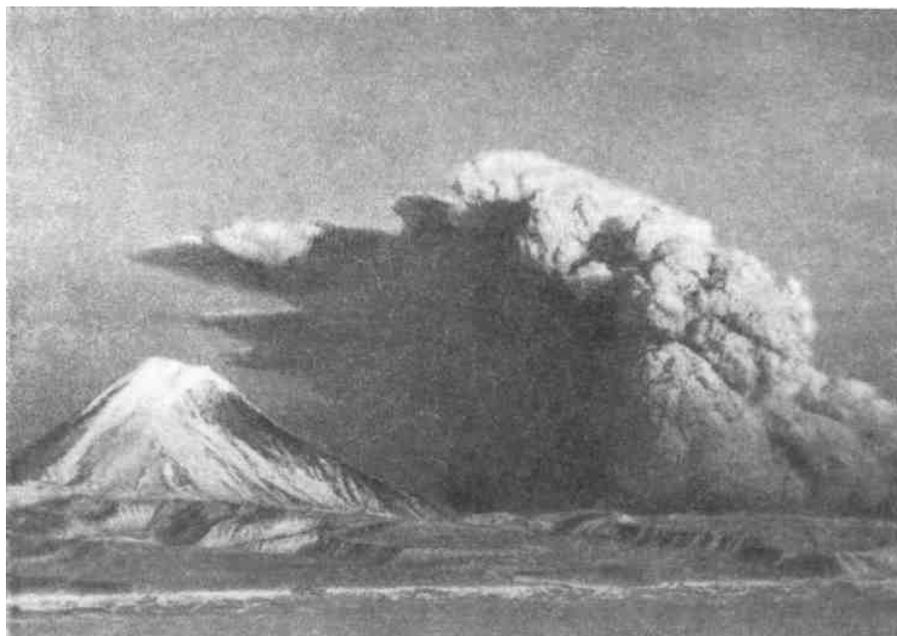
26 октября впервые наблюдался пеплопад на берегу океана - в пос. Усть-Камчатск (122 км к востоку от вулкана). 27 октября к югу и востоку от Ключей висела плотная пелена пепла; вечером начался слабый пеплопад и за ночь выпало $16,5 \text{ г/м}^2$ пепла.

Конец октября - начало ноября являются крайне неблагоприятным периодом для экспедиционных работ. В это время в горах и на долу уже лежат глубокие снега, а внизу снега все еще нет; таким образом, весьма затруднено использование как вьючного, так и собачьего транспорта. В горных речках нет в это время и воды. Положение усугублялось тем, что выпавший пепел испортил и без того скудный поздней осенью подножный корм, и нельзя было надеяться на помощь лошадей даже внизу. Впервые в нашей практике экспедиционных работ было решено использовать автомашины.



Фиг. 5. Вершина Безымянной, вид из Козыревска 24 октября 1955 г.
Телефото автора

28 октября на двух автомашинах марки ГАЗ-63 с запасом воды, с грузом экспедиционного снаряжения, тремя нартами и 30 собаками мы выехали к вулкану. (Мы намеревались доехать на автомашинах до снега, а затем перегрузиться на нарты). По мере приближения к вулкану слой пепла все увеличивался. В районе урочища Катлыныч мы вошли в зону пеплопада; над головой висело темное облако, из которого сыпался мелкий пепел. На земле лежало 2-3 мм пепла. В районе р. Голубельной, где мы свернули с телеграфной линии и углубились в лес, пепла было еще больше - на земле и ветвях деревьев лежало уже 8-10 мм пепла. Каждая нечаянно задетая ветка осыпала тонкой каменной пудрой, удар по дереву топором сопровождался целой лавиной пеплопада. Машины то и дело цеплялись за необрубленные ветки, вызывая непрерывный пепловый ливень. Все вещи пропитались пылью, пепел скрипел на зубах, забивал глаза.

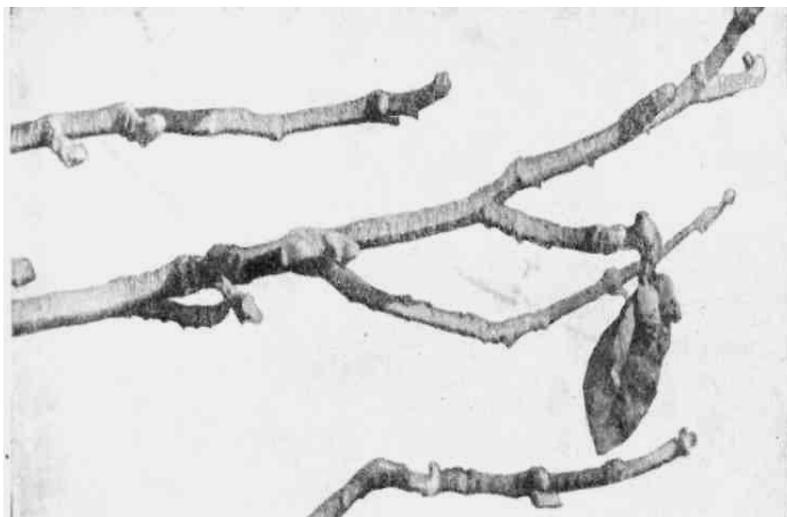


Фиг. 6. Извержение Безымянной 28 октября, вид из Козыревска Фото В. А. Шамшина

Остановившись на ночевку в русле одной из сухих рек, примерно в 25 км к востоку от Безымянной, мы слышали слабый, глухой рокот вулкана. Здесь мощность пепла достигала 2 см.

В этот день из Козыревска при ясной погоде можно было наблюдать высокий столб густых клубов пепла, который, достигал высоты 4 км над кратером. Верхняя часть пеплового облака отгибалась к северу, а от нижней к востоку оттягивалась густая туча пеплопада (фиг. 6). Мы находились на северном краю этой тучи.

За ночь туча пепла немного переместилась к северу и, утром 29 октября мы оказались в осевой части пеплопада. Пепел падал очень густо, напоминая сильный снегопад; особенно эффектно это было в пучках света автомобильных фар. Солнечный свет был не в силах пробить тучу пепла; было темно, как ночью, только иногда откуда-то сбоку пробивалось слабое, мутное освещение. Окружавшую темноту не могли разогнать и фары автомобиля, их свет быстро терялся в массе падающих частиц пепла. Впереди машин двигались темные фигуры людей, которые буквально ощупью выбирали дорогу. Все это создавало какое-то мрачное впечатление, и не верилось, что где-то рядом может сиять яркое солнце.



Фиг. 7. Пепел на ветках кустарника. Фото автора

В 9 ч. 30 м. утра стало светлее, и вскоре стена пеплопада осталась позади. На фоне темной, синевато-серой пепловой тучи особенно ярко выделялись белые, покрытые пеплом (золой, по местному выражению) стволы и ветви деревьев (фиг. 7).

Вскоре мы остановились у, конца лавового потока Апахончич - в 16 км от вершины Безымянной. Наблюдательный пункт было решено поставить здесь, так как снег оказался покрытым слоем пепла в 2 см и нарты двигаться не могли (фиг. 8). На траве, деревьях и сухих местах пепел лежал однородным, рассыпчатым светло-серым слоем. В долинах рек, где пепел лег на снег, поверхность пепла была более темная и разбита трещинами, образуя очень характерную поверхность. Под лучами солнца снег раскисал, и пепел превращался в липкую грязь.

К вечеру дымка прошедшего пеплопада стала спускаться вниз и ночью показалась вершина вулкана, над которой иногда вспыхивали молнии; изредка был слышен грохот.

Тучу пепла, которую мы пересекли утром, постепенно относил к северу; к 16 час она достигла Ключей, там заметно потемнело, начался пеплопад. К утру 30 октября на каждый квадратный метр слоем около 0,5 мм легло 264,5 г пепла.

30 октября в 7 ч. 30 м. облака над вулканом стали расходиться. Из лагеря нашего наблюдательного пункта вначале открылся светло-серый столб пепла, а затем показалась и вершина вулкана. Столб пепла вырывался из нового кратера,

образовавшегося немного ниже вершины массива, на границе старого купола и юного стратовулкана. По-видимому, канал страто-вулканатакже полностью запечатался, и зоной наименьшего сопротивления, по которой заложилось новое жерло, оказалась граница двух более старых каналов (речь идет, естественно, только о верхней части каналов).



Фиг. 8. Лагерь в наблюдательном пункте у конца потока Апахончича
Фото автора

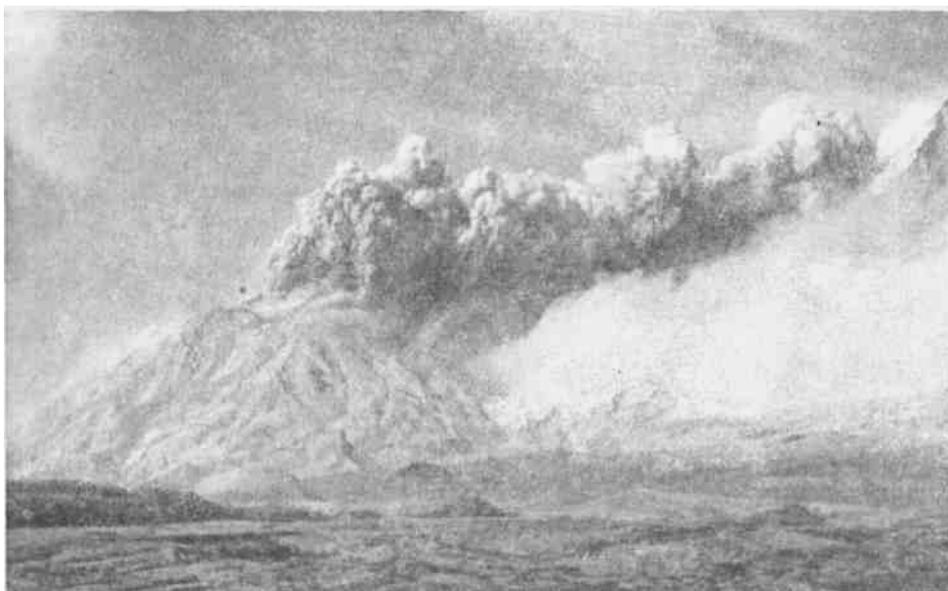
Судя по размерам столба пепла, диаметр жерла нового кратера не превышал 250 м, а диаметр его гребня - 350 м. Первые 160 м вверх клубы пепла проходили за 3 сек., т. е. со средней скоростью порядка 50 м/сек, следующие 160 м пепел проходил с меньшей скоростью - 40 м/сек. У самого кратера клубы пепла буквально кипели. На высоту 600-700 м столб пепла поднимался почти вертикально, затем начинал отклоняться к северу, окутывая вершины соседних вулканов - Камня и Ключевского (фиг. 9).

Поверхность эруптивного облака имела типичный вид «цветной капусты». В нижней части клубы-шары «капусты» имели диаметр 150 м; каждый такой шар состоял из мелких завитков 2-3 м в диаметре, которые вращались, если смотреть на левую сторону столба, против часовой стрелки. Выше шары расплываются, теряют четкие очертания, диаметр их увеличивается, вниз начинают падать струи пепла, а вверх отделяется светлая «фракция» газов.

В 10 час вулкан вновь закрылся облаками и открылся только в 18 час. уже после захода солнца. Над кратером в эруптивном столбе вспыхивали молнии. Сверкали они обычно «группами» - после серии вспышек следовал период покоя. Очевидно, молнии учащались в моменты некоторого усиления взрывов. Были видны как линейные, так и точечные разряды; цвет их на краю тучи был голубоватым, а в толще пепла - красновато-фиолетовым. Каждая молния сопровождалась коротким треском в телефоне радиоприемника. Много треска было и без видимых молний; конечно, значительной части молний в западной части тучи мы не могли видеть. Нарушений радиосвязи с Ключами (на коротких волнах) ни разряды, ни пеплопады не вызывали; не было нарушений и в приеме дальних вещательных станций.

Здесь, в 16 км от вулкана, иногда ощущались слабые толчки землетрясений. Сопоставление времени их с сейсмограммами показало, что ощущались лишь те толчки, которые вызывали в Ключах смещение порядка нескольких сотен микронов.

С 31 октября установился восточный ветер, погода испортилась, пошел снег. 1 и 2 ноября в Козыревске и на соседних лесосеках проходил сильный пеплопад, все уличные работы пришлось прекратить. Днем было «темно, как в сумерках».



Фиг. 9. Извержение Безымянной 30 октября 1955 г., вид из лагеря
Фото автора

4 ноября днем был вновь слышен шум вулкана, а вечером, после захода солнца, открылись сопки. Безымянная по-прежнему выбрасывала пепел на высоту до 800 м. 5 ноября сквозь облака на высоте около 6000 м (3000 м над кратером) была видна вершина пеплово-газового облака. 6 ноября с 10 до 12 час. был слышен сильный грохот, иногда в стороне от кратера. По-видимому, происходили взрывы, сопровождавшиеся сильной грозой.

