Записки Ленинградского горного института, т. VIII, 1934
Annales de l'Institut des Mines Leningrad, vol. VIII, 1934

Паразитные кратеры, возникшие в 1932 г. у подножья Ключевского вулкана на Камчатке

Асс. В. С. Кулаков

New Parasitic Craters of Kliuchevsky Volkano, Kamchatka

V. S. Kulakov

Предварительное сообщение

Летом 1932 г. Ленинградским Горным музеем была организована поездка для сбора материалов по минералогии и петрографии вулканов, расположенных в районе г. Петропавловска.

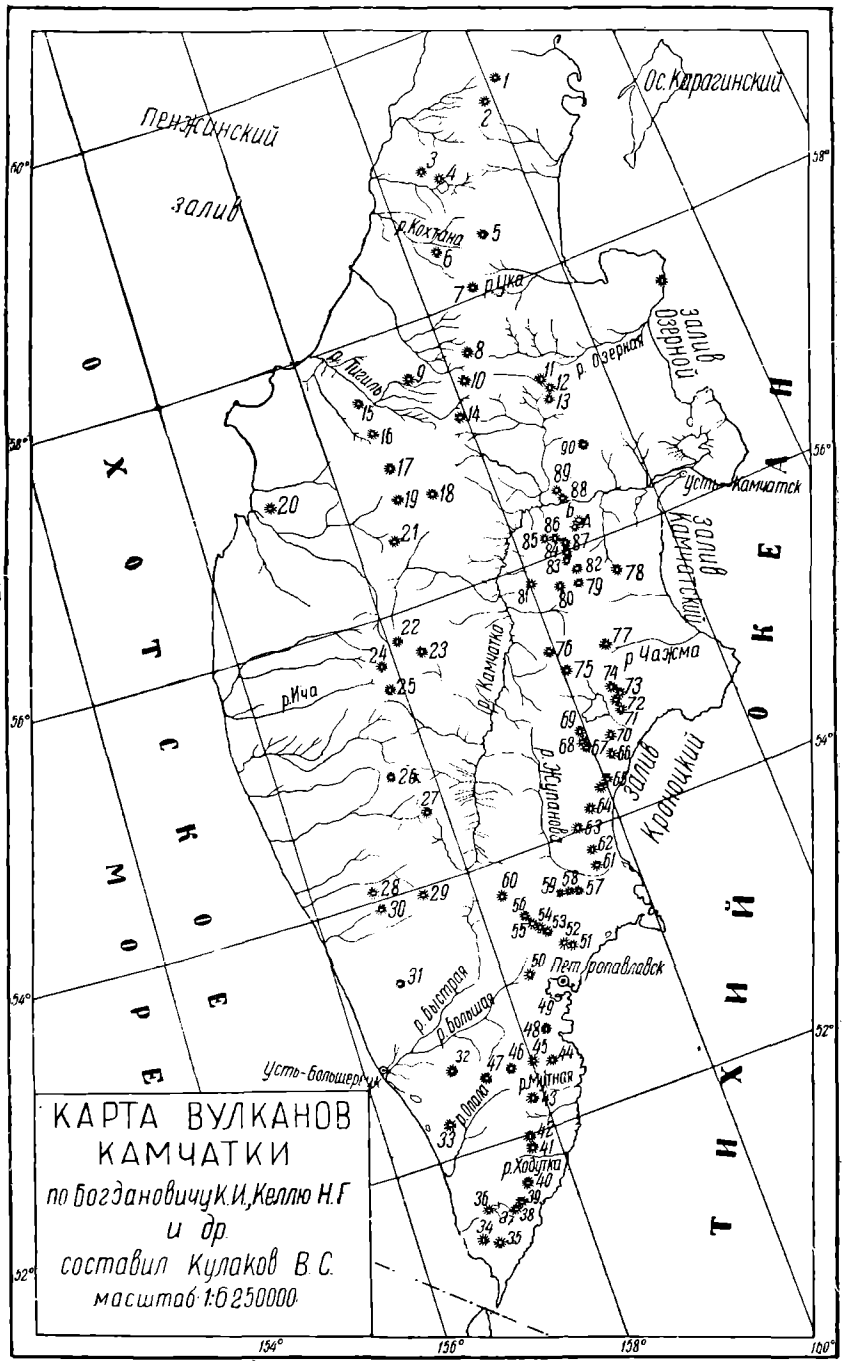
Еще по выезде из Ленинграда было известно об образовании паразитного кратера у подножия Ключевского вулкана. По приезде в Петропавловск выяснилось, что там образовался второй паразитный кратер, который в этот момент находился в деятельности. План работ был изменен, и автор немедленно выехал к Ключевскому вулкану.

Ключевской вулкан и роль его в Камчатской вулканической дуге

Камчатская вулканическая дуга распадается на две зоны: западную зону потухших вулканов Срединного хребта и восточную, в которой сосредоточены действующие вулканы. Всего в восточной зоне насчитывается до 20 вулканов, действующих и находящихся в сольфатарной стадии.

Орографически восточная зона резко распадается на две части: 1) южную—от М. Лопатки до Кроноцкого озера и 2) северную—от Кроноцкого озера до В. Шивелуч.

