

Б. И. ПИЙП

**ИЗВЕРЖЕНИЕ АВАЧИНСКОЙ СОПКИ в 1945 г.**

Конец 1944 и первая половина 1945 г. характеризовались оживлением вулканической деятельности на Камчатке. В течение этого времени после продолжительного периода покоя, один за другим начали действовать шесть крупных вулканов полуострова<sup>1</sup> и в числе их в феврале 1945 г. проявила бурную деятельность Авачинская сопка.

Автор работал в то время начальником Вулканологической станции и находился в сел. Ключи в 500 км к северу от Авачинской сопки. Несмотря на то, что сообщение о новом извержении было получено на Станции в тот же день, попасть своевременно к месту извержения не удалось, так как извержение закончилось в один день. Прибыв на место, пришлось изучать только последствия извержения.

Нижеследующее описание основано на данных, сообщенных автору отдельными лицами, видевшими деятельность вулкана, и на тех наблюдениях, которые удалось автору сделать самому спустя две недели после извержения. Из лиц, любезно поделившихся своими наблюдениями, следует отметить: К. Крохотина, В. И. Потахина и П. М. Сушко. Некоторые сведения, кроме того, нами заимствованы из опубликованной статьи очевидцев извержения С. Н. Главацкого и И. И. Лагунова (1946). Серией снимков, показывающих последовательное развитие извержения, автор обязан Р. Б. Воронову и В. И. Потахину.

**Предвестники извержения.** В период, предшествовавший извержению, вулкан находился в состоянии обычной фумарольной деятельности, когда над кратером выступали только слабые струйки или клубы фумарол и не замечались ни выбросы темного пепла, ни огненное зарево. В таком состоянии вулкан находился все годы после извержения его в ноябре 1938 г. За несколько дней до описываемого извержения, по наблюдениям Потахина, вулкан стал более густо «дымить», а накануне извержения «дым» стал выделяться не только из кратера, но и из нескольких пунктов вне его, на внешнем склоне; в ночь с 24 на 25 февраля в кратере впервые появилось хотя и слабое, но ясно различимое огненное освещение, а выделение газов в это время стало происходить уже спазматически, т. е. в виде ритмических выбросов.

Главацкий и Лагунов ссылаются на ряд землетрясений (ощущавшихся в Петропавловске и его окрестностях, начиная с 23 сентября 1944 г.), которые, по их мнению, были предвестниками извержения. Это могло быть и так, но надо заметить, что землетрясения в этой местности, достаточно сейсмичной на Камчатке, случаются довольно часто и в периоды покоя вулканов, так что здесь трудно установить, исходили ли они из очагов, возве-

<sup>1</sup> Ключевская сопка, Шивелуч, Мутновская сопка, Малый Семячик, Карымская и Авачинская сопки.

шая новую вулканическую деятельность, или они были чисто тектоническими и могли лишь внешне воздействовать на очаги вулканов.

Явление извержения. 25 февраля день был ясный и морозный; температура воздуха доходила до  $-20^{\circ}$ . Утром, на рассвете по наблюдениям метеоролога Крохотина, вулкан «дымил» сильнее обычного, и такое усиленное выделение белых фумарольных газов продолжалось до начала извержения, которое произошло внезапно в 14 ч. 45 м.<sup>1</sup> Извержение на-



Фиг. 1. Начало извержения. Один из первых взрывов. Облако предшествующего взрыва, отнесенное ветром в сторону, начало рассеиваться

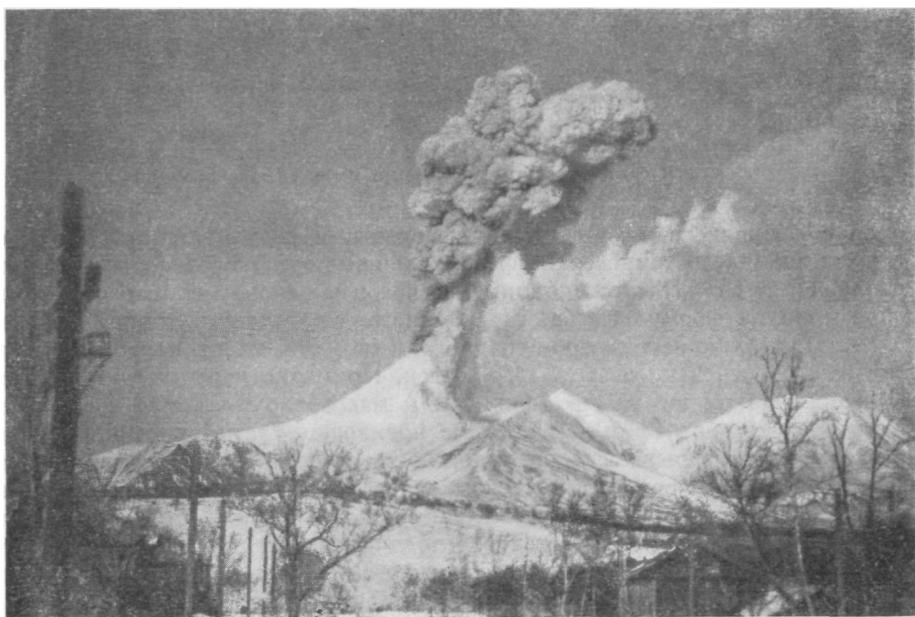
чалось с одиночного, очень сильного взрыва, в результате которого над кратером поднялась темносерая сфероидальной формы плотная масса газов и пепла. Последняя, быстро поднимаясь вверх и одновременно расширяясь, вскоре приняла форму «гриба, соединенного с кратером тонкой шейкой пепла». Под влиянием северо-западного ветра эта масса первого взрыва стала быстро перемещаться на юго-восток. Примерно через 5 мин. произошел второй такой же взрыв (фиг. 1), и масса взрыва также успела отделиться от кратера (фиг. 2), пока не произошел третий взрыв. Начиная с этого момента взрывы следовали один за другим чаще и со все возрастающей силой. Теперь над кратером начал расти непрерывный столб газов и пепла с характерной для вулканического облака формой в виде цветной капусты (фиг. 3). Постепенно поднимаясь вверх, столб извержения под влиянием ветра стал наклоняться на юго-восток и со временем его вершина сильно выгнулась в том же направлении (фиг. 4).