6 ноября в районе кратера Карпинского (12 км от вершины Безымянной) был установлен новый лагерь, в котором мы с каюром А. В. Удачным и одной нартой собак остались для дальнейших наблюдений. В полночь начался сильный пеплопад. Около 03 час. 7 ноября раздался оглушительный грохот взрывов, затем вулкан непрерывно грохотал с 06 ч. 25 м. до 07 ч. 45 м., слышен был гул, распространявшийся и по земле. В наушниках радиоприемника в перерывах треска от разрядов молний слышался непрерывный слабый шорох; видимо, частицы пепла несли слабые электрические заряды. Интенсивный пеплопад, сопровождавшийся сильным запахом сернистого газа, продолжался до 10 час. К утру выпал слой пепла толщиной в 10 мм. С крыши палатки пепел пришлось сгребать лопатой (фиг. 10).

Прошедший сильный пеплопад нарушил запланированный отъезд второй группы в Ключи, а так как корма для всех трех нарт оставалось недостаточно, нам пришлось вновь спуститься в первый лагерь.

В 14 ч. 30 м. в нижнем лагере опять начался пеплопад, продолжавшийся до 18 час. На этот раз падали преимущественно крупные частицы - более 0,25 мм в диаметре. В темноте, когда открылся вулкан, на левом (южном), краю кратера, который, как казалось, несколько расширился, была заметна группа мощных фумарол. С 19 час 55 м. до 22 ч продолжался непрерывный сильный гул. Вулкан был закрыт струями пеплопада, над которым поднималась густая эруптивная туча.

Ночью было довольно тихо и только около 06 час. 8 ноября вновь была слышна «канонада» взрывов. В 07 ч. 59 м. ощущался толчок, через 40-50 сек. раздался сильный гул, который длился около часа. В 16 ч. 45 м. опять был слышен грохот вулкана. В 22 ч. 45 м. над вулканом, который к этому времени открылся, показалось слабое, но устойчивое тускло-красное освещение, которое держалось до 23 час. Грохота взрывов слышно не было, но к нашему лагерю протянулась полоса пепла, а в 01 ч. 30 м. (уже 9 ноября) начался пеплопад.



Фиг. 10. В верхнем лагере после пеплопада 7 ноября 1955 г.
Фото автора

9 ноября с большим трудом по пеплу мы спустились с нартами до нижней кромки снега, а 10 ноября на автомашинах вернулись в Ключи. Здесь с 13 ч. 30 м. 6 ноября до утра 7 ноября и с 14 час. 7 ноября до утра 8 ноября прошли сильные пеплопады. В сумме за эти два дня выпал слой в 3,5 мм, или 2200 г/м². Особенно сильный пеплопад был вечером 7 ноября. Сильный пеплопад имел место также 9 ноября с 12 час. до вечера; дневной свет сильно ослаб. На этот раз выпал слой пепла в 1,7 мм, или 1093 г/м².

11 ноября дымка пеплопада над Ключевской сопкой села, и из Ключей на юге были видны редкие вспышки молний. 12 ноября за Ключевской по горизонту тянулась свинцово-серая туча пепла.

3 ноября вечером стал виден столб пепла с плотной поверхностью типа, «цветной капусты», проектирующийся на фоне неба выше кратера Ключевской сопки. Весь вечер и всю ночь в эруптивной туче вспыхивали огромные яркие молнии, иногда шаровые, но чаще линейные. Молнии сверкали большей частью в стороне от кратера, причем преимущественно на нижней границе эруптивной тучи (фиг. 11). 14 ноября за Ключевской поднималась высокая пепловая туча; угол возвышения ее над горизонтом был измерен в 11° 30', что соответствует высоте 8,6 км над уровнем пункта наблюдения (Ключи) или 5,5 км над кратером. Временами клубы пепла поднимались до 13° над горизонтом, или на 6,6 км над кратером (9,7 км над уровнем моря) (фиг. 12). К вечеру высота эруптивной тучи упала; молний видно не было. Днем 15 ноября угол возвышения тучи измерен в 9°, что соответствует - 3,6 км над кратером.

15 ноября был установлен новый наблюдательный лагерь на р. Большой Хапице в юрте Плотникова - у перехода телеграфной линии через реку, в 38 км к востоку от вулкана. К сожалению, этот лагерь оказался в зоне постоянных пеплопадов и видеть вулкан почти не удавалось.

16 ноября высота пеплового облака снизилась до 2 км над кратером. Днем ветер переменился на восточный, южная и восточная части горизонта затянулись дымкой пепла. В 17 час. в Ключах начался очень сильный пеплопад, который продолжался более суток. 17 ноября рассвет наступил очень поздно; в 08 час. было еще совсем темно (взошло солнце в этот день в Ключах в 07 ч. 57 м.). В 09 час. появилось слабое сумеречное освещение. Весь день стоял мутный полумрак; освещение на улице было примерно такое, как в пасмурную лунную ночь. В домах горел электрический свет, автомашины ходили с включенными фарами. Все уличные работы пришлось прекратить, так как пепел забивал глаза и нос. Ясно ощущался запах сернистого, газа. Иногда

в северной или западной части горизонта наступало некоторое просветление, но временами пеплопад усиливался настолько, что на расстоянии 150-200 м уже не были видны освещенные окна домов и уличные фонари. К 18 час. пеплопад прекратился. К 09 час. 17 ноября выпало 8-9 мм; пепла - 5550 г/м^2 , а за день с 09 до 18 час.- 3 мм пепла, или 1960 г/м^2 .



Фиг. 11. Молнии в эруптивной туче 13 ноября 1955 г., ночной вид из Ключей
Фото автора



Фиг. 12. Эруптивная туча Безымянной 14 ноября 1955 г., вид из Ключей, на переднем плане -
Ключевская сопка. Фото автора

Всего за 25 часов выпал слой в 11,5 мм - 7510 г/м^2 . Это был самый сильный пеплопад с начала извержения.

Весь день 18 ноября стояла пепловая мгла, а в 19 час. пеплопад возобновился. За ночь выпало около 2 мм пепла - 1171 г/м^2 . В ночь с 19 , на 20 ноября выпал еще 1 мм пепла - 734 г/м^2 . 20 ноября в 15 ч. 20 м. с северо-востока принесло новую тучу пепла; к утру добавилось 2 мм пепла - 1422 г/м^2 . Это был последний сильный пеплопад. Всего с

начала извержения к 21 ноября (за месяц) в Ключах выпал слой пепла в 22 мм, или 14 418 г/м², причем 75% выпало за последнюю неделю, а 52% - за одни сутки (16/17 ноября).

В эти ноябрьские дни сильные пеплопады прошли повсюду вокруг вулкана. Темнота наступала даже в дер. Еловка (100 км к северу) и в пос. Усть-Камчатск (120 км к востоку).

После пароксизмальных взрывов 7-20 ноября сила извержения пошла на убыль. В окрестностях вулкана все еще проходили пеплопады, но уже не столь интенсивные. С 22 по 28 ноября за пять пеплопадов в Ключах в сумме выпало 1128 г/м² - слой около 2 мм. 30 ноября впервые вместо сплошной тучи, закрывающей весь небосвод, от Безымянной протянулась узкая (хотя все еще очень густая) полоса пепла. 1 декабря еще выпал слой пепла в 0,5 мм - 346 г/м², но в дальнейшем пеплопады были уже более слабыми.

Ноябрьские взрывы значительно расширили кратер, из которого иногда во всю его ширину поднималась струя пепла, но чаще выходили светлые клубы газов без примеси пепла. Со 2 по 9 декабря за три раза в Ключах выпало 58 г/м² пепла; с 13 по 15 декабря за два раза - 159 г/м². В январе 1956 г. из кратера выделялись преимущественно газы, и пепел в Ключах падал всего два раза - 1/2 января (2 г) и 7 января (8 г); в феврале - один раз 9 февраля (9,5 г). Всего в Ключах в сумме выпал слой пепла в 25 мм или на каждый квадратный метр 16128 г. Следует сказать, что пепловые тучи приходили в Ключи не по прямому направлению через Ключевскую сопку (42 км), а круглым путем: от вулкана сначала к востоку вдоль р. Сухой Хапицы, затем к северу по долине Большой Хапицы и, наконец, к западу по долине р. Камчатки; этот путь составляет не менее 80-90 км.

29 ноября, наконец, лег снег, но неоднократные попытки приблизиться к вулкану с востока (куда был открыт кратер) были неудачными: то останавливал слой пепла на снегу, по которому не могли двигаться нарты, то скрывала вулкан почти постоянная непогода. Недаром местные жители дали району Сухой Хапицы недобрые клички: «Кислая Яма» и «Гнилой Угол» - здесь почти всегда стоит туман, даже когда кругом ясная погода.

Из Козыревска вулкан бывал иногда виден, но отсюда (с запада) очертания вулкана не изменились; кратер по-прежнему был скрыт за сохранившейся высокой западной частью стратовулкана, и что делалось в кратере,- не было видно.

Подробно рассмотреть вулкан и узнать, что делается в его кратере, можно было только с самолета. И вот после трехнедельного ожидания ясной погоды, 25 января 1956 г., нам удалось, наконец, на самолете АН-2 вылететь к вулкану. Уже издали было видно, что кратер стал гораздо шире. Благодаря смелости и искусству опытного летчика А. И. Новоженина нам даже удалось заглянуть в кратер (фиг. 13).

Против нашего ожидания глубина кратера оказалась небольшой, дно его имело вид пологого, выпуклого щита и было покрыто пирокластическим материалом, из которого в одном-двух местах выступали острые скалы темной лавы. Видимо, вслед за ноябрьскими взрывами, расширившими кратер, в нем начался рост купола, и теперь мы видели вершину этого выдавливающегося внутрикратерного купола. Поверхность его была засыпана продуктами слабых взрывов, происходивших время от времени по краям купола, на границе его с жерлом. Можно было различить две эруптивные бокки - одну на юго-восточном и другую на западном краю купола. Из этих бокк в момент наблюдения выделялись густые клубы паров и газов. Более слабые клубы и струи поднимались во многих пунктах по периферии кратера, однако в центре купола фумарол не было.

В плане кратер имел форму немного растянутого в широтном направлении круга с диаметром приблизительно в 1000 м. Гребень кратера имел наибольшую высоту в западной части, к востоку он снижался и на восточном краю гребня была довольно заметная выемка, от которой спускалась полузасыпанная восточная шарра.



Фиг. 13. Кратер Безымянной 25 января 1956 г.
Фото автора

Южный и юго-восточный склоны вулкана претерпели значительные изменения. Расширившийся кратер захватил часть вершины древнего купола и внутренний конус стратовулкана и теперь на месте последнего находилась одна из газовых бокк; из двух маленьких лавовых потоков в привершинной части южного склона один (западный) потерял свои истоки, а второй был обрезан гребнем нового кратера почти полностью.

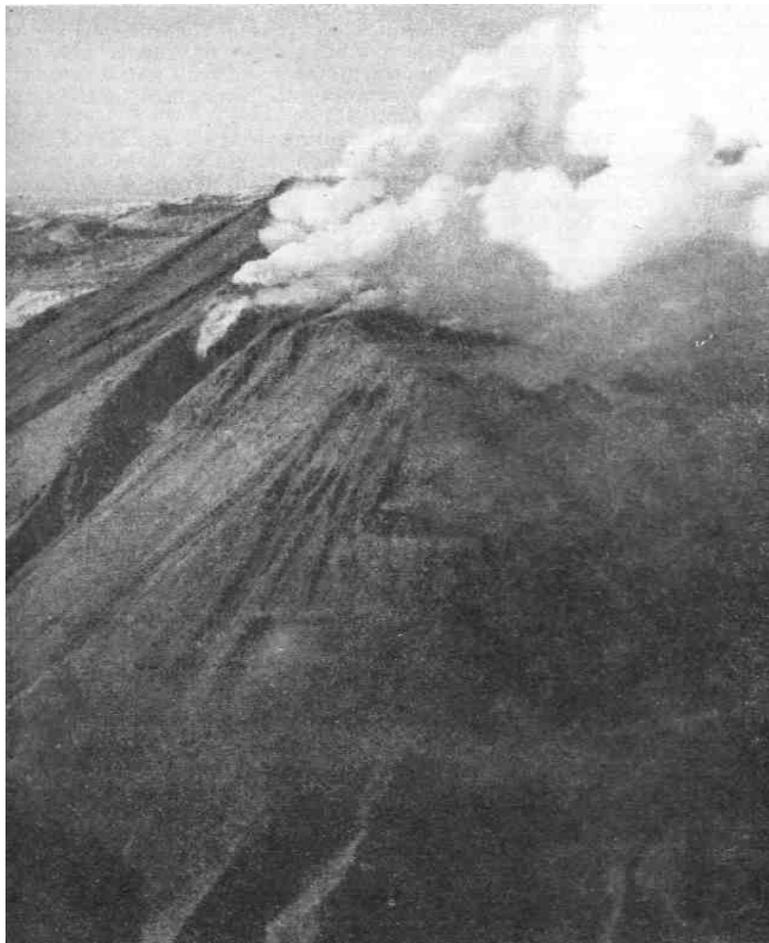
Рост внутрикратерного купола сопровождался подвижками на юго-восточном склоне вулкана и теперь очень отчетливо выделялся древний купол и граница между ним и стратовулканом. Особенно заметными были подвижки на самой границе, где была выдвинута скала, испещренная сотнями мощных фумарол. Скала эта, радиально пересекающая гребень кратера, была покрыта желтыми и зеленовато-желтыми пятнами возгонов (на фиг. 13 справа).