В южной части вулканы расположены вдоль берега океана с общим направлением зоны NNE. Северная часть зоны расположена в главной части в долине опускания между хр. Кумрочь и Срединным. Для южной части характерно присутствие поперечных рядов вулканов. Таких рядов пока намечается четыре: Кошелево-Камбальный, Мутновско-Горело-Опальский, Козельско-Авача-Коряцкий и Жупаново-Дзундзурский. Интересно, что наиболее активные вулканы в южной части восточной зоны, кроме Березового, приурочены к пересечению с нею поперечных рядов. Иное распределение потухших и действующих вулканов в северной части. Сосредоточенные здесь наиболее высокие вулканы определенного порядка в расположении не имеют. Наиболее активным не только в северной части, но и во всей восточной зоне является Ключевской вулкан. Абсолютная высота его достигает почти 5 *км*. Со времени появления русских на полуострове в конце XVII века до настоящего времени Ключевской вулкан произвел наибольшее количество извержений по сравнению с другими вулканами Камчатки. В литературе отмечаются извержения в следующие годы: 1698, с 1727 по 1731 г. беспрерывно, 1737, 1740, 1762, 1767, 1785, 1788, 1789, 1790, 1819, 1821, 1829 (произвел одно из крупнейших мировых извержений, излив 3,5 $км^3$ лавы) 1840, 1841, 1848, 1852, 1853, 1854, 1877, 1878, 1879, 1896, 1897, 1898, 1899, 1909, 1913, 1915, 1923, 1925, 1929 и в 1931 г.—извержение с большим количеством песка и пепла.



Настоящая карта не претендует на полноту списка вулканов Камчатки. Автор многие мелкие конуса на карту не вносил с целью не загромождать ее, в частности не нанесены область кольца вулканов — Гультена, ряд конусов около Опалы, Шивелуча и др., а также некоторые вулканы Срединного хребта, местонахождение коих было неясно. На карте вулканы обозначены нумерами. *Список вулканов:* З а п а д н а я З о н а. *1* — Апангравнен, *2* — Аульлан, *3* — Байдара, *4* — Масса, *5* — Тылсле, *6* — Мельпе, *7* — Алигей, *8* — Айпелькан, *9* — Красная сопка, *10* — Шишель, *11* — Уочикачен, *12* — Лежиц, *13* — Юрточный, *14* — Белый (Красная сопка) *15* — Хаулинский, *16* — Круглый, *17* — Кетепана, *18* — Чашаконджа, *19* — Кайкетепана, *20* — Элюэлик, *21* — Ачаун, *22* — Хоа-шен, *23* — Оччамо, *24* — Чершук, *25* — Ахлкан, *26* — Хангар, *27* — Камень, *28* — Ашев, *29* — Коктанген, *30* — Ктуохта, *31* — Мухин, *32* — Хр. Б. Ипелька, *33* — М. Ипелька. В о с т о ч н а я З о н а: *34* — Кошелев, *35* — Камбальный, *36* — Дикий Гребень, *37* — Курильское Озеро (Кальдера), *38* — Ильин, *39* — Желтовский, *40* — Штюбеля, *41* — Хадутка, *42* — Присмыш, *43* — Асача, *44* — Мутновский, *45* — Горелый Хребет, *46* — Предполагаемая вершина. *47* — Опала, *48* — Вилючик, *49* — Тарья (Кальдера), *50* — Острая, *51* — Козельский, *52* — Авачинский, *53* — Коряцкий, *54* — Ааак, *55* — Апик, *56* — Тарбеев, *57* — Жупановский, *58* — *59* — Хр. Дзун-Дзур, *58* — Игоревский *59* — Юрьский, *60* — Баккенинг, *61* — Развалленный 1-ый, *62* — Развалленный 2-ой, (Дитмара), *63* — Березовый (Карымский), *64* — М. Семячик, *65* — Б. Семячик, *66* — Кихпиныч, *67* — Узон, *68*—Таупшиц, *69*—Унапа, *70* — Крашенинников, *71* — Кроноцкий, *72* — Шмидта, *73* — Гамчен, *74* — Конради, *75* — Кизимен (Щапинский), *76* — Кунчокла, *77* — Тымрак, *78* — Шиш, *79* — М. Удина, *80* — Б. Удина, *81* — Толбачик, *82* — Зимин, *83* — Безымянный, *84* — Камень, *85* — Ближн. и Дальн. Плоский, *86* — Средний, *87*—Ключевской. Новые паразитные кратера 1932 года: *А* — Киргурич, *Б* — Туйла, *88* — Заречный, *89* — Харчинский, *90* — Шивелуч.

Для сравнения привожу годы извержений Авачинского вулкана, второго по активности среди камчатских вулканов. Извержения: 1729, 1735, 1737, 1771, 1772, 1773, 1779, 1789, 1827 г. [излил 1,5—2 $км^3$ лавы (подсчет автора)], 1822, 1828, 1829, 1831 (?), 1853—с пеплом, 1855, 1878,1881, 1894, 1901, 1909, 1910 и в 1926 г. с незначительным потоком лавы до 150 *м* длиной по южному склону конуса, а не пепловое, как указывает П. Т. Новограбленов.

Подножие Ключевского вулкана усажено многочисленными паразитными кратерами, питавшимися лавой из того же магматического очага, что и сам Ключевской вулкан. Судя по хорошей сохранности некоторых конусов, резкой выраженности в рельефе их потоков и слабой задернованности растительностью, часть паразитных кратеров действовала в недавнее историческое время.