По мере роста вулканической тучи и наклона ее на юго-восток, вероятно вследствие обрушения на подветренную сторону вулкана горячих рыхлых

<sup>1</sup> По другим данным, в 14 ч. 35 м. и в 14 ч. 50 м, но чаще встречается указание, что извержение началось в 14 ч. 45 м.



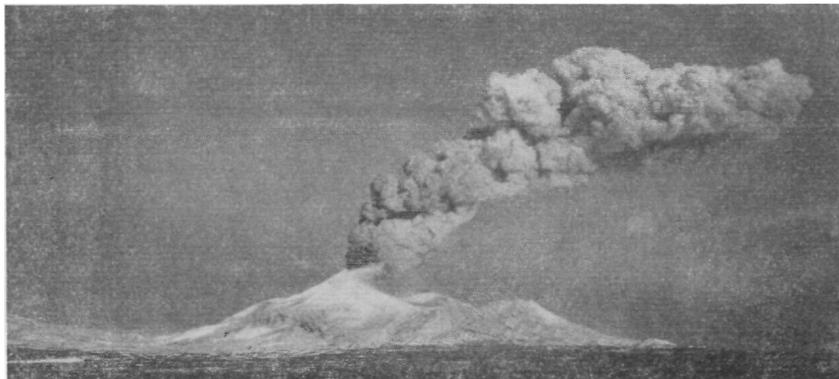
Фиг. 2. Начало извержения. Состояние кратера в момент между первыми взрывами



Фиг. 3. Начало непрерывных взрывов. Над кратером вырастает сплошная колонна газов и пепла. На юго-восточном склоне появляются первые горячие лавины и начинает образовываться белый столб паров тающего снега

масс, вызвавших сильное таяние снега и льда глетчеров, стал расти второй столб газов, сначала белый, а потом становящийся все более и более серым (фиг. 5 и 6). Скульптура поверхности этого столба газов, или, вероятнее, паров воды, была более грубой, и вся масса казалась более «рыхлой» и размазанной, чем в главном столбе извержения.

Извержение достигло наибольшей силы примерно между 6 и 7 часами вечера. К этому времени туча извержения протянулась уже на 50—60 км в сторону от вулкана, и высыпавшийся из нее пепел образовал огромную завесу пеплопада, совершенно закрывшую соседнюю Козельскую сопку (фиг. 7 и 8).



Фиг. 4. Образование вулканической тучи и рост параллельного столба паров таящего снега и льда на юго-восточном склоне конуса

Примерно с 15 ч. 30 м. в Петропавловске начали явно ощущаться звуки взрывов. Вскоре гул раскатов стал похож на артиллерийскую канонаду. От сотрясений воздуха в городе (30 км от кратера) дребезжали стекла, гудели водопроводные трубы, трепетали листья цветов и т. п.

К этому же времени относится появление первых молний, то там, то здесь рассекавших тучу извержения. В наибольшем количестве они наблюдались между 19 ч. и 19 ч. 30 м. Больше всего их сверкало вдоль всей высоты столба извержения, несколько к юго-востоку от кратера, но наблюдались они также далеко в «хвосте» вулканической тучи. По наблюдениям В. И. Потахина, находившегося в момент извержения в районе южного рукава Халахтырской сухой реки, молнии в районе кратера были преимущественно вертикальной ориентировки; далее на юго-восток они сверкали уже по разным направлениям, и здесь они были такие, «какие обычно бывают во время грозы». Им же отмечено любопытное явление точечных молний. Такие необычные разряды наблюдались в верхней части столба извержения, далеко выше взлета раскаленных бомб и светящегося пепла (зарева), где на черном фоне вулканической тучи они казались поблескивающими, прыгающими точками. Линейные разряды происходили значительно ниже и восточнее. Нам кажется, это явление того же порядка, какое наблюдал Брунхубер во время извержения Везувия в 1906 г. Вероятнее всего, судя по обстановке, это была своеобразная форма электрических разрядов, а не «видимые с конца», т. е. вдоль ствола линейные молнии, как склонен объяснить наблюдения Брунхубера лично не видевший таких разрядов Перрет (Perret, 1924).



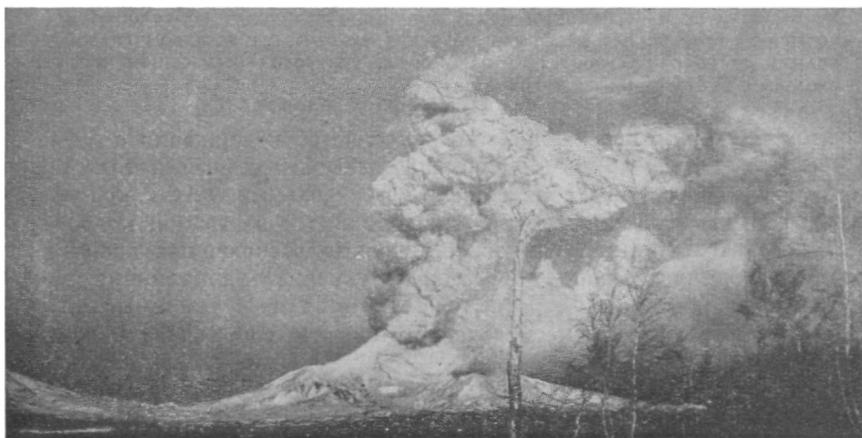
Фиг. 5. Извержение примерно через 1 час после начала



Фиг. 6. Дальнейшее развитие извержения. Видно образование плотных клубов пара тающего снега после обрушения на склон горячих лавин



Фиг. 7. Извержение примерно через  $1-1\frac{1}{2}$  часа после начала. Сильный пеплопад над Козельской сопкой



Фиг. 8. Извержение примерно через  $2\frac{1}{2}$  часа после начала

На закате солнца и далее с наступлением темноты стали видны и другие световые эффекты извержения. Светящиеся бомбы в виде гигантских искр непрерывно выбрасывались на высоту до  $1\frac{1}{2}$ —2 км, а огненное зарево раскаленного пепла подымалось до 2—3 км над кратером. В это же время были видимы выливавшиеся на склоны по «узеньким канавкам» отдельные потоки раскаленного материала. Последние казались наблюдателям потоками жидкой лавы, но на самом деле, как показал позднейший осмотр, это были потоки раскаленных рыхлых частиц. Больше всего таких потоков, повидимому, обрушивалось на подветренные склоны вулкана, но здесь их было трудно заметить из-за плотной завесы пепла и паров воды. Примерно с 19 ч. все склоны вулкана стали покрываться оболочкой паров воды, и явления «излияния лавы» дальше не были уже видны.