Древний купол² имел плоскую вершину, южный склон его частично обвалился, но юго-восточный сохранился хорошо и здесь на склоне четко выделялись крутые скалистые гребешки, столь характерные для всех экструзивных куполов (фиг. 14). Вниз от купола спускалась агломератовая мантия со следами свежих обвалов. В восточной части купола еще сохранился неровный острый гребень истоков восточной шарры, частично засыпанный массой свежего пепла. Восточная шарра в момент наблюдения, находилась в глубокой тени и просматривалась с трудом; было видно, что она сильно засыпана рыхлым материалом. Западный склон вулкана остался без заметных изменений (фиг. 15).

Теперь, когда старые формы «отпрепарировались», с самолета очень хорошо стало видно, что массив Безымянной сопки сложен двумя тесно слившимися конусами, граница которых, помимо четкого морфологического различия, определялась тупым входящим углом на южном склоне, образующим в плане форму восьмерки (фиг. 16).

² Вернее юго-восточная часть древнего купола.

В день нашего полета вулкан проявлял лишь фумарольную деятельность (фиг. 17). Клубы и струи газов, выходящие из отдельных бокк и фумарол, сливались над кратером в мощную струю, и издали казалось, что вулкан густо клубит всей поверхностью кратера. Такое спокойное состояние нередко нарушалось довольно сильными единичными взрывами. Так, например, 27 января столб пепла поднялся на 3—3,5 км над кратером и был хорошо виден из Ключей.



Фиг. 14. Древний купол на юго-восточном склоне Безымянной, 25 января 1956 г.
Фото автора

Подробнее деятельность вулкана в этот период (с 4 по 9 февраля 1956 г.) наблюдал сотрудник станции Н. К. Классов. После семидневного утомительного перехода по глубокому снегу группа в составе Н. К. Классова, В. А. Бернштейна, каюров Н. В. Селиванова и А. В. Удачина добралась до нашего наблюдательного пункта у лавового потока Апахончич. Оказалось, что в южной части кратера происходят частые небольшие вертикальные взрывы, которые вызывают образование раскаленных лавин. Из лагеря путь лавин был скрыт за образующей конуса, наблюдались только быстро скатывающиеся за склоном клубы пепла. Иногда имели место более сильные взрывы, поднимающие столб пепла на высоту в 2-3 км над кратером и сопровождавшиеся более сильными лавинами. Наиболее мощная горячая лавина наблюдалась 9 февраля в 10 ч. 15 м. (фиг. 18), она дошла до подножья вулкана за 50 сек., а клубы пепла от лавины поднялись выше Безымянной. Скорость лавины составляла приблизительно 50-60 м/сек, или порядка 200 км/час (по склону в 35°).

При сопоставлении сделанных в это время фотографий (фиг. 19) с более ранними (с тех же пунктов) можно было видеть, что в юго-восточной части вулкана имели место не только местные подвижки, но произошел общий подъем древнего купола, слагающего эту часть массива, приблизительно на 100 м. При этом новая линия

склона заметно передвинулась к юго-востоку и вулкан как бы расширился. На фиг. 20 на фоне старых очертаний вулкана даны новые, мы видим, что бросающееся в глаза расширение вершины было обусловлено не только увеличением кратера, но в значительной мере и ростом старого купола (на 230 м).



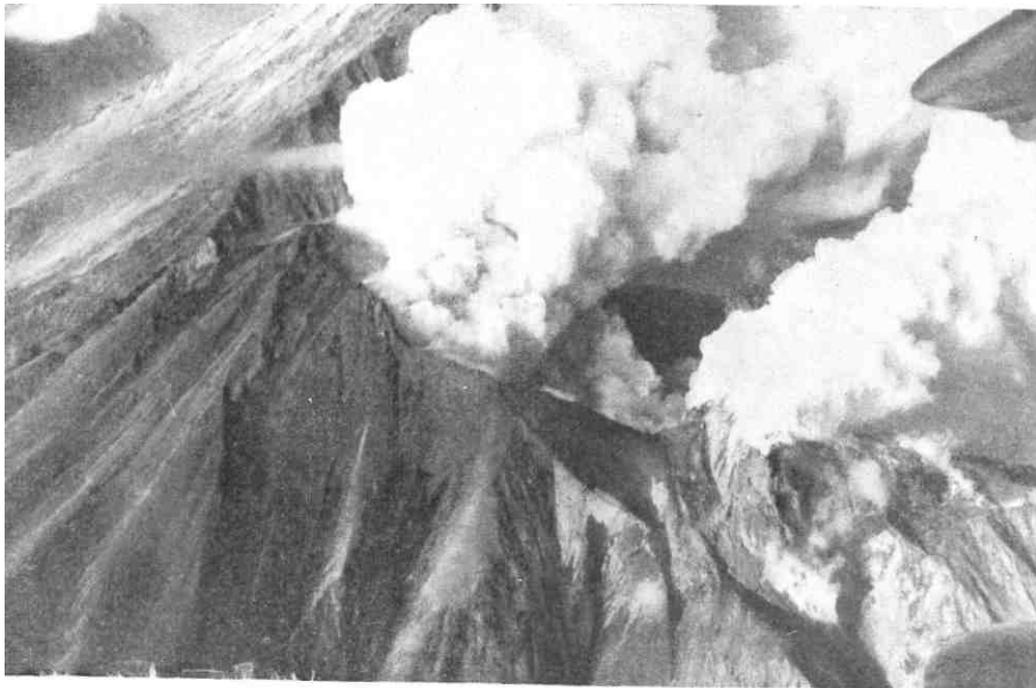
Фиг. 15. Вулкан Безымянный с запада, 25 января 1956 г.
Фото автора

Крутизна этой части склона заметно увеличилась - с 30 до 35°; верхние 300 м были сложены массивным телом купола, а низ - рыхлым аггломератом, формирование новых порций которого сопровождало движение древнего купола. Свежая брекчиевая кора полностью перекрыла значительную часть восточной шарры. Истоки этой шарры были перегорожены пепловым валом нового кратера, мощный слой пепла (до 80-100 м) лежал и на прилегающей к шарре части древнего купола, причем очень четко была видна неровная граница между куполом и покрывающим его пеплом.

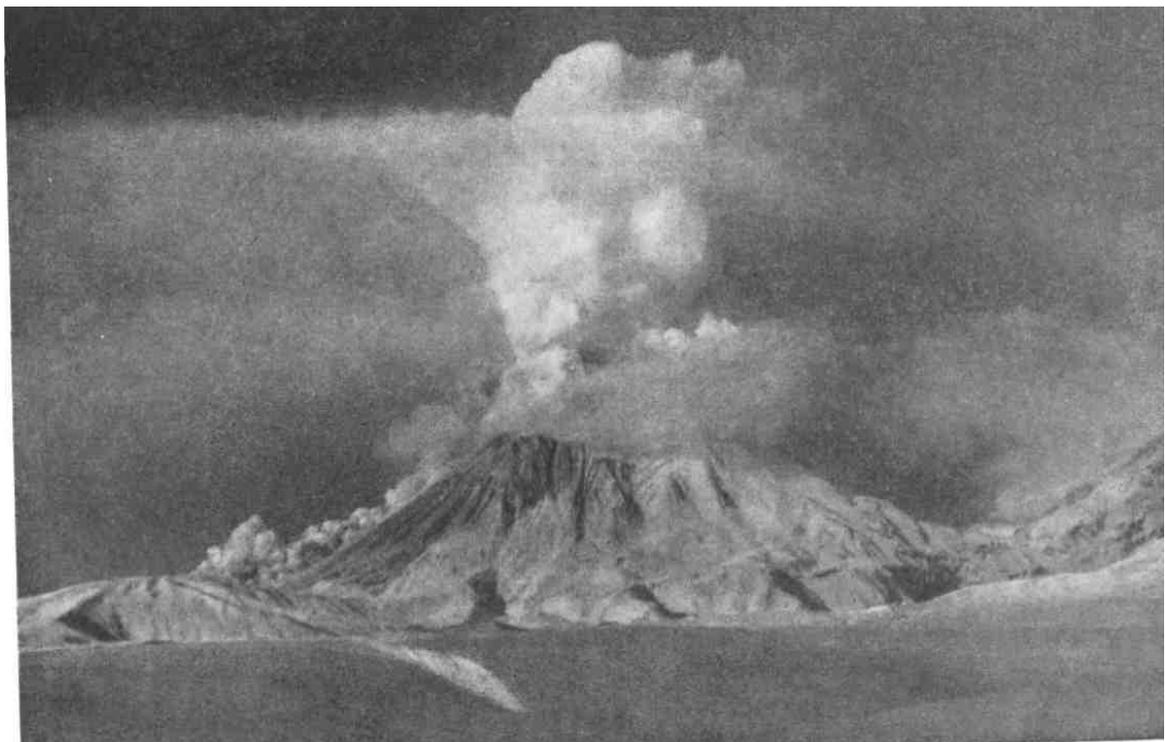
Гребень нового кратера проходил в общем по границе древнего - в истоках восточной шарры, но в южной части граница заметно изменилась частью за счет расширения при взрывах, частью за счет роста старого купола.



Фиг. 16. Южный склон вулкана Безымянного, 25 января 1956 г.
Фото автора



Фиг. 17. Фумарольная деятельность в кратере Безымянной, 25 января 1956 г.
Фото автора



Фиг. 18. Раскаленная лавина на склоне Безымянной 9 февраля 1956 г. Вид с востока из района
верхнего лагеря. Фото Н. К. Класова

Возобновление роста части старого купола после покоя в течение нескольких столетий, а быть может, что вернее, и нескольких тысячелетий явилось исключительным фактом³ и свидетельствовало о необычайно мощном магматическом давлении, которое не могло разрядиться путем выжимания одного только внутрикратерного купола.

³ В известной нам вулканологической литературе мы не встречали описания возобновления роста древних куполов после столь долгого периода затишья.

Рост внутрикратерного купола вместе с оживлением древнего купола, сопровождающийся вертикальными взрывами и нисходящими раскаленными лавинами, продолжался в течение февраля и марта. Участвовавшие лавины почти непрерывно окутывали вулкан пеленой пепла, и попытки осмотреть вулкан с запада в конце февраля и двадцатых числах марта оказались неудачными.



Фиг. 20. Сопка Безмянная до извержения (июль 1949 г.); сплошной тонкой линией показаны очертания вулкана в феврале 1956 г., точками - кратер 30 октября 1955 г.
Фото автора

К концу марта сила взрывов, по-видимому, несколько увеличилась, и 28 марта в Ключах после 50-дневного перерыва был небольшой пеплопад; выпало $10,8 \text{ г/м}^2$.

30 марта в ходе извержения наступил переломный этап. В этот день произошел грандиозный взрыв, уничтоживший вершину вулкана и совершенно изменивший не только его форму, но и рельеф окружающей его местности. Это было наиболее сильное извержение на Камчатке за последние 50 лет (после извержения кальдеры Ксудач), по силе и характеру проявления оно более всего приближается к извержению знаменитого вулкана Катмаи на Аляске в 1912 г.

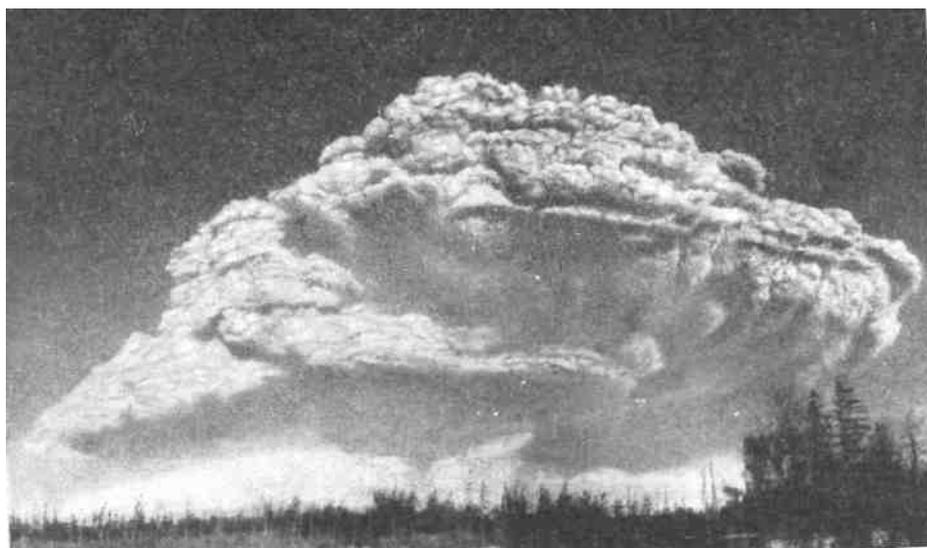
День 30 марта был ясным, и извержение наблюдалось в той или иной форме из всех окрестных селений. Описание событий сделано по опросу многочисленных очевидцев; большую пользу принесли фотографии любителей-фотографов, давшие ценный объективный материал. Автор пользуется случаем выразить благодарность всем лицам, предоставившим в наше распоряжение фотоснимки извержения, в частности: И. В. Ерову, В. А. Шамшину, А. Буркову и С. М. Трубицыну.