Рис. Ключевской вулкан, вид с Киргурича.

Судя по расспросным сведениям, полученным от жителей селения Ключи, 1931 г. отличался от прежних лет большим количеством землетрясений. Особенно сейсмичностью отличалось второе полугодие. Для него насчитывается не менее 14 землетрясений силой 6—7 баллов по шкале Росси-Форел я. Мелкие сотрясения представляли обычное явление. Эпицентр землетрясений указывается в сторону Ключевского вулкана. Не исключена возможность связи этой повышенной сейсмичности района с образованием паразитных кратеров.

До образования новых паразитных кратеров, кратер Ключевского вулкана беспрерывно выделял дым и склоны конуса нередко посыпались пеплом. После образования паразитов деятельность кратера ослабела, а острая вершина конуса стала притупляться.

Во время пребывания автора в августе—сентябре 1932 г. кратер Ключевского вулкана временами выделял очень незначительное количество дыма, возможно даже это были пары воды таявшего снега. Сама вершина была сильно притуплена и скошена (рис. 1). На SE стороне ее торчал „зуб"

Район образования новых паразитных кратеров

Новые паразитные кратеры образовались в местечке Киргурич. От селения Ключи расположены к S километрах в 16, от вершины Ключевского вулкана к NE километрах в 20—25.

Всего возникло два кратера. Первый назван Киргуричем, по названию местности, второй—Туйла, в честь древнего бога камчадалов, о котором С. Крашенинников[1] пишет: „Туйла трясению земли притчиною ставят — будто оно происходит от того, когда Туйлова собака Козей, на которой он ездит под землю, отрясает снег с себя".

Киргурич расположен вблизи окончания зоны березняка на абс. выс. не выше 600 *м*. Туйла возник позже Киргурича и находится к NNE в 1 300 *м* от него на абс. выс. 500—530 *м*. По абс. отметкам среди всех паразитных кратеров E и N склона Ключевской, новые кратеры расположены наиболее низко.

Новые паразитные кратеры располагаются на одной линии с вулканами Харчинский и Заречный, с одной стороны, и старыми паразитными кратерами, расположенными к S от новых,—с другой. На этой линии новые кратеры наиболее приближены к старым паразитным кратерам.

[1]) Описание земли Камчатки, т. II стр. 76, СПБ 1755.

В районе образования местность покрыта невысокими увалами, ложками и неглубокими, до 15 *м* воронками, представляющими поверхность мощных по распространению древних лавовых потоков полевошпатовых базальтов и андезито-базальтов. Древние потоки лав хорошо видны в бортах речек Сухой и Крутенькой.

Река Крутенькая расположена южнее и в районе образования имеет отвесные борта. Киргурич возник на ее левом берегу. Туйла расположен на правом берегу р. Сухой.

Киргурич

Время возникновения Киргурича относится к 25 января 1932 г. в 12 ч. 45 м. дня. Первый момент образования Киргурича для жителей сел. Ключи прошел незамеченным. Наблюдения в 12 ч. 45 м. дня относятся уже к появившемуся столбу темно-серого дыма в районе местечка Киргурич.

По сведениям, полученным от Заремба, бухгалтера Козыревского совхоза, ездившего в этот день с рабочими совхоза за сеном и наблюдавшего момент образования паразитного кратера, это передается так: „Рабочий, скидывавший сено со стога, заметил в районе образования паразита поднимавшийся вверх участок земли, о чем и сообщил внизу стоящим товарищам. Заремба и рабочие видели, как поднявшийся участок в главной массе упал в сторону Ключевского вулкана. Вместе с подъемом земли поднимался вверх черный дым. Позже цвет дыма изменился в серый. Столб дыма в этот день не превышал 2 *км* высоты."

Отсутствие ощутимого землетрясения и гула при образовании отмечается как жителями сел. Ключи, так и Заремба. О дальнейшей деятельности паразитного кратера Киргурич получены следующие сведения. Учитель А. А. Крамков, ездивший к Киргуричу 26—29 января и останавливавшийся в 1 *км* к E от кратера, указывает, что кругом была пепельная равнина. Древесная растительность в 100 *м* от кратера представляла кладбище берез и ольховника.

До 2 февраля деятельность слагалась главным образом из выделений дыма и редких взрывов. Позже преобладала деятельность со взрывами.

К какому времени относится окончание деятельности Киргурича—установить трудно; учитель Кияниченко указывает 25 мая, учитель Собачкин—конец июня.

С реки Камчатки лава, излитая Киргуричем, кажется черным полем, резко выделяющимся на фоне окружающей зелени. По краям этого поля поднимается в различных местах белый дым. С W стороны лавового поля возвышается невысокий бугор—конус Киргурича.

Лавовое поле Киргурича занимает площадь в 3 — 4 *кв. км* при средней мощности 15 *м* и слагается из отдельных потоков. Благодаря разрушению поверхности лавого поля, выделить отдельные потоки представляется затруднительным.

По отношению кратера лавовые потоки в стороны распространились не на одинаковое расстояние. К NE от кратера лавовое поле имеет протяжение 3,5—4 *км* при ширине от 100 до 200 *м*. Проходившее в этом же направлении русло ручки Крутенькой полностью залито лавой. В рельефе лавового поля присутствие залитого русла р. Крутенькой не отражается, кроме наличия уступа близ кратера, о котором будет сказано при описании кратера. К S лавовое поле распространяется на 200—300 *м*, пересекает р. Крутенькую и языкообразно, по отношению лавового поля, вдается к W по руслу р. Крутенькой. К W лавовое поле оканчивается в 150 — 200 *м* от кратера, наползая здесь на шлаковые бугры, и занимает левый берег р. Крутенькой. К N лавовое поле распространяется на 600—700 *м*.