Интересные наблюдения были сделаны с самолета Гражданского Воздушного флота (летчик В. С. Баталин), летевшего с севера в Петропавловск и вынужденного отклониться от курса из-за вулканической тучи, преградившей путь. Один из пассажиров этого самолета, по просьбе П. М. Сушко, сообщил нам в письменном виде свои впечатления. Самолет, вылетев в 16 ч., через 50 минут, держа ход по курсу вдоль берега моря, подошел к вулканической туче. Летчик хотел пробиться сквозь завесу пепла, однако по мере углубления в нее, видя, что самолет сильно засыпает пеплом и совершенно теряется видимость, через 5 минут вынужден был сделать разворот и выйти из зоны пеплопада. Далее самолет примерно в течение часа обходил Авачинскую и Коряцкую сопки и только в 18 ч. спустился на аэродром. Впечатления упомянутого пассажира были следующие:

«Кратер вулкана как будто был разделен надвое с севера на юг таким образом, что из восточной его половины выходили пары, похожие на серую вату, и они не подымались вверх, а переваливались через край кратера, причем вспышек молнии здесь не наблюдалось; из западной же половины кратера извергались дым, пепел, и все это подымалось прямо вверх в виде колонны, ровно обточенной, цвета черного мрамора с красным отливом: здесь были видны вылетавшие непрерывно бомбы, и в большом количестве сверкали молнии. Гула извержения не было слышно — рев мотора был сильнее. Лава текла по склонам: на северо-восточной стороне она достигала подошвы вулкана, на западном склоне доходила только до половины конуса, а на южном, где поток был самым большим, спускалась в Халахтырскую долину».

В этом описании, передающем впечатление об извержении с более близкого расстояния, чем другие сообщения, вызывает сомнения только упоминание о различных формах извержения в отдельных частях кратера. Нам кажется, что за явления, якобы происходившие в восточной половине кратера, наблюдатель принял процесс обрушения раскаленных лавин на подветренную сторону склона. Точно так же указание на излияние лавы следует, вероятно, понимать, как мы уже упоминали, в том смысле, что это была не жидкая лава, а смесь затвердевших, но еще оставшихся раскаленными частиц.

Любопытные явления наблюдались в 20 км к юго-востоку от вулкана, в местности, над которой проходила вулканическая туча. Находившаяся здесь группа людей сообщает, что в момент максимального падения пепла, между 16 ч. 30 м. и 18 ч. 00 м., последнего падало столько, что в минуту его набиралась полная пригоршня. Преобладающая масса частичек представляла грубый песок и отчасти лапилли (от 0,5 до 1 см в поперечнике), но иногда падали куски величиною с кулак и даже с голову, однако они тут же рассыпались. В этой осевой зоне тучи задолго до заката солнца наступила абсолютная мгла и люди должны были двигаться наощупь. Воздух был насыщен электричеством, которое в виде огней Эльма, бледноси-

неватого цвета, похожего на горящий спирт, концентрировалось на заостренных предметах и становилось видимым при движении. Так, говорят, видны были траектории падавших предметов, «фыркания» лошадей, взмаха руки и т. д. В воздухе, кроме того, ясно ощущался запах сернистых газов, но концентрация их не была особенно сильной, так как людям и крупным животным газы вреда не причинили, тогда как мелкие птицы и полевые мыши гибли в большом количестве.

После кульминационных явлений извержения, которые произошли около 18—19 ч., вулкан стал обволакиваться парами воды и пепловой мглой. Деятельность его с этого момента стала уже не столь хорошо заметной, но тем не менее, судя по вылету бомб, грохоту и вспышкам молний, извержение все еще продолжалось. Оно окончилось около 21—22 ч. Хотя вулкан, плотно окутанный парами тающего снега, продолжал дымить и далее, но теперь ни световых, ни звуковых эффектов больше не наблюдалось.

Состояние вулкана после извержения. Для характеристики этого состояния может служить нижеследующая ежедневная запись явлений, наблюдавшихся на вулкане, составленная до 4 марта по данным разных лиц, а с 4 марта — по нашим наблюдениям.

26 февраля. Рано утром. Петропавловск и окрестности вулкана в пепловой мгле. Вулкан стал виден с 10 ч., когда прошедший снегопад несколько очистил атмосферу. Из кратера вулкана «интенсивно выбивался густой черный столб дыма». Авача и Козельская сопка черные от осевшего на них пепла.

27 февраля. Пепел продолжает держаться в атмосфере. Особенно густая мгла пепла на юго-восточной стороне вулкана, где проходила вулканическая туча. Из кратера выделяется густая масса газа, временами с пеплом.

28 февраля. Кратер в таком же состоянии, как в предыдущие два дня. Петропавловские жители (Главацкий, Добрынин, Малахов и др.) совершили экскурсию на склоны вулкана. Они отмечают, что «интенсивно продолжал пульсировать кратер вулкана, выбивая густые темносерого цвета клубы дыма. На западном склоне конуса вулкана на высоте около 2000 м было хорошо заметно паразитическое образование, выбрасывающее высокий столб темного дыма».

«Паразитическое образование», судя по нашим наблюдениям, представляло не «паразитический кратер», как можно понять из такого определения, а отдушину газа в горячем рыхлом материале, накопившемся в нижней пологой части конуса со стороны Елизовского атриума.

В 23 ч. 50 м., по сообщению П. М. Сушко, произошло небольшое землетрясение в Петропавловске в виде одиночного толчка продолжительностью в несколько секунд, от которого закачались висячие предметы.

1 марта. Утром вулкан, как и в предыдущие дни, сильно «дымил».

2 марта. Состояние вулкана такое же.

3 марта. Судя по фотографии (фиг. 9), вулкан продолжает выделять мощную темную струю газа, содержащую, невидимому, пепел. Характерна прижатость под влиянием ветра этой общекратерной струи к вершине, указывающая на относительно слабый напор выходящего из кратера газа.