Сведения о времени начала извержения, по данным разных лиц, несколько расходятся. Это вполне естественно, так как не все могли увидеть взрыв в один и тот же момент; он привлек внимание, когда эруптивная туча достигла уже больших размеров. В момент извержения произошло довольно сильное вулканическое землетрясение, - очевидно соответствующее началу извержения - 17 ч. 11 м. 05 с. по местному времени. Это время хорошо согласуется с временем, определенным по распространению взрывной волны, записанной барографами многих метеостанций.

Одним из первых увидел извержение линейный monter В. П. Сорокин из дер. Камаки. Находясь в доме, он почувствовал «давление на уши», т. е. резкое изменение давления, и сразу же понял, что на вулкане что-то произошло; выбежав на улицу, он увидел над вулканом Безмянным косо направленный к востоку (около 30° к горизонту) эруптивный столб, который был насыщен «искрами» и казался огненным (судя по скорости распространения барической волны, это было через 3 минуты после

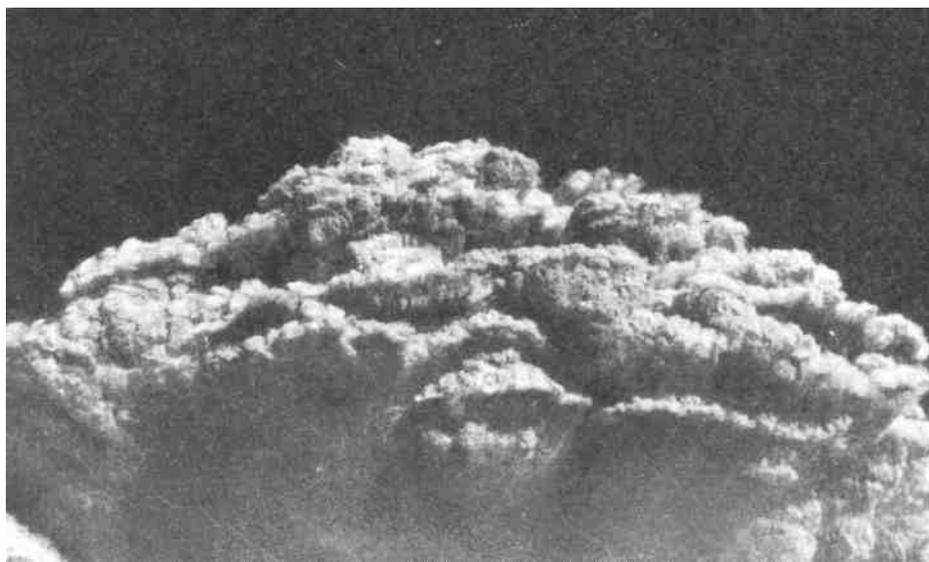
начала извержения). Над этой «огненной струей» также косо, около 45° к горизонту, быстро росли клубы «дыма», которые через 1-2 минуты закрыли вершины всех вулканов. Через 4-5 минут по долине Сухой Хапицы и у юго-восточного подножья Ключевской сопки стали подниматься светлые пары, причем по долине Хапицы они как бы катились волнами и сопровождались искрами (это были аггломератовые потоки). Вскоре густое черное эруптивное облако с мощным пеплопадом, которое быстро двигалось в сторону наблюдателя, скрыло ход дальнейших событий. Интересно отметить, что резкое изменение давления по неприятным ощущениям в ушах отметили многие жители дер. Камаки; к сожалению, здесь нет метеостанции и величина барической волны осталась неизвестной.

Благоприятные условия наблюдения были в районе Козыревска; склонявшееся к закату солнце хорошо освещало всю картину извержения, а юго-западный ветер в высоких слоях атмосферы сносил пепловую тучу в сторону от Козыревска, оставляя вулкан открытым. По наблюдениям отсюда эруптивная туча быстро расширилась веерообразно в стороны и вверх. Нижняя граница образовавшегося гигантского «веера» проходила на уровне 6-8 км, а верхняя - на высоте около 35 км. Гиганты Ключевской группы вулканов совершенно потерялись перед грозным величием этой колоссальной вулканической тучи (фиг. 21). В момент взрыва все сопки были открыты, но затем быстро затянулись мощными «шапками» атмосферных облаков. Вертикальная скорость движения тучи замерена не была, но все очевидцы единодушно подчеркивают ее быстроту и стремительность. Поверхность тучи имела типичный вид «цветной капусты» (фиг. 22). В начале извержения туча стала распространяться по всем направлениям, в том числе и к Козыревску, и в это время особенно хорошо были видны детали ее строения (фиг. 23), затем ветер отогнал тучу к северо-востоку. На фиг. 24 виден один из начальных моментов извержения; здесь наряду с общей грандиозностью картины следует отметить несколько важных моментов: 1) взрывы не разрушили западную часть вершины вулкана; 2) взрывы были направлены не вертикально вверх, а довольно сильно наклонены к востоку; 3) у подножья вулкана поднимались пепловые тучи от нисходящих раскаленных лавин, одна из туч спускалась к истокам р. Студеной, вторая (более мощная) в долину р. Сухой Хапицы. Мощная пепловая стена последней была видна и из Ключей.



Фиг. 21. Панорама эруптивной тучи 30 марта 1956 г., внизу слева в шапке облаков - вулканы Ключевской группы; вид из окрестностей Козыревска
Фото И.В. Ерова

Взрыв на вулкане не был единичным. Минут за 10-20 до главного извержения произошел более умеренный взрыв. В это время сотрудник Вулканологической станции Н. Д. Табаков с каюром Н. И. Удачным находились в пути в «щеках» р. Камчатки (80 км к северо-востоку от вулкана). Около 17 час. они увидели, как над хребтом Кумроч, скрывающим горизонт, поднялось светлое эруптивное облако в форме гриба, ножка которого быстро сужалась и через 8-10 минут оборвалась. Вслед за этим с гулом поднялось второе, уже темное облако, опоясанное вспышками непрерывных молний. Вскоре нарты попали в краевую зону пеплопада и дальнейшее движение стало невозможным.



Фиг. 22. Вершина эруптивной тучи, вид из Козыревска. Фото В. А. Шамшина

Из Усть-Камчатска была хорошо видна туча главного взрыва, закрывшая всю западную половину горизонта. Сама туча была непроницаемо черная, но светлые края ее, пронизанные лучами заходящего солнца, образовали блестящее золотистое обрамление (фиг. 25). Минут через 15-20 после главного взрыва над эруптивной тучей поднялся узкий газовый клин еще одного взрыва, который был виден только из Усть-Камчатска. Этот взрыв был направлен косо к востоку и его туча направилась к востоку - поперек общего движения пепловой тучи на северо-восток. Облако этого взрыва было мало насыщено пеплом, и лучи солнца, пронизав, окрасили его в огненно-желтый цвет.

На негативах снимков из Усть-Камчатска точнее всего можно было определить высоту пепловой тучи; вершина пеплового облака достигала высоты 34-35 км, а клинообразный выброс последующего взрыва увеличил высоту еще на 8-10 км, т. е. почти до 45 км. Конец извержения был закрыт со стороны Усть-Камчатска завесой пеплопада, повисшей над хребтом Кумрочей. В Ключах условия наблюдения собственно извержения были наименее благоприятными, но сюда направилась пепловая туча главного взрыва и здесь хорошо были видны явления, происходящие в туче, которая стремительно надвинулась с юга. Она не была широкой, на востоке и западе было видно ясное небо. Туча сильно клубилась и быстро меняла свои очертания, продвигаясь к северо-востоку. Она казалась очень плотной и почти осязаемо тяжелой. Вместе с тучей накатывался и рос сильный гул грома от непрерывно сверкавших молний. Когда пепловая туча была над головой, внезапно поднялся сильный северо-восточный ветер (в направлении к вулкану) и через 4-5 минут также внезапно прекратился. Около 17 ч. 40 м., когда туча уже прошла зенит, начался пеплопад; грязная поверхность подтаявшего снега быстро покрылась светло-серым налетом.



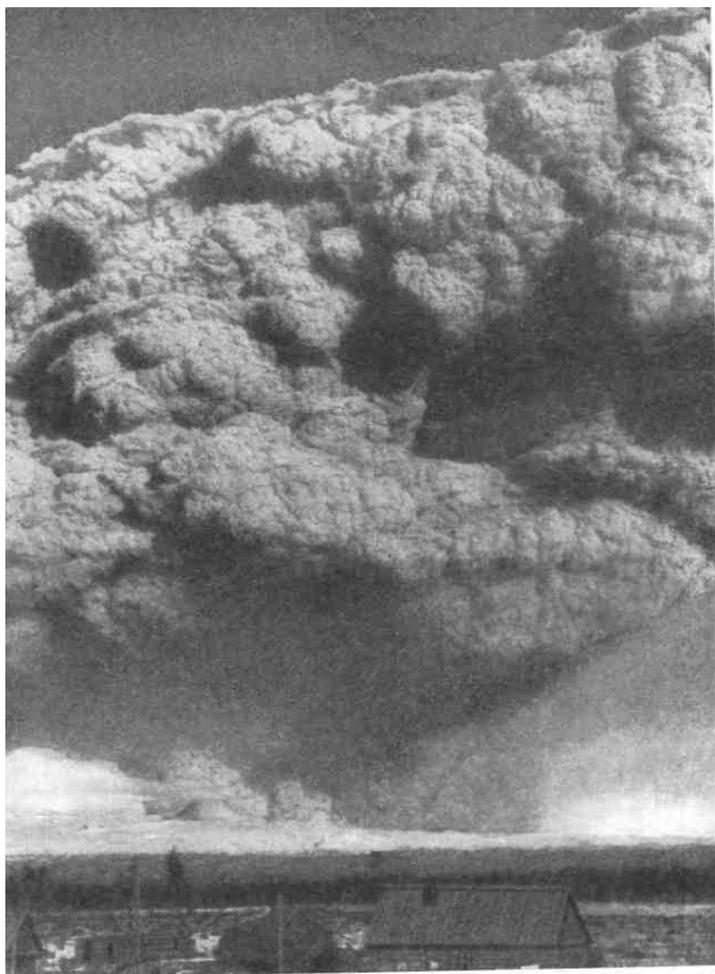
Фиг. 23. Нижняя поверхность эруптивной тучи
Фото В. А. Шамшина

Вначале падали только отдельные крупные песчинки (диаметром до 3 мм), которые, как град, барабанили в оконные стекла, затем к 17 ч. 50 м. пеплопад усилился, а к 18 ч. 20 м. наступила непроницаемая тьма; нельзя было различить собственную руку, даже поднеся ее к глазам. Возвращавшиеся после работы жители блуждали по поселку в поисках своих домов.

Оглушительно грохотали непрерывные раскаты грома, но свет молний не мог пробить толщу пеплопада; только очень близкие разряды давали вспышку рассеянного света. Воздух был насыщен электричеством, самопроизвольно звонили телефоны, перегорали репродукторы радиотрансляции, из ввода антенны радиоприемника сыпались искры... Сильно пахло сернистым газом. К 21 часу пеплопад ослабел, показались участки звездного неба. За три с половиной часа в Ключах выпал слой пепла в 20 мм, или $24,5 \text{ кг/м}^2$. Внизу лежал более крупный песок, а выше - тонкий пепел (фиг. 26). Насколько хватал взгляд, лежала однообразная серая пелена пепла. Нартовая дорога была совершенно испорчена.

Пеплопад ушел на северо-восток. В районе вулкана Шевелуч (80 км от Безымянной), где находилась группа сотрудников станции с И. И. Гущенко во главе, пеплопад был столь же интенсивным, как и в Ключах. В момент извержения люди находились в долине р. Каменской; пеплопад настиг их на подъеме к базовому домику. Несмотря на все усиливающийся пеплопад, группа продолжала подниматься вверх, но к 18 ч. 50 м. наступила такая чернильная темнота, что пришлось кое-как ставить палатку, не дойдя 300 м до базового домика. Кругом был лес, но палатку пришлось

натянуть на лыжах, так как не было возможности отойти от нарт даже на несколько шагов... Как и в Ключах, здесь непрерывно грохотал гром. К 03 час. 31 марта мгла рассеялась, на снегу лежал слой пепла в 2 см, или $22,3 \text{ кг/м}^2$.



Фиг. 24. Извержение Безымянной 30 марта 1956 г., вид из Козыревска Фото В. А. Шамшина

В ответ на наши запросы метеостанция Ука (225 км к северо-востоку от вулкана) сообщила, что там выпал слой пепла в 3 мм, а в районе станции Оссора (400 км к северо-востоку от вулкана) пепел лег слоем в 0,7 мм. Надо сказать, что оба названных пункта находились, по-видимому, не в осевой части пеплопада, последняя проходила в районе пролива Литке и острова Карагинского.