Для краевой части всего лавового поля следует отметить зигзагообразность краевых контуров и местами присутствие земляных валов. Земляные валы представляют небольшие участки земли вместе с древесной растительностью, гонимые впереди потока при его движении. В большей части края лавового поля сложены остроугольными глыбами. Нередко край поля имеет угол наклона до 40°

Поверхность лавового поля представляла различные стадии в процессе формирования поверхности от первой стадии сравнительно ровной, засыпанной рыхлым материалом, до типичной глыбовой.

Первая стадия — лава покрыта рыхлым материалом краснобурого цвета. Ярким примером может служить последний лавовый поток, излитый к E от кратера (рис. 2).

По краевой части этот последний поток имел валы из рыхлого материала выбросов. Высота валов 1—2 *м*. Ширина потока 40 *м*, длина — около 2 *км*.

Вторая стадия — частичное растрескивание лавы с частичным осыпанием рыхлого материала с поверхности в трещины (рис. 3). В этой стадии находилась почти половина лавового поля.

Третья стадия — полное растрескивание лавы. Весь рыхлый материал ссыпается в трещины. Поверхность имеет вид ледника, сильно разбитого трещинами. Верхние части глыб имеют острые края. Трещины неправильные и книзу быстро суживаются. В этой стадии находилась часть лавового поля.

Четвертая стадия — дальнейший раскол лавы на мелкие глыбы. Образуется типичная поверхность глыбовой лавы из развала различного размера глыб и обломков.

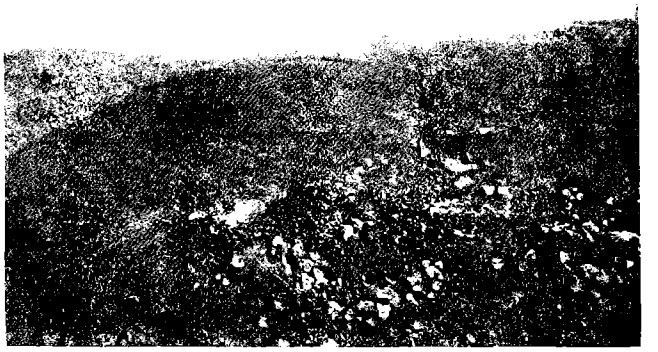


Рис. 2. Вид на последний лавовый поток Киргурича из кратера.

Конус Киргурича возвышался метров на 50 над лавовым полем и подковообразно опоясывал кратер, будучи открыт с E стороны. Различные части конуса имели различную сохранность конусообразной насыпной формы. N часть имела правильную насыпную форму. W состояла из ряда уступов. S частью осыпалась в кратер, частью у подножья представляла невысокие бугры. Основание конуса также все было разбито трещинами. Ширина трещин различная, редко достигала 15 *м* при глубине не более 5—8 *м*. Среди трещин преобладало направление, нормальное радиусам кратера. Наличие трещин по склону и у основания говорило о расползании конуса. Причинами расползания конуса надо считать: 1) продолжавшееся движение лавы, на которой возвышался конус, после прекращения извержения, и 2) растрескивание лавы под конусом вследствие остывания.



Рис. 3. На переднем плане лавовое поле Киргурича во второй стадии формирования поверхности потока. Вдали в центре Туйла и его лавовое поле. С конуса поднимается SO_2.

В трещинах выделялся зеленовато-желтый газ, по запаху напоминавший хлор. Слабо пахло HCl. Поверхность конуса была сложена главным образом обломками бомб, шлаков и лапилли, образовавшихся за счет их разрушения. Поражало отсутствие по внешнему склону конуса хорошо сохранившихся бомб.

Внутренний склон конуса возвышался метров на 40 над пробкой кратера. Нижние $^2/_3$ склона отвесно обрывались в кратер и были сложены плотным оливино-

вым базальтом. На поверхности стенки были заметны следы скольжения. Верхняя треть склона менее круто спускалась в кратер и представляла слоистое чередование крупного и рыхлого материала, черного, местами кирпично-красного цвета.

Кратерное отверстие с S стороны, как уже упоминалось выше, было засыпано обрушившимся склоном конуса. В остальной части кратера торчала меридионально вытянутая глыба — пробка из сильно пористого оливинового базальта. Размер глыбы 3×1 *м*. Глыба имела наклон к E, и по ее краевой части были заметны следы выдавливания и местами своеобразное тонкое задирание мелких участков лавы — щербатость. Размер задиравшихся участков редко превышал 2—3 *см*, обычно меньше. Задравшиеся участки кверху выклинивались и загибались в противоположную сторону поверхности глыбы. Поверхность задранных участков нередко имела каплеобразное строение. В кратере газов никаких не выделялось. Эксгаляций также не было.