4 марта. Вовремя нашего перелета в Петропавловск, летчик по нашей просьбе специально подлетал к вулкану. Облететь вулкан из-за сильного ветра и «болтанки» не удалось, но, приблизившись, с высоты 2000 м можно было заметить, что газы в виде компактной белой массы, напоминающей форму цветной капусты, поднимаются только из юго-западной части кратера. Кроме того, сильно дымили fumaroles вдоль южного гребня кратера, много газа выходило из отложенных лавин в северном и восточном

атрию, и довольно сильно парил весь восточный склон конуса Авачи. Совершенно черной от толстого покрова пепла была вся Козельская сопка и сомма Кутха. Пеплом также была обсыпана южная сторона Жупановской сопки.

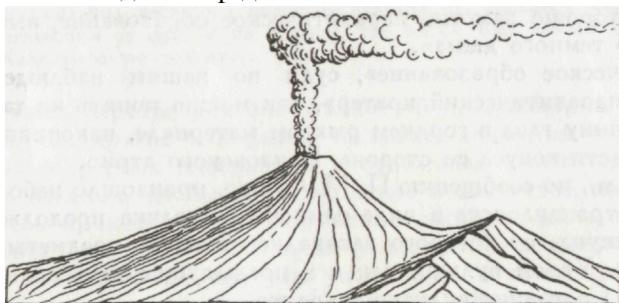
5 марта. Состояние Авачи подобно вчерашнему. Белые клубы газа поднимаются на высоту до 700 м. Вечером быстро выходящая из кратера струя под влиянием западного ветра сильно прижата к вершине вулкана.



Фиг. 9. Состояние вулкана спустя пять дней после извержения. Сильная струя газов и пепла, выходящая из юго-западной части кратера

6 марта. Вечером в тихую погоду из юго-западной части кратера на высоту около 1 км поднимается в виде пинии мощная струя газов (фиг. 10).

С 7 по 15 марта вулкан закрыт. 12 марта в 7 ч. 05 м., по сообщению П. М. Сушко, в Петропавловске ощущалось слабое землетрясение, состоявшее из двух «легких» и одного «средней» силы толчков.



Фиг. 10. Опон газов из юго-западной части кратера. Пиния высотой около 1 км над кратером. 6 марта 1945 г. Вид из Петропавловска

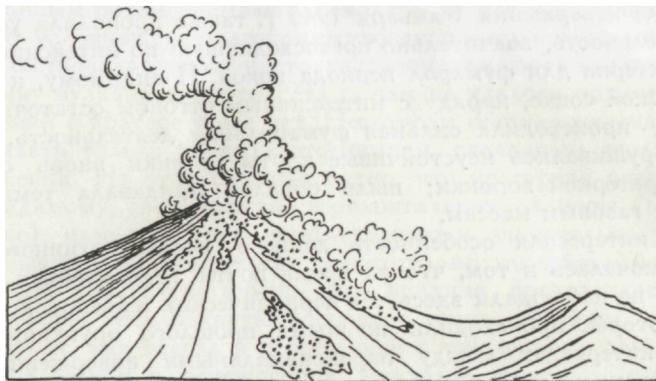
16 марта. Весь день на высоту до 500 м из полости кратера поднимаются густые белые клубы пара. Конус вулкана покрылся снегом; черными пятнами и полосами выступают только отложения горячих лавин.

17 марта. Вулкан закрыт.

18 марта. Белые расплывающиеся клубы газа поднимаются из всей кратерной полости на высоту до 1 км. Временами видно, что пункт выделения газов продолжает находиться в юго-западной части кратера.

19 марта. Из кратера опять поднимаются расплывающиеся белым облаком пары на высоту до 700 м. Сильно дымят отложения горячих лавин на восточном склоне конуса (фиг. 11).

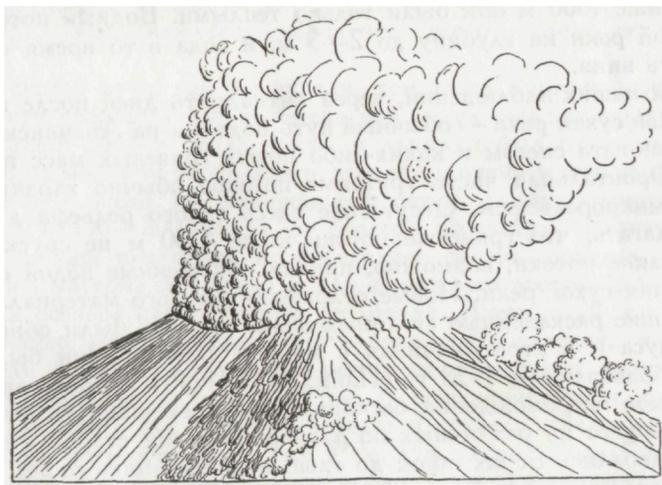
20 марта. Кратер весь заполнен белыми клубами газа и пара, но наиболее плотная масса их, отчасти в форме цветной капусты, подымается из



Фиг. 11. Состояние кратера и вид парящих лавин на склоне конуса. 19 марта 1945 г. Вид с Халахтырской сухой реки

юго-западной части кратера (фиг. 12). Высота подъема газов не более 500 м над кратером.

В продолжение последующих 26 дней до 16 апреля, в течение которых мы вели наблюдения за вулканом, выделение газа из него постепенно умень-



Фиг. 12. Состояние кратера 20 марта 1945 г. Вид из Халахтырского атрио с высоты около 1500 м

шалось. С первой половины апреля деятельность кратера приняла форму, обычную для периода покоя. К этому времени перестали наблюдаться и дымки над отложениями горячих лавин.

Таким образом, характеризуя в целом послеэруптивное состояние вулкана, можно отметить как факт, что переход его в состояние покоя не был

резким, а происходил путем постепенного ослабления отгона остаточного эруптивного газа. В первые шесть дней этот отгон был наиболее интенсивным и сопровождался выделением пепла или, скорее всего, пыли обвалов; в последующие 15 дней выдувался только чистый газ, причем количество и степень его постепенно уменьшались. Это явление было очень похоже на послезеруптивное состояние Ключевской сопки, которая в течение почти месяца после извержения 1 января 1945 г. также проявляла усиленную газовую деятельность, значительно превосходившую по интенсивности ту, которая характерна для фумарол периода покоя. Повидимому, и здесь, как и на Ключевской сопке, наряду с интенсивным отгоном остаточных эруптивных газов, происходила сильная фумарольная деятельность, и время от времени обрушивались неустойчивые крутые стенки вновь образованной глубокой кратерной воронки; пыль обвалов придавала темную окраску выходящим газовым массам.