Фиг. 25. Эруптивная туча взрыва 30 марта 1956 г., вид из Усть-Камчатска
Фото А. Буркова

Таким образом, пеплопад прошел узкой, но длинной полосой, ширина которой едва достигала 50 км, а длина превышала 400 км. Общее количество пепла на этой площади составляет по самым скромным подсчетам 0,1-0,2 км³.

К западу и югу от вулкана (до Эссо- в 125 км) пеплопад не наблюдался, но была сильная дымка и ощущался острый запах сернистого газа.

Видимая картина извержения была грандиозной и намного превосходила все то, что приходилось видеть даже старожилам Камчатки, но во всей мощи извержение предстало тогда, когда удалось побывать у вулкана и увидеть последствия взрыва. 4 апреля мы пытались осмотреть вулкан с самолета, но стояла такая густая дымка, что ничего нельзя было рассмотреть. Выпавший толстый слой пепла исключал возможность применения нарт, без которых работа в это время года в горах невозможна. 11-14 апреля мы с группой сотрудников прошли на тракторе в район юрты Плотникова, где грязевым потоком была разрушена линия телефонной связи с Усть-Камчатском. 23-28 апреля нам с каюрами Н. В. Селивановым и Н. И. Удачным удалось пройти к нашему лагерю у потока Апахончича, а затем и в долину р. Сухой Хапицы. Отсюда с одной нартой, запряженной 24 собаками, мы спустились по песку к юрте Плотникова и по пеплу вернулись в Ключи. В этой поездке пришлось бросить одну нарту, часть снаряжения и продовольствия, так как тащить нарты по песку на протяжении около 200 км (в оба конца) собакам было не под силу. 15 мая мы осмотрели на вельботе язык грязевого потока у р. Камчатки, а 21-26 мая наблюдали изменения в форме вулкана со стороны Козыревска. В итоге составила довольно полная картина результатов извержения.

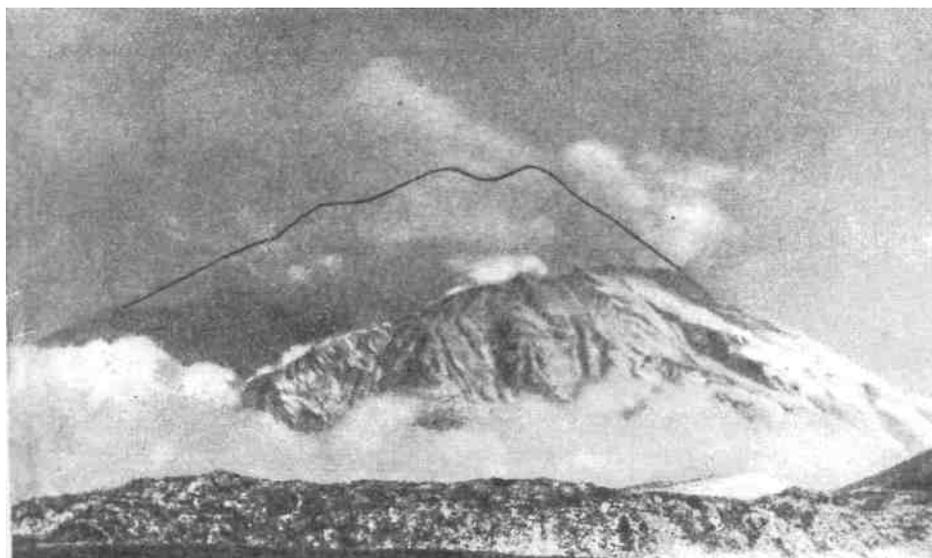


Фиг. 27. Вулкан Безымянный до извержения (июль 1949 г.)
Фото автора

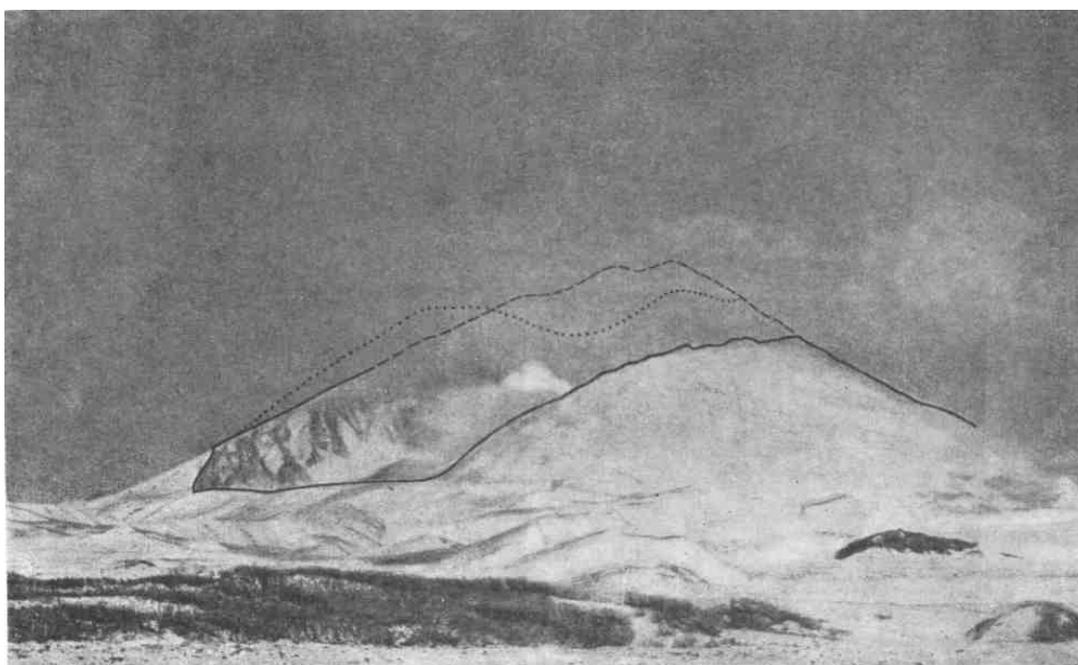
В нашей апрельской поездке к вулкану Безымянному мы шли прямо по долине через кратеры Туйлу и Билюкай. Следует заметить, что между этими кратерами пепла было заметно меньше, чем в Ключах или на Шивелуче, а именно - около 5 мм. Пепловое облако было как бы переброшено через ближайшие окрестности вулкана, что опять-таки свидетельствует о необычной силе взрыва.

Уже из района нашего осеннего лагеря стал виден мощный аггломератовый поток в долине р. Хапицы с тысячами вторичных фумарол. Бесчисленные паровые струи сливались наверху в плотное облако, совершенно скрывавшее сопку Зимину. Вулкан Безымянный неузнаваемо преобразился: вместо высокого большого конуса (фиг. 27) стоял полукольцевой кальдера-вулкан (фиг. 28). (Оба снимка сделаны с одной точки от кратера Карпинского). Вершина понизилась не менее чем на 300 м. Купол в юго-восточной части вулкана был нацело уничтожен, и громадный кратер занимал не

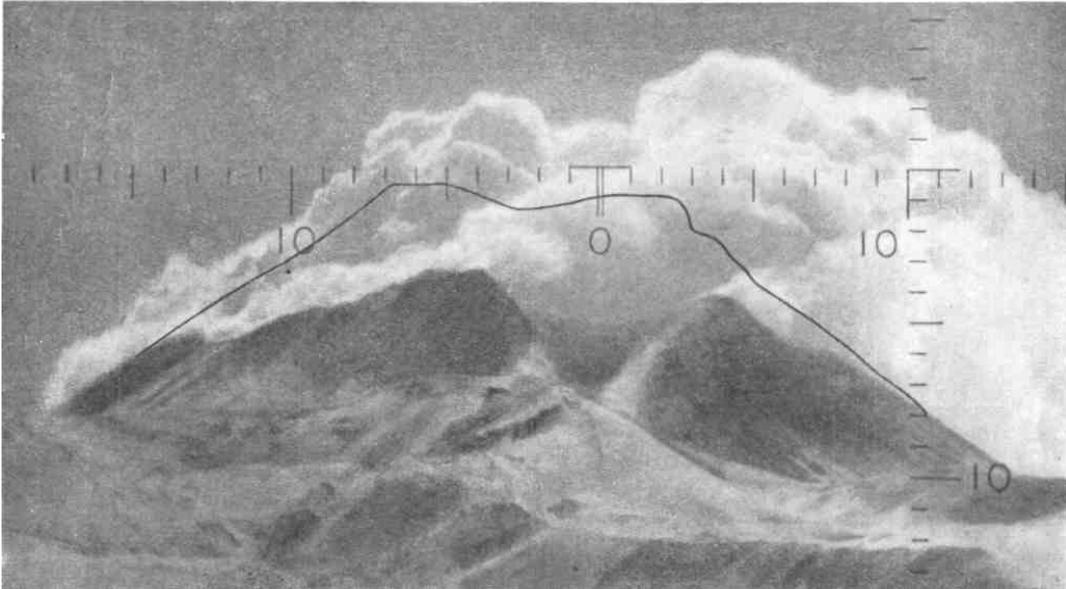
только вершину, но и весь юго-восточный склон до самого подножья (фиг. 29). Образовавшийся кратер имел форму вытянутого в широтном направлении полукольца размерами 1,5 X 2,5 км. Неровный, рваный гребень кратера был косо срезан к востоку; на западе он имел наибольшую высоту, а на востоке спускался до самого основания вулкана и был открыт в эту сторону. Интересно отметить, что в восточной части склона сохранился небольшой участок свежей аггломератовой мантии древнего купола (сравни фиг. 18, 19 и 28). С западной стороны вулкан также заметно понизился (примерно на 150 м); западная шарра сохранилась (фиг. 30), восточная же была полностью включена в новый кратер.



Фиг. 28 Вулкан Безымянный после взрыва 30 марта 1956 г. (снято в апреле). Черной линией показаны очертания до извержения
Фото автора



Фиг. 29. Вулкан Безымянный после взрыва 30 марта 1956 г. (снят из нижнего лагеря в апреле 1956 г.)
Штриховой пунктир - очертания вулкана до извержения, точечный - в феврале 1956 г.
Фото автора



Фиг. 30. Вершина вулкана Безымянного после взрыва 30 марта 1956 г., снято из Козыревска в мае 1956 г., одно деление шкалы равно 45 м
 Контурная линия - очертания вулкана до извержения (см. фиг. 5)
 Телефото автора

Верховья р. Сухой Хапицы на протяжении 18 км от вулкана засыпаны мощным аггломератовым потоком из хаотической смеси пепла, песка и глыб лавы всевозможных размеров (фиг. 31). С поверхности потока поднимаются многие тысячи вторичных фумарол (фиг. 32), образуя Камчатскую «Долину Десяти Тысяч Дымов» (фиг. 33). Фумаролы приурочены преимущественно к южной части долины и группируются вдоль довольно узкой линии. По-видимому, дымы фумарол отображают погребенное русло реки. Нужно сказать, что раньше этот район был пересечен долинками сухих речек, теперь же он образует плоскую, слегка наклоненную к востоку равнину. Все неровности погребены под многометровым покровом рыхлых аггломератов, мощность их составляет минимум 20 м, а местами превышает сотню метров. Аггломераты занимают площадь приблизительно в 50 км², их объем составляет по меньшей мере 1,5 км³. Трудно представить масштаб раскаленных лавин, которые бушевали здесь под покровом непроглядного пеплопада.



Фиг. 31. Поверхность аггломератового потока, апрель 1956 г.
 Фото автора

Севернее аггломератового потока, на пути от невысоких моренных холмов, где расположен огромный моренный валун «Камень Амбон», до края старого лавового потока у Юбилейного прорыва, встречены три «песчаных потока», которые выходят из ущелий на склонах вулкана (фиг. 34). Эти потоки сложены преимущественно песком без примеси более крупного каменного материала. Местами песок плотный и свободно выдерживает тяжесть человека, но иногда это совершенно сухой, еще теплый, очень рыхлый песок, и нога тонет в нем по колено (фиг. 35). На поверхности потоков встречаются обугленные ветви кустов.



Фиг. 32. Вторичные фумаролы на аггломератовом потоке, апрель 1956 г.
Фото Н. В. Селиванова



Фиг. 33. Камчатская «Долина Десяти Тысяч Дымов», апрель 1956 г.
Фото автора



Фиг. 34. Песчаный поток, апрель 1956 г. Фото автора



Фиг. 35. Рыхлый песчаный поток, апрель 1956 г. Фото автора

Еще далее к северу, между лавовыми потоками кратеров Заварицкого и Апахончич (в расстоянии до 16-20 км от Безымянной), снег покрыт слоем пепла в 6-8 см, причем пепел в момент извержения ложился еще горячим, и слой снега в 2-3 м почти целиком растаял. Мало того, пепел не падал спокойно сверху, а вырывался с силой, подобно струе из гигантского пескоструйного аппарата. На возвышенных местах, где нет следов водных потоков, по-видимому, струями песка стволы и ветви кустарников со стороны, обращенной к вулкану, гладко ободраны, в то время как с противоположной стороны кора хорошо сохранилась (фиг. 36). На опушках кустарниковых зарослей ободраны все стволы. Дальше, в гуще зарослей, повреждения быстро уменьшаются и сходят на нет. Интересно, что пепел не только ободрал, но и высушил стволы, они легко с треском ломаются и без труда загораются.