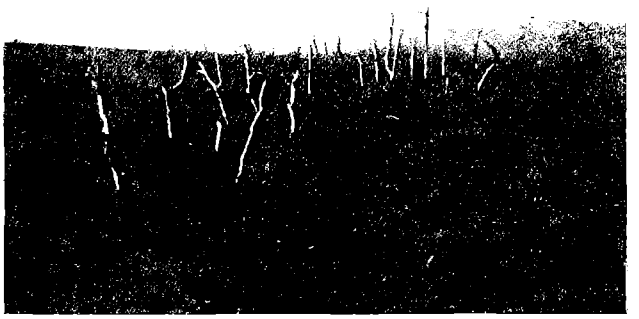


Рис. 4. Лес в районе деятельности Киргурича.

На E от кратера тянулся последний лавовой поток. На протяжении 50 *м* от кратера поток разбит поперечными трещинами. Расстояние между стенами-глыбами достигало вверху 2 *м* и уменьшалось книзу. Длина трещин 10 — 15 — 20 *м*. Глыбы имели плоско-раковистую поверхность излома и щербатость. Небольшие трещины в глыбах на поверхности также имели щербатость. Кой-где глыбы раскололись на остроугольно-полиэдрические обломки. Пористость лавы с удалением от кратера быстро уменьшалась. В 50 *м* к E от кратера имеется уступ, обрывающийся метров на 10 вниз. Уступ на лавовом поле к NE намечается метров на 30, а к SW — метров на 20; вероятно он представляет отражение левого борта р. Крутенькой в поверхности лавового поля. Последний лавовый поток почти отвесно сползал с уступа, плавно следуя далее. После уступа поверхность этого потока, как уже отмечалось выше, засыпана рыхлым материалом и не подверглась еще расколу (рис. 2).

Фумаролы. Все выходы фумаролл были приурочены к краевой части потока и располагались в виде разобщенных фумарольных площадей. Всего таких площадей насчитывалось до 12. Наиболее мощная площадь располагалась в 100—120 *м* к W от кратера, имея размер 40×40 *кв. м*. Здесь среди развала глыб в различных местах поднимался в небольшом количестве сизоватый дым. В пасмурные и дождливые дни количество дыма резко увеличивалось. Сизоватый дым вероятно принадлежал NH_4Cl, кроме того сильно пахло HCl. Поверхности глыб были покрыты различного цвета эксгаляциями. В отличие от других фумарольных площадей, нашатыря здесь оседало очень мало. Преобладали хлориды Fe, Al, Ca. Следует упомянуть также о выделении углеводородов из трещин по левому берегу р. Крутенькой, выше лавового поля.

К W от вышеописанного поля фумаролл, после окончания потока лавы, располагались шлаковые бугры. Бугры созданы отчасти неравномерным выпадением шлаков, отчасти рельефом местности. Шлаки являются первыми выбросами при образовании Киргурича, так как среди них встречаются куски коренных пород — андезито-базальтов и базальтов, прорванных при образовании. В стыке с лавовым потоком шлаки сцементированы нашатырем. На обращенных вниз поверхностях шлаков выделялась сера как в игольчатых, так и в натечных формах. Шлаки, разрушаясь, давали своеобразное лапилли. Кой-где из шлаков торчали пни берез. С удалением

к W появлялись голые стволы берез, далее поломанный ольховник и березы с частично поломанными ветвями (рис. 4). В 300 *м* к W от кратера шла область с преобладанием выпадения пепла. Отдельные мелкие куски шлаков встречались в 1,5 *км* от кратера. Количество излитой лавы и выброшенного рыхлого материала можно принять равным 0,1 *куб. км*.

Туйла

Кратер Туйла располагается в 1300 *м* к NNE от Киргурича (рис. 3). Первоначальный момент образования прошел незамеченным. Причиной надо считать плохую погоду в момент образования. Первые взрывы на Туйле учитель Кияниченко слышал 27 июня в 19 ч., но в этот момент он не знал, что образовался новый паразитный кратер.

Первым посетил Туйла И. Т. Новограбленов 3 и 4 июля. Во время его пребывания кратер находился в беспрерывной взрывной деятельности. В таком же состоянии застал Туйла и геоботаник Карев 30 и 31 июля.

Впервые деятельность Туйла автор заметил 15 августа вечером с реки Камчатки у селения Камак; до Туйла было около 60 *км*. Отсвет от лавы в кратере был едва заметен и казался слабым колеблющимся пламенем свечи. В следующие дни деятельность протекала со взрывами, иногда выделялся черный дым. Взрывы в селении Ключи слышались как далекая артиллерийская стрельба — буxx — буxx — и напоминали также морской прибой. Перерывы между взрывами достигали 2—3 секунд, редко больше. Кроме секундных перерывов между взрывами происходили более длительные перерывы минут в 10—15. Длительные перерывы происходили редко и служили разделом „пачки“ взрывов.

Временами взрывная деятельность затихла на 3—4 часа. В эти моменты поднималось большое количество дыма.

Наблюдения за деятельностью вблизи кратера

Конус Туйла имел подковообразную форму и располагался на лаве. В 20 числах августа высота его доходила до 20—25 *м*. С NE стороны конус был открыт, и в эту сторону происходило излияние лавы из кратера. До 28 августа деятельность кратера можно разделить на два вида: деятельность со взрывами и выделение дыма без взрывов (рис. 5).



Рис. 5. Момент извержения Туйла. Деятельность с преобладанием дыма.