Другая интересная особенность данного послезеруптивного состояния Авачи заключалась в том, что за время почти 1½-месячных наблюдений мы ни разу не наблюдали здесь тех периодических гейзероподобных выбросов газа, которые происходили во время прошлого эруптивного цикла в 1938 г., в интервалах между пароксизмальными извержениями. Отсутствие их в данном случае, повидимому, указывало, что эруптивный цикл 1945 г. закончился описываемым извержением.

Последствия извержения. По описанию Главацкого (1946), подымавшегося вместе с группой петропавловских альпинистов на склоны вулкана через два дня после извержения, последствием этой деятельности были грязевые и водные потоки, пронесшиеся далеко вниз по Халахтырской сухой реке. Грязевые потоки, начиная с высоты примерно 1000 м и выше, были настолько горячими, что в них наблюдались даже фумаролы, тогда как ниже 1000 м они были только теплыми. Водный поток прорезал тальвег сухой реки на глубину до 2—3 м, и вода в то время еще продолжала стекать вниз.

Во время наших наблюдений, через пятнадцать дней после извержения, Халахтырская сухая река — обычный путь подъема на Авачинскую сопку — была уже закрыта снегом и каких-либо новых грязевых масс в ней мы не заметили. Фронтальная часть грязевых потоков обычно характерна своим бугристым микрорельефом. Отсутствие здесь такого рельефа дает нам повод предполагать, что грязевые потоки ниже 1200 м не спускались. Главацкий за такие потоки, возможно, принял обнаженные водой старые рыхлые отложения сухой реки. Новые отложения рыхлого материала, представлявшие бывшие раскаленные агломератовые лавины, были обнаружены на склонах конуса и в атрио начиная с высоты 1200 м. Они были подобны таким же образованиям 1938 г. (Пийп, 1941, 1946) и представляли узкие в виде потоков нагромождения беспорядочно перемешанного рыхлого материала, состоящего из различных по размерам частиц старой и новой лавы. Размеры колебались от песчинок до глыб в поперечнике до 2 м. Отличить в этой массе старую лаву от новой было невозможно, так как та и другая имели очень близкий состав и характеризовались одинаковой обтертостью и сглаженностью. О том, что эти нагромождения были отложены в горячем состоянии, свидетельствовали температура песчанистой массы их, которая на глубине 10—15 см достигала 40—70°, и остатки белых и желтоватых сульфатных возгонов фумарол. Сосредоточенных фумарол в отложениях нижней половины конуса вулкана мы не наблюдали; здесь парила вся площадь их, но в отложениях верхней половины конуса наблюдавшиеся там отдельные струйки газа, державшиеся на одном и том же месте, указывали на существование там постоянных фумарол. О мощности этих

отложенный судить было трудно, так как в основании их лежали такие же беспорядочно перемешанные рыхлые нагромождения старых лавин и аллювиально-пролювиальных масс конуса. Больше всего новых нагромождений было в атрии и вообще в восточной половине конуса вулкана.

Настоящих лавовых потоков при этом извержении не было излито. Во всяком случае мы их не обнаружили на склонах южной половины конуса и, судя по сделанным позже снимкам с самолета, их нет и на склонах северной половины. Об условиях, не благоприятствовавших излиянию лавовых потоков, свидетельствовала также чисто взрывчатая форма извержения.

На вершину вулкана в марте 1945 г. нам не удалось подняться, и личных впечатлений о кратере у нас нет. Некоторые общие суждения о кратере можно высказать только по аэрофотоснимкам, сделанным через  $1\frac{1}{2}$  года после извержения. На этих снимках видно, что кратерная впадина, сохранившаяся, повидимому, свои прежние горизонтальные размеры (около 400 м в поперечнике), изменила свою конфигурацию и значительно увеличилась в глубину. Бывшая до извержения относительно неглубокой и более или менее доступной для спуска внутрь, эта впадина превратилась теперь в резко выраженную взрывчатую воронку с очень крутыми внутренними стенками. Дно ее, как всегда в период покоя заваленное глыбами лавы и вулканическим песком и испещренное дымками фумарол, имело теперь иную форму. Южная, преобладающая часть дна, была более глубокой и более вогнутой, чем северная, которая возвышалась над первой в виде более или менее ровной площадки. Такая форма дна на первый взгляд создает впечатление, что извержение происходило только в южной части кратера, а северная сохранилась от предшествующего эруптивного цикла. Однако вряд ли это было так, ибо сильное углубление всей кратерной полости и увеличение крутизны стенок в северной части полости могло произойти только в результате открытия всего дна кратера. Углубление в южной части кратера, нам кажется, вероятнее всего — след последних фаз извержения.

Вулканическая туча, как мы видели, двигалась в юго-восточном направлении, и в эту сторону была вынесена вся масса рыхлых продуктов извержения. Мощный покров пепла, песка и лапилли был отложен на Козельской сопке и на морском побережье и, вероятно, очень много этого материала было вынесено в океан. По сообщению моряков, льдины, покрытые пеплом, наблюдались в 150—200 милях от берегов Камчатки (Главацкий, 1946).

Осмотр района пеплопада на побережье океана показал, что больше всего рыхлого материала выпало вдоль линии юго-восток  $133^\circ$ , которая вероятно была осевым направлением пеплопада. Здесь, в 20 км от кратера Авачи, в районе между речками Котельная и Козельская, выпавшие частички имели размеры грубого вулканического песка и мелких лапилли, мощность покрова их достигала 45 см. К северо-востоку и юго-западу от этой зоны мощность постепенно убывала: в устье р. Налычевой, в 10 км к северо-востоку, мощность была уже 5 см, а в районе Козельского ручья, в 10 км к юго-западу, — всего только около 1 см. Объем выпавшего материала, мы полагаем, был не менее  $\frac{1}{4}$  км<sup>3</sup>.