Наш лагерь в наблюдательном пункте у потока Апахончича, расположенный в 16 км от Безымянной и отделенный от вулкана несколькими глубокими долинами и барьером лавового потока, считался нами безопасным, но он оказался в зоне разрушений. По счастью, в момент извержения там никого не было, и обошлось без жертв.

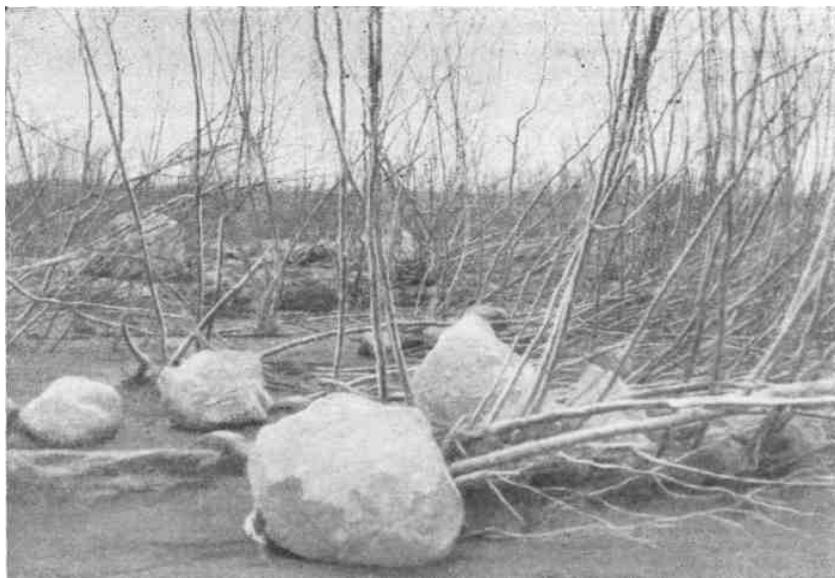


Фиг. 36. Ствол ольховника, ободранный струей горячего пепла на расстоянии 16 км от вулкана
Фото автора

Горячий материал, отложившийся в короткое время на площади около 300-350 км², вызвал бурное таяние снегов. В долине р. Сухой Хапицы и на склоне Ключевского вулкана образовались бурные грязевые потоки (лахары), которые, перенося крупные камни и сокрушая все на своем пути, понеслись вниз. В осевой части грязевых потоков густые, непроходимые леса были срезаны, а стволы унесены. На месте остались только невысокие расщепленные пеньки (фиг. 37); ближе к краю потоков деревья и кустарники сохранились, но местами образовали трудно проходимые лесные завалы (фиг. 38). Грязевые потоки достигли р. Большой Хапицы, пересекли ее и повернули к северу вдоль долины этой реки, проложив новое русло (фиг. 39). В районе юрты Плотникова все лахары сливались в один: здесь через час после начала извержения вода уничтожила несколько десятков телеграфных столбов, нарушив на некоторое время связь между с. Ключи и Усть-Камчатском. Не только столбы, но и деревья были скошены, как трава (фиг. 40). Сама юрта Плотникова, где помещалась одна из наших баз, оказалась залитой грязевым потоком. Следовательно, уровень грязи превышал высоту 15 м над руслом реки; кругом остались грязевые нагромождения (фиг. 41 и 42, сфотографировано почти с одной и той же точки).



Фиг. 37. Следы лахара. В осевой части - уничтожены все деревья, апрель 1956 г.
Фото автора



Фиг. 38. После прохождения лахара. Завалы в краевых частях. 1956 г.
Фото автора



Фиг. 39. Новое русло р. Большой Хапицы после прохождения лахара
Фото автора



Фиг. 40. Поваленный лес в долине Большой Хапицы Фото Н. К. Классова



Фиг. 41. Лагерь у юрты Плотникова в январе 1956 г. Фото автора

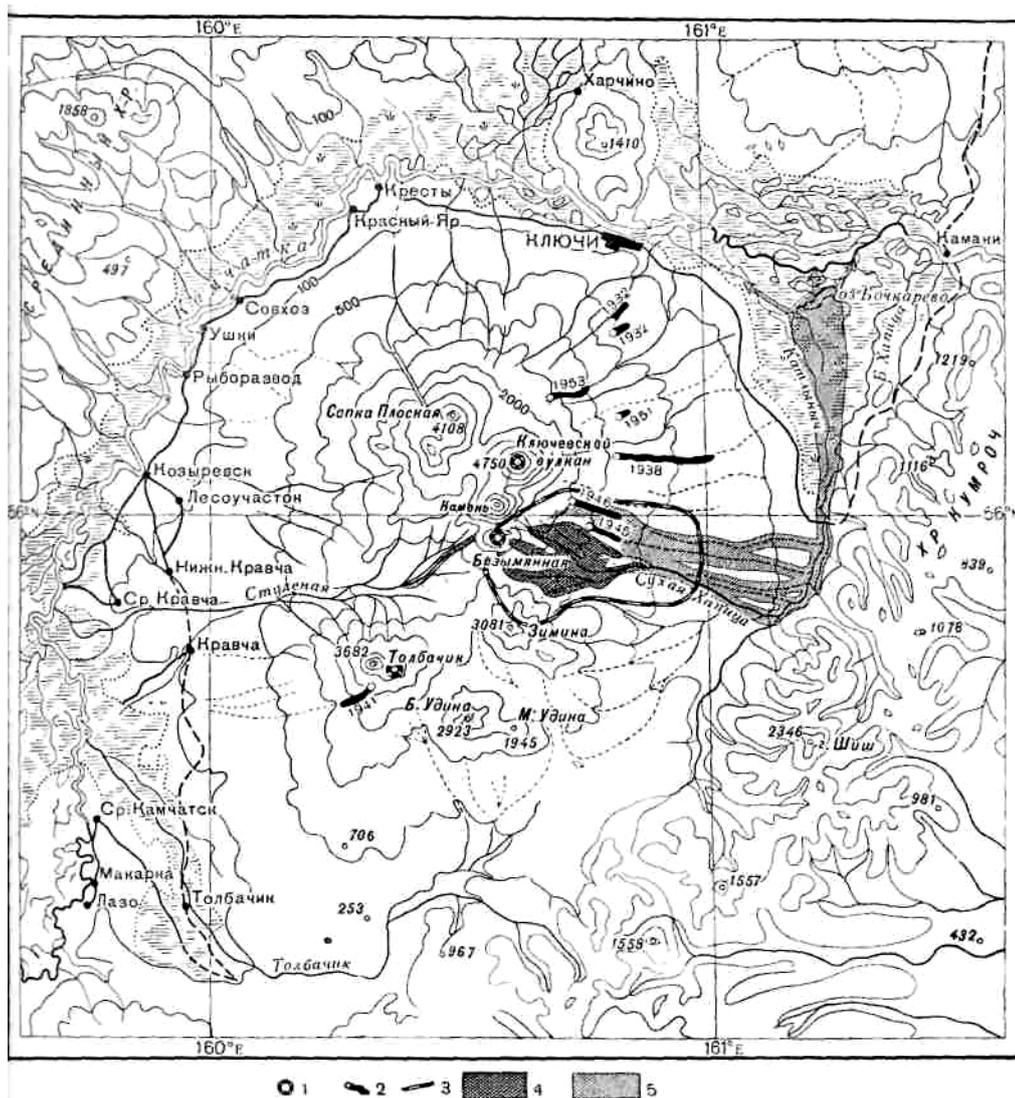


Фиг. 42. У юрты Плотникова после прохождения лахара 30 марта
(снято в начале апреля 1956 г.)
Фото автора

Дальше вниз грязевой поток проложил новое русло, отклонившись от русла Большой Хапицы к западу. В районе протоки Чистой и озера Бочкарева на расстоянии 75-80 км от вулкана лахар впал в долину р. Камчатки языком шириной в 6 км (фиг. 43). Протока Чистая, остававшаяся незамерзшей, послужила рубежом распространения грязевого потока. Расположенное же восточнее озеро Бочкарево было под льдом и оказалось частично заваленным грязевой массой. Здесь в конце потока в виде своеобразной конечной морены отложилась хаотическая смесь грязи, стволов и ветвей деревьев (фиг. 44). Ближе к оси потока преобладали глыбы грязи со льдом. Грязевой поток переносил большие участки болотных торфяников, местами собирая их в складки (фиг. 45).

Разветвленная сеть протоков и озер предоохранила р. Камчатку от катастрофического подъема воды, но принесенная масса грязи настолько загрязнила воду реки, что в Усть-Камчатске в течение целой недели речную воду нельзя было пить и даже употреблять для технических целей. Грязевой вал прошел по протоке Чистой не только по течению, но и против течения и достиг урочища Рошики, занеся грязью выходящие здесь родники. Подъем и спад воды в Рошиках (до 1 м) произошли в течение ночи. Утром 31 марта вода находилась на нормальном уровне; о подъеме свидетельствовали лишь следы более высокого уровня на берегу да глыбы грязи на дне.

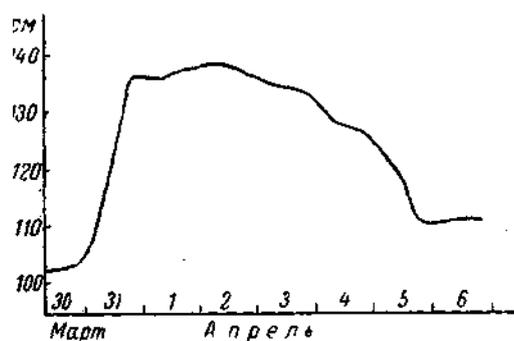
В «щеках» р. Камчатки подъем воды начался в ночь с 30 на 31 марта, к утру 31 марта вода поднялась на 11 см, а к вечеру того же дня - на 33 см. Утром 2 апреля подъем воды достиг максимума (35 см), а к вечеру 5 апреля вода упала до нормального уровня. На фиг. 46 дан график изменения уровня реки в «щеках» р. Камчатки. Исходя из скорости течения (0,42 м/сек) и ширины реки в этом месте (314 м), дополнительный объем воды, принесенный в р. Камчатку, составил около $1,5 \cdot 10^7 \text{ м}^3$, или $0,015 \text{ км}^3$.



Фиг. 43. Схема грязевого потока (лахара)

1 - действующие вулканы; 2 - лавовые потоки побочных извержений и их даты; 3 - граница массового таяния снега под горячим пеплом; 4 - аггломератовый поток; 5 - путь лахара (схема нанесена на топографическую карту масштаба 1: 1000 000, сечение горизонталей через 500 м)

В целом рисуется следующая схема извержения 30 марта. Гигантский взрыв захватил не только вершинный кратер, но и выжимающийся древний купол на юго-восточном склоне вулкана. Первый взрыв был направлен к юго-востоку, под углом 30—40° к горизонту. Через образовавшуюся брешь в долину р. Сухой Хапицы хлынули необычайно мощные потоки раскаленного аггломератового и песчаного материала. Одновременно из кратера в восточном направлении со страшной силой вырвалась веерообразная струя горячего пепла. О силе этой струи говорят не только отшлифованные стволы кустарников на расстоянии до 20 км от вулкана; в 12 км от сопки, у кратера Карпинского, был бесследно уничтожен базовый домик. Тучи пепла над кратером и аггломератовым потоком поднялись на высоту до 45 км; в северо-восточном направлении на протяжении более 400 км прошел сильный пеплопад. Огромная масса раскаленного материала вызвала быстрое таяние снегов, что послужило причиной образования бурного лахара, который, пройдя 80 км и уничтожив все на своем пути, влился в р. Камчатку.



Фиг. 46. График изменения уровня воды в «щеках» р. Камчатки, отсчет по реперу от условного нуля

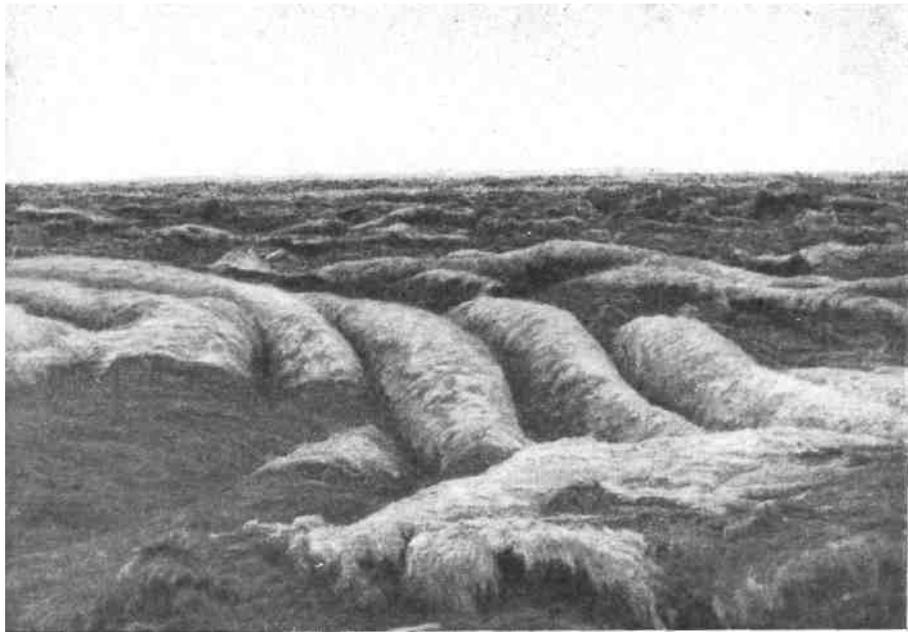
Описанный взрыв 30 марта не был завершающим. 1 апреля в 19 ч. 50 м. наблюдался взрыв, который поднял эруптивное облако на 7 км над вулканом; оно было видно из Ключей над пеленой пепловой дымки.