а) Деятельность со взрывами характеризуется выделением в эти моменты небольшого количества сероватого дыма, гулкими и частыми взрывами, большим количеством выбросов крупного материала, деятельностью бокк и приуроченностью излияния лавы к этому моменту. Количество взрывов в минуту колебалось от 17 до 34. Стрелка компаса в периоды взрывов давала отклонения в 4 *км* от кратера до 15°; ближе к кратеру отклонение увеличивалось и в 1 *км* от кратера доходило до 30°. Колебания почвы в 2—3 *км* от кратера ощущались редко. Частые, но слабые колебания ощущались в 150—200 *м*. В минуту 10—15—20 колебаний. Они редко совпадали со взрывами, иногда предшествовали взрывам. Какой-либо

связи взрывов с колебаниями почвы не устанавливалось. Гипоцентр колебаний находился где-то внизу, и колебания были собственно не волнообразными — горизонтальными, а подбрасывающими — вертикальными.

b) Выделение дыма без взрывов характеризуется большим количеством черного дыма, вместо взрывов своеобразный шорох. Большое количество выбросов мелкого рыхлого материала, редкая и очень слабая деятельность бокк. Нет излияния лавы. Сотрясения почвы ощущаются.

Деятельность Туйла между 28 августа и 2 сентябр

К вечеру 27 августа в деятельности Туйла наступило изменение. Первое, что бросалось в глаза, — открытая часть конуса засыпалась рыхлым материалом. Кольцевой вал, окружавший кратер, замкнулся. Деятельность этого периода характеризуется: выбросами на склон конуса лавин, переполненных рыхлым материалом, и дыма пиками; выделением большого количества дыма как во время взрывов, так и без взрывов: повышенной деятельностью бокк. Временами изливающаяся лава протекает под конусом.



Рис. 6. Деятельность Туйла в период, когда кратер полностью опоясан кольцевым валом.

Выбросы лавин происходили без взрывов. На склон конуса выкидывался черный дым, из которого с грохотом падал раскаленный материал. Дым, освободившись от рыхлого материала, клубясь поднимался вверх. В моменты интенсивной деятельности количество лавин достигало 11 в минуту.

Выброс дыма пиками по внешнему виду напоминал кипарисы. Направление пиков было самое разнообразное. На легевших в бок пиках можно было проследить, что всегда впереди дыма летели куски лавы. Черный дым пика был переполнен как крупным, так и мелким рыхлым материалом. В момент вылета краевые части пика совершенно не имели завитков. При полете из пика высыпался рыхлый материал, дым пика начинал клубиться и скорость движения замедлялась. Дым серел и расширялся, поднимался кверху. Количество пиков в минуту достигало 15.

Кроме лавин и пиков в эти моменты из кратера вылетали громадные крутящиеся клубы дыма. Ствол пинии принимал прямую, винтообразную, кольцеобразную (рис. 6) и другие формы. Крона чаще была оттянута к Е. Высота пинии не превышала 1,5 *км*.

Излияние лавы приурочивалось главным образом к моментам деятельности со взрывами. Поверхность потока была засыпана рыхлым выбросами и бугристости не имела. По выходе из под конуса поток имел ширину 40—50 *м*. Среди лавового поля краевые части потока резко оконтуривались валами от 1,5 до 5 *м* высотой.

У основания конуса ночью во время движения поверхность потока светилась.

За время с 28 августа до 2 сентября конус возрос метров на 25 и расширился в стороны.

С вечера 1 сентября взрывы в кратере возрасли как количественно, так и качественно. В первом часу ночи 2 сентября в N части конуса образовалась трещина. Был момент, когда лава начинала изливаться через край конуса. Во втором часу было замечено, что NE часть конуса отползала. К 5 ч. утра NE часть конуса отодвинулась на 80 *м*, а к 7 ч. утра на 100 *м*. Конус не выдержал напора лавы и расползся (рис. 7).



Рис. 7. Расползшийся конус Туйла (вид с S). Вправо видна утащенная потоком NE часть конуса.

Деятельность кратера после расползания конуса

В этот период деятельность кратера особенно ничем не отличалась от деятельности до образования полного конуса. Но в этот период ежедневно в течение 2 недель наблюдения за кратером велись в 100 *м* от него. Удалось видеть самый процесс излияния лавы, деятельность бокк и деятельность кратера и моменты выделения большого количества дыма.

Кратерное отверстие, вернее площадь, на которой происходили взрывы, не превышало 25 *кв. м*. В моменты затишья представляло темную неровную поверхность, с которой поднимался сизоватый дым. Взрывы не приурочивались к определенному месту кратера. Количество взрывов было разнообразное, от 18 до 37 в минуту. При каждом взрыве вверх и в стороны, как жидкое тесто, разлеталась беловато-желтая лава (рис. 8). Внутренний склон конуса быстро облеплялся лавой. С крутых склонов и сверху рыхлый материал падал обратно в кратер. При каждом взрыве вылетал клуб прозрачного дыма, серевшего при подъеме вверх (рис. 9). По краям клубов наблюдался карминово-красный ореол с фиолетовым отливом.