Продукты извержения. О составе лавы этого чисто взрывчатого извержения можно судить только по выброшенным рыхлым продуктам. Последние были собраны в двух местах в зоне оси пеплопада, в 17 и 20 км на юго-восток от кратера.

Образцы представляют грубый вулканический песок (табл. 1) с преобладающими размерами песчинок от 1 до 3 мм. Кроме чуждых включений, о которых скажем ниже, среди этого песка встречаются еще небольшие лапилли того же состава, размером до 12 мм.

Таблица 1

## МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕСКА

Место взятия образца	№ образца	Размер песчинок, мм						Сумма
		5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5	
		Размер фракции, %						
В 20 км от кратера	1004-а	0,7	4,0	23,4	27,4	44,4	0,1	100,0
В 17 км от кратера	1005	5,8	20,6	34,0	26,3	12,9	0,4	100,0

По темносерой с легким зеленоватым оттенком окраске, пористой текстуре и общему облику материал песчинок похож на распространенные на Аваче андезиты. Изредка среди них попадаются отдельные кристаллики пироксенов и плагиоклаза, размером до 1 мм.

Под микроскопом состав песчинок довольно однообразен. В гиалопилитовой, богатой бурым стеклом основной массе распространены главным образом фенокристаллы плагиоклаза, реже — гиперстена и клинопироксена и очень редко оливина.

Плагиоклаз во вкрапленниках обычно свежий и прозрачный, но нередко встречается и сильно переполненный включениями стекла. Размеры его до 1,5 мм. Судя по измерениям на федоровском столике, по составу он колеблется от лабрадора до битовнита:

$\lambda_g = 31^\circ$ ; $\varphi_p = 20^\circ$ ; $2V = -85^\circ (+)$ , по полюсу шва (010) . . . . .	67%	An
$\lambda_p = 62^\circ$ ; $\varphi_m = 26^\circ$ ; — " " " . . . . .	75%	An
$\lambda_g = 32^\circ$ ; $\varphi_p = 30^\circ$ ; $2V = +89^\circ (+)$ " " " . . . . .	83%	An

Гиперстен в виде призматических кристаллов, размером до 0,5 мм, ясно плеохроирует по обычной схеме и имеет такие оптические свойства:  $N_g - N_p = 0,012$ ;  $2V = -67^\circ$  (измерение по двум осям);  $N_p = 1,702$ , т. е. представляет разновидность, содержащую около 30% феррисиликата.

Клинопироксен в зернах такого же размера, как гиперстен, но в несколько меньших количествах, встречается почти во всех песчинках. Его несколько больше там, где присутствует оливин. Бледнозеленоватая неплеохроирующая окраска, оптические свойства такие:  $N_g - N_p = 0,026$ ;  $2V = -59^\circ$  (измерение по одной оси);  $N_m = 1,705$ ; угол погасания по координатам полюса спайности по (110)  $\lambda_g = 58^\circ$ ;  $\varphi_p = 30^\circ$  — равный  $42^\circ$ ; определяют его как обычный для андезитов и базальтов Камчатки клинопироксен, богатый диоксидовой молекулой.

Оливин встречается не во всех песчинках. Размеры его не превышают 0,3—0,4 мм;  $2V = -86^\circ$  (измерение по одной оси).

Стекло основной массы имеет показатель преломления чаще всего около 1,564, но в отдельных участках величина его колеблется и уменьшается до 1,550. Показатель преломления, судя по диаграмме Джорджа (George, 1924), указывает на содержание  $\text{SiO}_2$  в стекле около 54%.

<sup>1</sup> Измерения сделаны на пятиосном столике по новым приемам, предложенным А. Н. Заваришким (1943). Координаты относительно осей индикатриссы:  $\lambda$  — долгота,  $\varphi$  — широта. Крестики после цифры угла оптических осей указывают, сделано ли измерение по одной или по двум осям.

Химический состав вулканического песка, приведенный в табл. 2, несколько не совпадает с данными микроскопического исследования и с анализами других лав Авачинской сопки. Лавы последних извержений этого вулкана являются преимущественно андезито-базальтами (Заварицкий, 1935); в нашем же случае состав более основной, приближающийся скорее к среднему базальту по Дэли (Заварицкий, 1941). Но, может быть, мы здесь имеем действительно лаву более основного состава, ибо образец был взят из верхнего слоя сравнительно мощного покрова песка и он может соответствовать наименее дифференцированному материалу из глубоких частей выводного канала. Однако не исключена возможность, что некоторое повышение основности материала могло быть обусловлено обогащением нашего грубого песка частичками темноцветных минералов, в частности пироксенов, выпавших раньше, чем были отложены обломки плагиоклазов и базисной массы.

Таблица 2

Окислы	Содержание, вес. %		Числовая характеристика по А. Н. Заварицкому		
	песок (обр. 1004)	пемза (обр. 1004)	коэффициенты	песок	пемза
SiO <sub>2</sub> . . . . .	53,60	62,80			
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1,03	0,85	<i>a</i>	8,3	9,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14,14	16,70	<i>c</i>	5,1	4,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6,56	2,04	<i>b</i>	26,2	14,2
FeO . . . . .	5,36	3,96	<i>s</i>	60,4	71,3
MnO . . . . .	0,17	0,07		100,0	100,0
MgO . . . . .	5,52	3,54	<i>Q</i>	-0,9	+ 18,4
CaO . . . . .	9,72	4,0			
BaO . . . . .	0,00	0,00	<i>f'</i>	41	38
Na <sub>2</sub> O . . . . .	3,27	3,02	<i>m'</i>	35	42
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,80	2,27	<i>c'</i>	25	—
H <sub>2</sub> O <sub>+110</sub> . . . . .	0,18	0,23	<i>a'</i>	—	20
H <sub>2</sub> O <sub>-110</sub> . . . . .	0,06	0,11	<i>n</i>	85	67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	Следы	0,28	<i>t</i>	1	1
Cl . . . . .	0,01	0,05	<i>φ</i>	21	12
F . . . . .	0,04	0,02			
SO <sub>3</sub> . . . . .	Следы	0,11			
CO <sub>2</sub> . . . . .	0,00	0,40			
Сумма . . . . .	100,46	100,45			