Взрывы, иногда с лавинами, время от времени наблюдались и позже, например 17 мая и 4 июня. Извержение к моменту написания настоящего отчета (конец июня 1956 г.) еще не закончилось. Можно ожидать, что в новом кратере будет происходить длительное выжимание нового купола. Последний сильный взрыв мы наблюдали 21 июня в 18 ч. 30 м. Эруптивная туча во время взрыва поднялась на 8-9 км над вулканом (фиг. 47); в северо-западном направлении на 50-70 км прошла полоса пеплопада. Взрыв сопровождался образованием горячих лавин и вся долина р. Сухой Хапицы затянулась пепловой дымкой.



Фиг. 44. Нагромождения деревьев в конце лахара у протоки Чистой, май 1956 г.
Фото автора

Общее количество пепла, выброшенного вулканом с октября 1955 г. по июнь 1956 г., оценивается в $0,4-0,5 \text{ км}^3$ (исключая аггломератовые и песчаные потоки). Слой пепла в 15 км от вулкана, в районе кратера Апахончич, достигает 30 см, а в Ключах - 4,5 см, или более 40 кг/м^2 .



Фиг. 45. Собраный в складки торфяник в устье лахара, май 1956 г.
Фото автора



Фиг. 47 Эруптивное облако извержения Безымянной 21 июня 1956 г., на переднем плане – Ключевская сопка, вид из Ключей. Фото автора

Тонкий налет пепла на снегу вызвал быстрое таяние снега, и весной 1956 г. снег сошел много раньше, чем в обычные годы. В северо-восточном направлении, в том числе и в Ключах, мартовский пеплопад дал слой пепла в 2 см, и под ним снег таял медленнее, чем в других местах. Здесь сравнительно мощный слой пепла оказал угнетающее влияние на травянистую растительность, и она стала более редкой, чем обычно.

После уплотнения в Ключах остался светлый пепловый слой в 35 мм, который войдет в состав почвы, подобно пеплам древних извержений Шивелуча (фиг. 48).

В момент взрыва 30 марта 1956 г. вершинный кратер Безымянной увеличился главным образом с юго-восточной стороны - за счет разрушения купола, однако с севера и запада он не изменился (см. фиг. 29). Уже после окончания взрывов произошло дальнейшее значительное обрушение стенок кратера и он сильно расширился, а вулкан - понизился. Таким образом, здесь имела место картина,

напоминающая формирование кальдер. Учитывая этот процесс, а также принимая во внимание отношение диаметра кратера к высоте вулкана ($2000 : 1300 \approx 1,5$), нам кажется, что ныне вулкан Безымянный можно назвать кальдера-вулканом, а его двухкилометровый кратер - кальдерой.



Фиг. 48. Разрез почвы в Ключах; сверху - светлый слой пепла извержений вулкана Безымянного 1955-1956 гг., светлые прослой внизу - пеплы древних извержений вулкана Шевелуч
Фото автора

ПРОДУКТЫ ИЗВЕРЖЕНИЯ

В первый период извержения, до 30 марта, вулкан выбрасывал значительные количества пепла. В табл. 1 приведен механический состав нескольких образцов пепла (фракция меньше 0,25 мм разделена по методу Сабанина с поправкой на формулу Стокса).

Таблица 1.

Механический состав пепла

№ образца	Фракции				
	>1 мм	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	< 0,01 мм
751	—	2,0	65,6	9,1	23,3
752д	—	—	52,3	25,0	27,7
755	0,5	2,1	69,0	12,9	15,5

Примечание. № 751 собран после пеплопада 7 ноября 1955 г. в верхнем лагере, в 12 км от вершины вулкана; № 752д - массовый пеплопад 16/17 ноября 1955 г. в Ключах; № 755 - пеплопад 30 марта 1956 г. в Ключах.

Образцы пепла № 751 и 752д, собранные в первый этап извержения на различных расстояниях от вулкана, отличаются размером частиц: ближе к вулкану состав песчано-алевритовый, дальше от вулкана - алевритовый ⁴. Во всех случаях под микроскопом были определены обломки стекла, гиперстена и плагиоклаза, встречены мелкие зерна магнетита. Стекло и минералы имеют вид остроугольных обломков. Таким образом, все пеплы представляли раздробленный в твердом состоянии гиперстеновый андезит. Цвет пепла - светло-серый.

Пеплы могут быть продуктами дробления как пород древнего купола, так и пород стратовулкана; могут быть они и смешанными. Ввиду некоторых неясностей химические анализы пеплов не приводятся.

Извержение 30 марта дало значительное количество пепла и материал аггломератового потока. Образец пепла, собранный в Ключах (№ 755), по механическому составу отличается от более ранних пеплов, собранных здесь же, значительно большей долей крупных частиц и напоминает в этом отношении пеплы, собранные ближе к вулкану (см. табл. 1). По минералогическому составу этот пепел является роговообманковым андезитом. Цвет его светло-серый с едва заметным розоватым оттенком, очевидно за счет более высокой температуры взрыва.

Материал аггломератового потока по составу также сложен роговообманковым андезитом. В светло-серой основной массе невооруженным глазом хорошо различаются светлые вкрапления плагиоклаза и темные призмочки роговой обманки, зеленой под микроскопом.

Химический состав роговообманкового андезита (образец № 756а) приведен в табл. 2.

Таблица 2

**Химический состав роговообманкового андезита
(обр. № 756 а)**

Окислы	Вес, %	Окислы	Вес, %	Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому		
SiO ₂	59,72	MgO	2,81	a = 10,3	f' = 48	n = 81
TiO ₂	0,63	CaO	7,19	c = 6,9	m' = 36	t = 0,8
Al ₂ O ₃	17,60	Na ₂ O	3,73	b = 13,2	c' = 16	φ = 23
Fe ₂ O ₃	3,48	K ₂ O	1,29	s = 69,6		
FeO	3,34	H ₂ O ⁻	0,28			
MnO	0,16	H ₂ O ⁺	0,07			
		Сумма	100,30			

Аналитик И.И. Товарова.

Эти роговообманковые андезиты близки к описанным ранее для Безымянной (Заварицкий, 1931) и к амфиболовым андезитам вообще, отличаясь от них повышенным содержанием полевошпатовой извести (с : а = 0,67 вместо 0,62 и 0,57 (соответственно)).

Газы. Состав газов, выделяющихся в момент извержения, представляет исключительный интерес, однако вполне понятные трудности исключают отбор таких проб обычными методами. Некоторое представление о составе эруптивных газов дают анализы водных вытяжек из свежих пеплов, приведенные в табл. 3.

Вытяжка делалась из 100 г пепла в 200 мл воды в течение 40 часов. В табл. 3 приведен полный анализ вытяжек, но необходимо иметь в виду, что подавляющая часть катионов является продуктом частичного растворения силикатов и стекла в кислой воде (рН=4). В наиболее интересной для нас анионной части преобладает сульфат-ион (до 0,5%), затем следует хлор-ион (около 0,2%), постоянно присутствуют углекислота, фтор и бор.

⁴ К сожалению, мы не имели возможности более подробно разделить фракцию 0,25-0,05мм.

Таблица 3.

**Химический состав водных вытяжек из образцов пепла
(мг на 100 г породы)**

Компоненты	Образцы			Компоненты	Образцы		
	751	752д	755		751	752д	755
Cl`	178	190	76	K .	10	7	13
SO4``	496	289	286	Ca ..	182	171	102
SO3``	4,8	2,4	4,6	Mg ..	28	27	24
F `	4,5	4,0	6,0	Fe ..	2,8	1,4	2,5
HCO3`	19	46	60	Al ...	8	6	3,5
H3BO3`	3	1,6	4,2	Fe ...	2	2,2	1,1
SiO2	10	12	8	pH	4	4,5	3,8
Na-	41	17	35				

Аналитик Л.А. Башарина

Значительный интерес представляет анализ воздуха в Ключах в момент пеплопада 30 марта 1956 г., когда сильно пахло сернистым газом. Он приведен в табл. 4.

Таблица 4.

Химический состав воздуха в с. Ключи 30 марта 1956 г.

Компоненты	I*		II**		III***	
	мг/л	объемные %-	мг/л	объемные %	мг/л	объемные %
HCl	0,106	0,006	0,044	0,002	0,003	0,0002
SO ₂	0,295	0,01	0,163	0,005	0,032	0,001
CO ₂	2,2	0,11	1,26	0,06	0,80	0,04
O ₂	—	19,90	—	19,95	—	19,95
N ₂	—	79,98	—	79,99	—	80,00

Аналитик Л. А. Башарина.

* I — в течение первых двух часов пеплопада.

** II — в течение третьего часа пеплопада.

*** III — в течение четвертого часа пеплопада.

Мы видим, что даже в 40 км от вулкана в момент пеплопада в воздухе содержались довольно значительные количества вулканических газов. Неудивительно, что пепел адсорбировал известную часть газов, и, вероятно, летучих возгонов, которые и определялись в водных вытяжках (SO₃" окислился там до SO₄"). В анализах (табл. 4) преобладает углекислота, за ней следуют сернистый газ и хлористый водород. Сероводород найден не был.

Несомненно, в эруптивной туче у кратера концентрация кислых газов была неизмеримо выше. Современная техника позволяет сконструировать автоматическую или телеуправляемую аппаратуру для отбора проб газа в момент извержения, и эта задача поставлена Лабораторией вулканологии, но она должна быть не только поставлена, но и решена.

ЯВЛЕНИЯ, СОПРОВОЖДАВШИЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ

Извержение сопровождалось десятками тысяч местных землетрясений. Этот большой материал еще до конца не обработан, и мы только кратко упомянем наиболее бросающиеся в глаза особенности этих землетрясений, остановившись несколько подробнее на явлениях, сопутствовавших взрыву 30 марта 1956 г.

Землетрясения, связанные с извержением Безымянной, резко отличаются от обычных местных тектонических и вулкано-тектонических землетрясений своим большим периодом (2,5-3 сек. вместо 0,2 сек.) и своеобразной максимальной фазой после вступления волны S. Все землетрясения с мельчайшими деталями повторяли одно другое и имели одинаковый источник и причину (фиг.49). Глубина землетрясений по углу выхода определена в 50 км. Число землетрясений и отчасти их сила находились в прямой связи с ходом извержения. Однако, как показали прямые наблюдения и расчеты энергии, землетрясения не являлись записью вулканических взрывов, что, впрочем, естественно при их значительной глубине. Вместе с тем после более сильных землетрясений вулкан нередко активизировал свою деятельность, т. е. землетрясения играли роль «спускового крючка» для взрывов. Видимо, землетрясения происходили в области магматического очага или в нижней части вулканического канала; их своеобразная форма, возможно, объяснялась распространением упругих волн через жидкий магматический очаг.

Следует добавить, что некоторые толчки записывались сейсмическими станциями «Петропавловск» и «Магадан».

В свое время мы останавливались на классификации землетрясений (Горшков, 1954). Землетрясения, о которых идет речь, являются представителями вулканического типа.

Взрыв 30 марта, как уже говорилось, сопровождался землетрясением со смещением около 800 μ , но его запись резко отличается от записи тысяч предшествующих толчков. Все предшествующие толчки затухали через 5-10 минут, это же землетрясение записывалось, постепенно затухая, около 50 минут. Судя по первому вступлению, землетрясение имело гипоцентр также на глубине порядка 50 км и, подобно остальным, должно было бы быстро прекратиться; его длительное продолжение, очевидно, является записью поверхностного взрыва, наложившейся на первое землетрясение. Это землетрясение также отмечено всеми сейсмическими станциями Дальнего Востока.