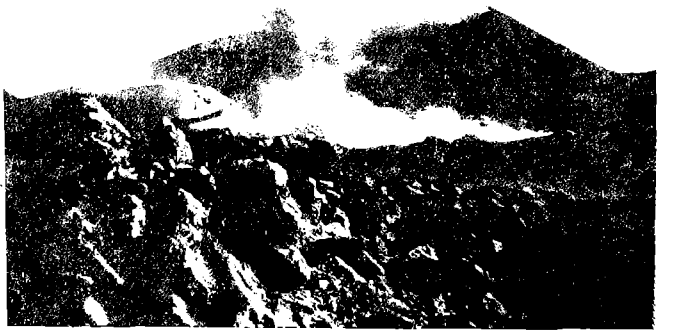


Рис. 8. Взрыв в кратере Туйла. На потоке валы рыхлого материала. Слева на переднем плане псевдо-гарнитосы.

Лава в кратере перед взрывом бугрилась. Воронка, образовавшаяся после взрыва, быстро закрывалась. Вначале цвет лавы в кратере был беловато-желтый, потом красновато-желтый, позже серый и темный. Один момент удалось наблюдать излияние лавы из отверстия площадью 5 — 7 *кв. м*, расположенного немного выше кратера. Лава из отверстия сползала в кратер как тесто из переполненной квашни. После

взрывов в момент затишья нередко был виден карминово-красный с фиолетовым отливом ореол над кратером. Стрелка компаса во время взрывов давала полный угол отклонения в 80° Конец стрелки, направленный в сторону кратера, давал сильный наклон вниз. Вся стрелка имела боковой наклон к W.



Рис. 9. Взрыв в кратере Туйла.

В некоторые моменты выделения большого количества дыма в кратере лавы не было. Вероятно она опускалась ниже. В эти моменты боззвучно вместе с клубами дыма вылетали раскаленные куски лавы. При их обратном полете в кратер навстречу летели новые куски. В воздухе стоял своеобразный шум от ударов при полете и падении рыхлого материала.

Деятельность бокк (рис. 10) чаще происходила в момент затишья в кратере. Бокки приурочивались главным образом к внутреннему склону, редко к самому кратеру. Обычно в месте образования бокки в первый момент поднимался беловатый дым и слышалось слабое гудение. Количество дыма и звук гудения быстро возрастали. Из образовавшегося небольшого отверстия вылетали мелкие кусочки лавы, которые падали вблизи отверстия. Иногда кругом отверстия кусочками лавы образовывалось подобие конуса. При сильной струе дыма из отверстия показывался карминово-красный язык пламени.



Рис. 10. Деятельность бокки, расположенной на внутреннем склоне конуса Туйла.

Для более полной характеристики деятельности кратера привожу выдержку из дневника от 5 — IX:

«8 ч. 01 м. веч. взрывы прекратились, действует одна бокка, со свистом выдувая небольшое количество дыма. Временами из бокки показывается карминово-красный язык пламени и летят кусочки лавы.

«8 ч. 07 м. начались слабые взрывы кратере. Дыма поднимается мало и бесформенно. Бокка затихла.

«8 ч. 10 м. взрывы усилились, при каждом взрыве дым вылетает клубами. Временами работает бокка, с 8 ч. 11 м. бокка усилила деятельность, — сильнее гудит.

«8 ч. 16 м. взрывы тише. 8 ч. 19 м. взрывы прекратились, позже действовала только бокка.

«8 ч. 21 м. взрывы в кратере. С 8. ч. 33 м. при взрывах дыма выделялось очень мало. С начала взрывов в 8 ч. 21 м. деятельность бокки ослабевает. С 8 ч. 33 м. бокка выделяет больше дыма. Позже временами бокка не гудит, выделяющийся дым указывает на слабую деятельность.

«8 ч. 40 м. слабые взрывы в кратере, с 8 ч. 43 м. сильные взрывы с большим количеством выбросов. Малое количество дыма. Над боккой струя белого дыма. Нередко показывается карминово-красный язык пламени. Иногда из отверстия выбрасывается до высоты 70 *м* много мелких раскаленных кусочков лавы.

«8 ч. 50 м. взрывы прекратились. Бокка продолжает действовать.

«8 ч. 56 м. сильные взрывы, бокка затихла. С 8 ч. 57, 5 м. временами действует бокка. С 9 ч. 01 м. сильно загудела бокка, заглушив взрывы.

«В 9 ч. 05 м. взрывы прекратились. Над кратером карминово-красная кайма с фиолетовым оттенком. В 9 ч. 11 м. бокка выбросила столб искр. В 9 ч. 13 м начались взрывы в кратере. Ослабла деятельность бокки. Позже бокка то усиливает, то ослабляет деятельность. Взрывы следуют один за другим. Разлетавшаяся в стороны лава при полете рвалась на более мелкие куски. Падая на внутренний склон конуса, плющилась и сползала. Настоящее тесто. От нашлепок лавы цвет склона был желтовато-красный и красный».

Нередко вследствие замедления движения вытекавшего из кратера потока, на его поверхность накидывались бугры рыхлого материала (рис. 10).

Движение лавового потока

Движение лавового потока наблюдалось километрах в 2 к NNE от кратера. Поток двигался со скоростью 12—15 *м* в сутки. В случае неровной поверхности на своем пути он бугрил или гнал валами землю. С движущейся краевой части потока, спускавшегося в р. Сухую, происходили обвалы выдвигавшихся вперед глыб, обнажая раскаленную лаву (рис. 11). При обвалах вверх поднималась коричневая пыль. Остывая на глазах, свалившиеся глыбы трескались как по середине, так и по краям. В трещинах появлялась щербатость. Рыхлый материал, покрывающий поток, осыпался вниз и вместе с свалившимися глыбами лавы образовывал агломерат, подстилавший поток. Поверхности слагавших агломерат кусков были большею частью красного цвета. Плоско-раковистые и щербатые поверхности свалившихся глыб были черными. Остывавшие на воздухе куски при расколе молотком давали зубчатые края излома.