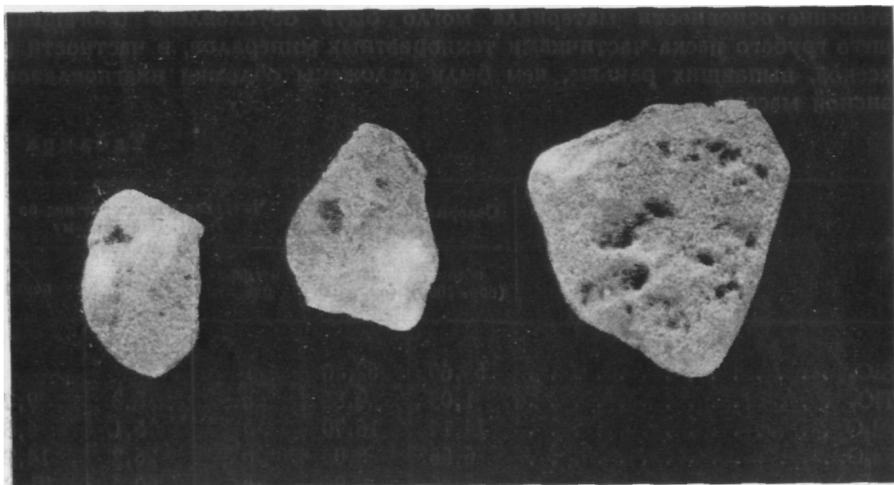
Аналитик  
Р. Е. Арест-Якубович

Другим интересным продуктом извержения оказались небольшие кусочки оригинальной пемзообразной породы, встреченные в массе песка в виде одиночных или групповых вкраплений (фиг. 13). Эта порода по своей легкости, светлосерой окраске и пенистой текстуре очень напоминает пемзу, но только несколько необычной является ее очень тонкопористое строение и большая хрупкость. Поры ее, тесно соприкасаясь между собой, редко достигают 1 мм и только одиночные из них, напоминающие длинные газовые ходы, имеют поперечник до 2 мм. Размеры кусочков обычно около 3—4 см, но иногда и до 6 см. Встречаясь в отдельных случаях скоплениями из трех-

четырёх таких кусочков, эти вкрапления, повидимому, представляют остатки частиц, «величиною с кулак и с голову», которые, по словам очевидцев, падали вместе с песком и тут же рассыпались на части.

Микроскопическое исследование показывает, что эти пемзоподобные частички представляют своеобразные образования, чуждые магме Авачинской сопки.

По общему облику это — вспенившаяся масса, состоящая из пленок стекла и заключенных среди них очень мелких и плохо ограненных кристаллических частичек.



Фиг. 13. „Пемза“ из выбросов Авачи в 1945 г.; в нат. вел.

Стекло чистое и прозрачное. Судя по показателю преломления (1,491), оно имеет довольно кислый состав (76%  $\text{SiO}_2$  по диаграмме Джорджа). Многочисленные поры, разбивающие его на сеть отдельных пленок, имеют размеры около 0,05—0,1 мм. Кроме пор характерно большое число трещин, очевидно образовавшихся при охлаждении, которые, соприкасаясь друг с другом, образуют сеть полигональных участков, напоминающую узор перлитовой отдельности.

Среди кристаллических частиц, беспорядочно рассеянных в массе стекла и являющихся очень тонкими, можно распознать неправильные по очертаниям гранулированные агрегаты клинопироксена, сравнительно многочисленные клочковатые зернышки кордиерита и более редкие кристаллики и зернышки плагиоклаза, ортопироксена, щелочного полевого шпата, рудного минерала, а также чрезвычайно редкие бурые чешуйки похожей на биотит слюды.

Агрегаты гранул клинопироксена, выступающие в виде расплывчатых удлиненных пятен, напоминают подвергшиеся влиянию высокой температуры и готовые расплавиться крупные кристаллы. В стекле вокруг них трещины и поры часто располагаются радиально. Из-за очень тонких размеров гранул этих пятен оптические свойства их трудно установить. О том, что это клинопироксен, мы судим только по бесцветности и двупреломлению гранул и сходству агрегатов их с знакомыми нам примерами гранулированного клинопироксена в ксенолитах кристаллических пород, подвергшихся влиянию высокой температуры.

Кордиерит был обнаружен в иммерсионных шлифах, благодаря хотя и бледной, но ясно заметной фиолетово-синеватой плеохроичной окраске своих сравнительно толстых здесь осколков. В петрографических шлифах этой окраски не заметно, и здесь минерал вполне мог быть принят за плагиоклаз, тем более, что он часто обнаруживает полисинтетические двойники. Зерна его чаще всего имеют неправильные очертания, и они обычно в той или иной степени загрязнены дисперсными включениями. Размеры колеблются от 0,2—0,3 до 0,03—0,05 мм. Более мелкие зерна имеют вид коротких призмочек с прямым погасанием, и они, в противоположность первым, кажутся выкристаллизовавшимися из стекла. В наиболее крупных кристаллах наблюдаются две системы грубых трещин отдельности или спайности, пересекающиеся одна с другой под прямым углом, что вообще необычно для кордиерита, но в данном случае может быть объяснено явлениями резкого нагревания или охлаждения.

О том, что описываемый минерал — кордиерит, говорят следующие его оптические свойства: 1) встречающиеся в нем полисинтетические двойники характеризуются такими координатами относительно полюса шва (например  $\lambda_p = 87^\circ$ ;  $\phi_n = 17^\circ$ ), которые соответствуют Бавенским двойникам андезина с 45—50%  $An$ ; 2) низкое двупреломление и показатель преломления близкий к 1,537; 3) прямое погасание относительно трещин спайности или отдельности и удлинения; 4) ясная плеохроичная окраска толстых осколков по турмалиновой схеме абсорбции:  $N_g$  — бледная фиолетово-голубая и  $N_p$  — слегка желтоватая.

На описании остальных минералов мы не будем останавливаться. Отметим только, что одни из них производят впечатление остатков дезинтегрированных в результате расплавления породы минеральных частиц, другие — индивидов, выделившихся из расплава. В целом минералогический состав и указанные особенности наводят на мысль, что здесь мы имеем дело с роговиком, подвергшимся плавлению, а затем вскипанию. Известное подтверждение этому мы находим и в химическом составе породы (табл. 2), в котором повышено содержание глинозема, магния и калия.