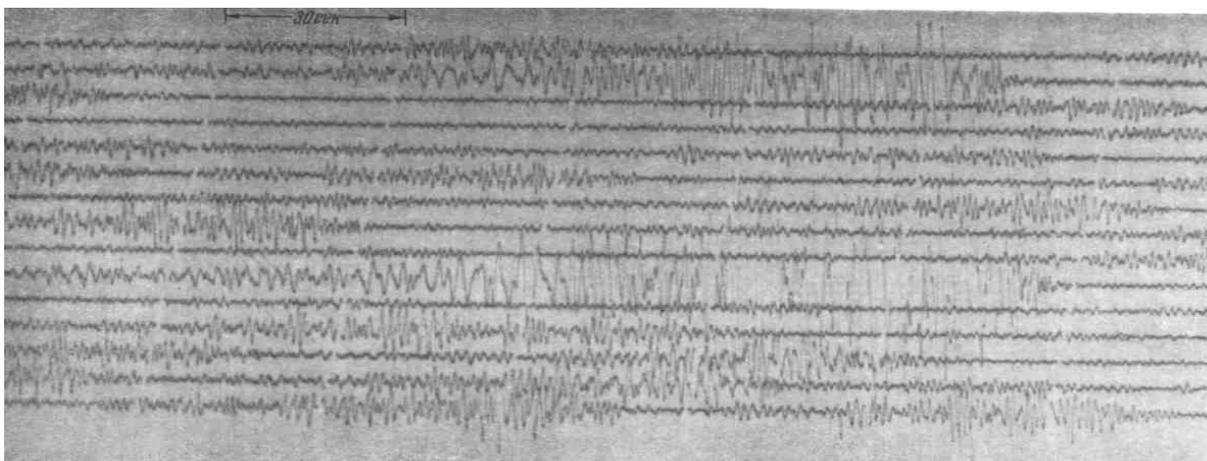
В течение двух суток, предшествующих этому толчку, ежечасно происходило 2-4 очень слабых землетрясения. В последующие 15 часов число толчков даже упало, а затем с 10 час. 31 марта началась почти непрерывная запись, напоминающая спазматическое вулканическое дрожание с периодом $T = 1$ сек. и амплитудой $A = 1 \mu$. С начала суток 1 апреля запись стала непрерывной, период увеличился до 1,2 сек., а амплитуда до 1,5-1,8 μ (фиг. 50). С 8 час. утра наметилось ослабление дрожания, с 16 час. 1 апреля колебания приняли прерывистый характер и стали исчезать. В целом запись напоминала спазматическое вулканическое дрожание, но на сейсмограммах приборов Харина с увеличением в 10 000 раз многие группы с максимальными амплитудами были подобны друг другу; по-видимому, это была слитная запись непрерывных слабых землетрясений, которые отражали выравнивание глубинного равновесия, нарушенного катастрофическим взрывом.

Интересно, что взрыв 30 марта не был слышен ни вблизи, ни в отдалении; некоторые наблюдатели сообщали только о слабом, глухом гуле. Вместе с тем все метеостанции в радиусе по крайней мере 1000 км отметили на барограммах отчетливую взрывную волну (фиг. 51). Пока мы имели возможность ознакомиться с барограммами станций в долине р. Камчатки - от Милькова до Усть-Камчатска; кроме того, некоторые

станции (включая Марково на Чукотке) ответили на наши специальные запросы; к сожалению, нет данных со станций островов Беринга и Карагинского, которые очень важны для выяснения условий распространения барической волны взрыва.

Следует сказать, что точность определения времени на барограммах низкая, так как скорость вращения барабана барографа мала. Поэтому излагаемые ниже расчеты должны оцениваться как ориентировочные. Однако и при этом получились вполне определенные результаты.

По разности во времени прихода волны в Козыревск (17 ч. 14 м.) и в Эссо (17 ч. 19 м.), которые находятся по одному и тому же азимуту от вулкана на расстоянии 75 км друг от друга, была определена скорость барической волны, равная $2,5 \cdot 10^4$ м/сек, откуда время возникновения волны определяется в 17 ч. 11 м., т. е. взрыв совпадает с началом землетрясения. Зная это, легко определить среднюю скорость распространения взрывной волны для любой станции. Оказалось, что эта скорость для различных направлений неодинакова. В западном и юго-западном направлениях скорость равна $2,5-2,6 \cdot 10^4$ м/сек, т. е. около 0,8 скорости звука, а в восточном и северо-восточном направлениях скорость равна $3,3-3,4 \cdot 10^4$ м/сек, что примерно соответствует скорости звука. Такая значительная разница, несомненно, вызвана направленностью взрыва.



Фиг. 49. Вулканические землетрясения, связанные с извержением Безымянной, ноябрь 1955 г.



Фиг. 50. Запись сейсмографа Харина за 1 апреля 1956 г.

Если рассматривать амплитуду взрывной волны на различных станциях, то также выявляется направленность. Так, в Ключах и Козыревске, на одинаковом расстоянии от вулкана (40-45 км) амплитуда равна соответственно 23,5 и 11 мб, то же для Усть-Камчатска и Эссо (120 км от вулкана) - 7,5 и 5 мб (напомним, что эти два пункта лежат в прямо противоположных направлениях от вулкана). В нашем случае, как и вообще, амплитуда взрывной волны обратно пропорциональна расстоянию от вулкана. Если определить расстояние до пунктов, где амплитуда волны равна 1 мб, то к востоку и северо-востоку от вулкана оно будет равно 900-1000 км, а к западу и юго-западу - всего 500-600 км. Следует сказать, что фактические данные совпадают с ожидаемыми.

Побочным эффектом взрыва явилось образование сейш в устье р. Камчатки. Во время взрыва был максимум морского прилива и в устье Камчатки создались условия замкнутого водоема без стока. Резкая барическая волна обусловила формирование стоячих волн - сейш. Их двойная амплитуда достигала 10-12 см, а период 18,5 мин. (фиг. 52). К 10 ч. 30 м. 31 марта, когда наступил полный отлив и условия замкнутого бассейна нарушились, сейши прекратились. Заметное усиление обычных ветровых сейш наблюдалось и в Авачинской бухте.



Фиг. 51. Запись взрыва 30 марта 1956 г. в Ключах, копия барограммы

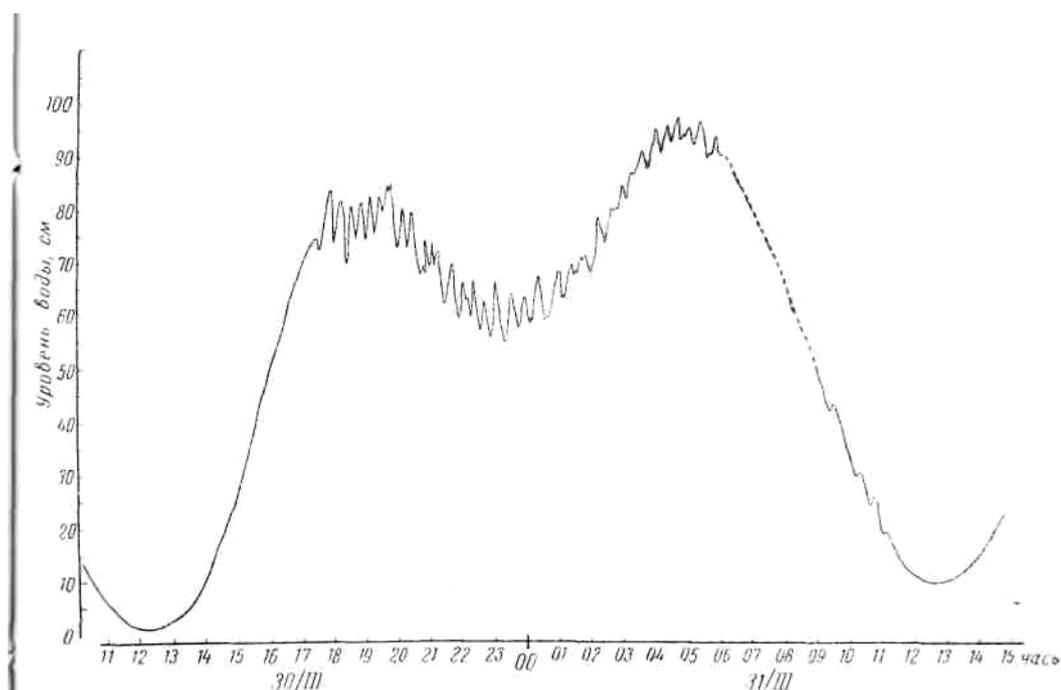
Во время мощного пеплопада 30 марта наблюдалось резкое увеличение влажности воздуха (фиг. 53), хотя пепел падал сухим. В момент извержения влажность составляла около 50%; с началом пеплопада она стала увеличиваться и к 19 час. достигла 63%, затем последовало резкое повышение влажности до 93 %, а с 20 ч. 20 м. до 21 часа произошло падение до 67 %. Мы помним, что к 21 часу пеплопад заканчивался и показалось ясное небо. Таким образом, во время пеплопада, помимо вулканических газов в атмосфере увеличилось и количество паров воды, которые, как представляется, были связаны непосредственно с извержением.

В заключение попытаемся оценить мощность взрыва 30 марта. Для этого в нашем распоряжении имеется несколько путей. Для сокращения объема статьи мы не будем приводить вывода формул и математических выкладок, оставив это на будущее; мы наметим только общий ход рассуждения.

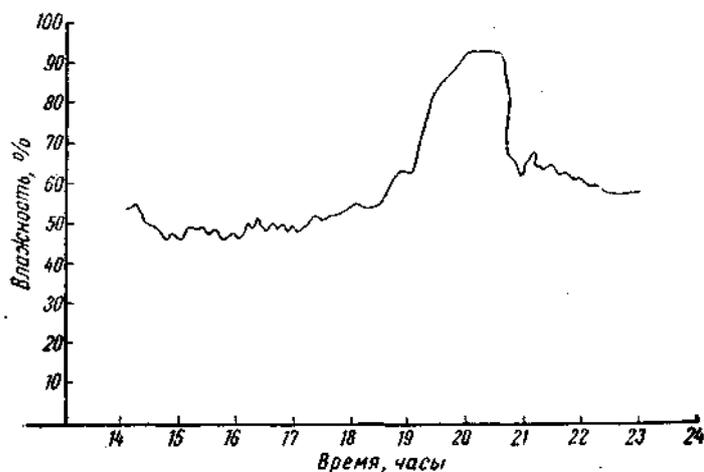
1. По амплитуде и периоду максимальной фазы вулканического землетрясения, связанного со взрывом, определяем его энергию. Для Петропавловска $A=18\mu$, $T = 9\text{сек.}$, $\Delta = 350\text{ км}$, откуда $E = 1 \cdot 10^{20}$ эрг; так как при взрыве в виде сейсмических колебаний уходит только одна тысячная часть энергии, то общая энергия взрыва $E=5 \cdot 10^{23}$ эрг.

2. Если вычислить работу, которую необходимо затратить для образования наблюдавшейся барической волны, то она окажется равной $E = 4,8 \cdot 10^{22}$ эрг, а общая энергия взрыва - около $5 \cdot 10^{23}$ эрг.

Как видим, энергия взрыва, определенная двумя независимыми путями, почти совпадает, что позволяет считать их близкими к истинному.



Фиг. 52. Сейши 30-31 марта 1956 г. в устье р. Камчатки (запись мареографа), отсчет от условного нуля



Фиг. 53. Изменение влажности воздуха в Ключах во время пеплопада 30 марта 1956 г.

Если рассчитать количество тепла, необходимое для получения из снега $1,5 \cdot 10^7 \text{ м}^3$ воды, которая стекла в р. Камчатку, то оно окажется равным $1,35 \cdot 10^{15}$ кал или $5,65 \cdot 10^{22}$ эрг, т. е. эквивалентным энергии взрыва. Но если учесть тепло, аккумулированное в агломератовом потоке (при $t = 600^\circ$), то количество тепла эквивалентно по меньшей мере 2-Ю26 эрг. Таким образом, энергия взрыва составляет всего лишь около 1 % от общей тепловой энергии извержения. Полученный результат весьма примечателен с точки зрения учета роли тепла и газов в процессе извержения. Как видим, доля энергии газов более чем скромная.

Наша попытка подойти к описанию извержения не только с традиционных позиций описания явлений и состава продуктов, но и с точки зрения энергетики процесса представляет первый опыт в отечественной вулканологической литературе, и мы прекрасно сознаем все недостатки и слабые места. Однако мы хотели показать принципиальную возможность такого подхода к вулканическим явлениям, и в этом наше оправдание.

Задача углубленного изучения процессов современного вулканизма настойчиво диктует необходимость введения новых методов и новой аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влодавец В. И. Ключевская группа вулканов. Тр. Камч. вулканол. ст., 1940, вып. 1.
2. Горшков Г. С. Вулканическое дрожание, связанное с прорывом кратера Былинкиной. Бюлл. Вулканол. ст., 1954, № 23.
3. Горшков Г. С. Первое историческое извержение вулкана Безымянного (телеграфное сообщение). Бюлл. Вулканол. ст., 1956, № 24.
4. Заварицкий А. Н. Некоторые вулканические породы окрестностей Ключевской сопки на Камчатке. Зап. Мин. об-ва, 1931, ч. 60.
5. Заварицкий А. Н. Северная группа вулканов Камчатки. Тр. СОПС АН СССР, серия камчатская, 1935, вып. 1.
6. Заварицкий А. Н. О вулканах Камчатки. Камчатский сборник, т. 1, Изд. АН СССР, 1940.
7. Заварицкий А. Н. Вулканы Камчатки. Тр. Лаб. вулканологии, 1955, вып. 10.
8. Пийп Б. И. Деятельность Камчатской вулканологической станции Академии наук СССР в 1944 г. Бюлл. Вулканол. ст. на Камчатке, 1946, № 13.
9. Пийп Б. И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944-1945 гг. и в прошлом. Тр. Лаб. вулканологии, 1956, вып. 11.