Повидимому, это был кордиеритово-пироксеновый роговик, образовавшийся из глинисто-мергелистой породы, который при извержении был расплавлен и затем в вспенившемся состоянии вынесен из основания вулкана. О нахождении сходных метаморфических пород в фундаменте вулкана известно из описания А. Н. Заварицкого (1940). Повидимому, глинисто-мергелистые осадки имеются и в основании других вулканов, на что отчасти указывает найденный автором в биотитовых риолитах близкого к Авачинской и Коряцкой сопкам хребта Ивулк сходный по облику синий кордиерит (но с иной схемой плеохроизма), который мог появиться здесь только за счет ассимиляции указанного осадочного материала (Пийп, 1946).

Находки подобных кордиеритсодержащих пород среди выбросов вулканов известны уже давно. Например, они были обнаружены Лакруа на Мон-Пело в 1902 г., Кото на Сакурашима в 1914 г. (Koto, 1916) и Коцу на Комагатаке в 1929 г. (Kozu, 1934). К числу этих же примеров следует отнести недавно описанные В. С. Соболевым и О. Н. Горбачевской (1947) включения роговиков с таким же как у нас синим кордиеритом в дацитах Закарпатской области. По текстуре и отчасти по составу наша порода весьма напоминает «кордиеритсодержащую пену» Кото (Koto, 1916, табл. XX, фиг. 6 и 7) и включения «кордиеритовых пород» Коцу (Kozu, 1934, фиг. 10).

**З а к л ю ч е н и е.** Исходя из представления, что Авачинская сопка, подобно другим вулканам Камчатки, вступает в активное состояние периодически, когда происходит одно, два или несколько сильных извержений, и

затем на долгие годы успокаивается, можно назвать такие периоды активности эруптивными циклами и в объеме этого понятия сравнивать их друг с другом. Сравнивая только что описанную деятельность с наиболее известным предшествующим эруптивным циклом 1938 г. (Меняйлов, 1939; Пийп, 1941, 1946), можно отметить такие особенности:

1. Эруптивному циклу 1938 г. задолго до начала предшествовал ряд явлений, возвещавших наступающую деятельность, тогда как извержение 1945 г. наступило почти внезапно и столь же внезапно закончилось.

2. Эруптивный цикл 1945 г., выразившийся только в одном извержении, был более кратковременным и вместе с тем более сильным, чем эруптивный цикл 1938 г., который состоял из трех пароксизмальных и многих более слабых извержений, время от времени происходивших в течение почти одного года.

3. Извержение 1945 г. было чисто эксплозивным, тогда как извержения 1938 г. наряду с эксплозивными явлениями сопровождалось в отдельных случаях и излияниями жидкой лавы.

4. Извержения того или другого эруптивных циклов сопровождалось обрушением на склоны раскаленных рыхлых продуктов, имитировавших потоки жидкой лавы, что, повидимому, вообще типично для извержений Авачинской сопки. При извержении 1945 г. этих потоков было значительно меньше, чем в 1938 г., может быть за счет выноса рыхлых частиц, благодаря более сильному извержению на большую высоту над кратером.

5. Извержение 1945 г., повидимому, происходило с более глубокого уровня, чем извержения 1938 г., о чем свидетельствуют появление расплавленных и вспенившихся роговиков и более основной, почти базальтовый, состав выброшенной лавы.

6. В промежутки между пароксизмальными извержениями 1938 г. происходили ритмические гейзероподобные выбросы газа, переходившие в слабые пепловые извержения, тогда как ни до, ни после извержения 1945 г. они не наблюдались. Вместо них в 1945 г. произошел спокойный, постепенно ослабевавший отгон эруптивных газов. Явление периодических выбросов газа после окончания пароксизмального извержения может служить признаком, что эруптивный цикл еще не закончился и возможно новое пароксизмальное извержение.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Главацкий С. Н. и Лагунов И. И. Извержение вулкана Авача 25 февраля 1945 г. Изв. Геогр. об-ва, № 3, 1946.
- Заварицкий А. Н. Вулкан Авача на Камчатке и его состояние летом 1931 г. Тр. Центр. научно-исслед. геол.-разв. ин-та (ЦНИГРИ), вып. 35, Л., 1935.
- Заварицкий А. Н. Пересчет химических анализов изверженных горных пород и определение химических типов их. Изд. Акад. Наук СССР. М., 1941.
- Заварицкий А. Н. Дальнейший шаг в применении универсального столика. Зап. Минер. об-ва, ч. 72, № 2, 1943.
- Заварицкий А. Н. Изучение вулканов Камчатки. Тр. Ин-та геол. наук Акад. Наук СССР. Краткий обзор научных работ института за 1939 г. М., 1940.
- Меняйлов А. А. Извержение вулкана Авача в 1938 г. Бюллетень Вулканологической станции на Камчатке, № 6, 1939.
- Пийп Б. И. Извержение вулкана Авача в 1938 г. Бюлл. Вулканологической станции на Камчатке, № 10, 1941.
- Пийп Б. И. О раскаленных агломератовых потоках Авачи и о типе извержений этого вулкана. Бюлл. Вулканологической станции на Камчатке, № 12, 1946.
- Пийп Б. И. Состояние активных вулканов Камчатки с июля 1941 г. по апрель 1943 г. Бюлл. Вулканологической станции на Камчатке, № 13, 1946.
- Соболев В. С. и Горбачевская О. Н. О находке синего кордиерита в ксенолите роговика. Львовское геол. об-во, Минералогический сборник № 1, Львов, 1947.

- George H. O. The relation of the physical properties of natural glasses to their chemical composition. Journ. geol. vol. 32, № 5, 1924.
- Koto B. The great eruption of Sakurajima in 1914. Journ. Coll. Sci. Tokyo Imp. Univ, Japan, vol. 38, № 3, 1916, pp. 189—190, anal. 196—208.
- Kozu S. The great activity of Komagatake in 1929. Miner. and Petrogr. Mitt., vol. 45, Hf 2—3, 1934, pp. 149—151.
- Perret F. A. The Vesuvius eruption of 1906. Carnegie Inst., Publ. № 339, Washington. 1924, p. 93.
-