Рис. 11. Лавовый поток Туйла в момент движения.

Лава, как и у Киргурича, была оливиновым базальтом.

Лавовое поле Туйла

В отличие от лавового поля Киргурича, здесь хорошо можно было различать все отдельные потоки, слагавшие лавовое поле. По отношению кратера лавовые потоки распространились в главной массе к N и NE, залив площадь в 3 *кв. км* при мощности до 15 *м*. К S и W потоки распространились метров на 100—125. Большая часть лавового поля находилась в движении, в особенности его N и NE части.

Лавовый поток, вытекающий из кратера, пройдя метров 500 к NNE, круто поворачивал на E (в средине сентября). Путь потока в лавовом поле не всегда был один и тот же и часто поворачивал в другом направлении, заливая при этом излитые ранее потоки.

Поверхность лавового поля

Находилась в тех же стадиях, как и поле Киргурича. Преобладали первая и вторая стадии. В отличие от поверхности поля Киргурича, здесь присутствовали, как на движущемся лавовом потоке, так и на прекративших движение, выпуклости типа гарнитос — псевдогарнитосы (рис. 8). Сходство их было еще более поразительно тем, что они так же возвышались столбами и слагались из рыхлого материала. В отличие от гарнитос, они не образовывались из шлаков, выбрасываемых газами из потока, а вероятно представляли результат неравномерного остывания поверхности потока вследствие неровностей подстилающей почвы. В конце потока, расположенного к W от кратера, обращало внимание конусообразное выпячивание, возвышавшееся над потоком на 6 — 8 *м*. Выпячивание, возможно, было создано неровностью залитой местности.

Выбросы

Крупный материал выбросов слагался из различной формы бомб и шлаков.

Типы бомб:

Гроздевидные. Количественно преобладали над другими видами. Внешне представляли сильно растрескавшиеся куски лавы. Участки между трещинами сосочкообразно отвисали, получалась форма грозди. По краевой части трещины имели щербатость. Гроздевидные бомбы благодаря сильной растресканности быстро разрушались и давали особый тип плотных лапилли.

Крученые — различных размеров. С поверхности часто были покрыты шлаками. По остывании шлак отставал. Внутри большею частью имелась пустота.

Булавообразные — вытянутые, неполностью завернутые крученые бомбы.

Лепешкообразные — крученые, сплющившиеся от удара при падении.

Листообразные — незакрученные тонкие листы с щербатой поверхностью.

Шлаки были представлены двумя видами, тяжелыми и легкими. Тяжелые шлаки представляли выбросы частично освободившейся от газов лавы, тип переходный между бомбами и легкими шлаками. Легкие шлаки, сильно пористые, с щербатой поверхностью с отвисающими участками — выбросы первичной лавы. При разрушении давали пористое лапилли. На поверхности пор часто замечалась тонкая пленка с синеватым металлическим блеском, вероятно принадлежавшая железному блеску.

Лапилли представлено 4 типами: 1) пористое лапилли выбросов, 2) плотное лапилли выбросов, 3) пористое лапилли разрушения легких шлаков, 4) плотное лапилли разрушения гроздевидных и других бомб.

Вулканический песок — 3 типов: 1) черный вулканический песок, остывший в воздухе, и разновидность его, кирпично-красный, остывший на лаве; 2) вулканический песок, входивший в агломераты, образованный от разрушения пористых шлаков и лапилли; 3) пизолитовый песок и пепел, выпадавший в форме градин во время дождей.

Эксгаляции и газы Туйла

Эксгаляции Туйла были менее разнообразны, чем Киргурича, и их выделения приурочивались как к поверхности потоков, так, главным образом, к краевым частям. Всюду преобладал нашатырь. К этим же краевым частям потоков приурочивались фумаролы, но они были менее мощны, чем у Киргурича. Цвет выделявшихся газов как в фумаролах, так и с поверхности свежих потоков, и во время извержения из кратера и бокк, был сизоватым и очень напоминал хлористый аммоний. Горьковатый вкус дождевых капель во время извержений, присутствие кристаллического NH_4Cl в преобладающем количестве среди эксгаляций также говорят за это. Присутствием же NH_4Cl можно объяснить и наблюдавшуюся конденсацию дыма на высоте 50 *м* над кратером в период затишья (образование кристаллического

NH_4Cl). Поэтому я считаю, что главная масса дыма, выделявшегося при извержении, принадлежала NH_4Cl. Следует отметить, что бывали моменты, когда с наружной поверхности конуса поднимался в большом количестве сернистый газ, определенный обонянием. Но эти выделения не принадлежали кратеру, а являлись выделениями из выбросов (рис. 3).

Необходимо отметить еще ряд явлений, не вошедших в описание:

1. 29 авг. в 18 ч. 55 м. и 19 ч. 18 м. на лавовом поле Туйла наблюдались смерчи. Дым из ближайших фумаролл воронкообразно стягивался как продолжение дымовой воронки, — вверх поднимался тонкий веретенообразный столб дыма. Смерчи продвигались медленно и имели высоту в 600 — 700 *м*.

2. Электрических разрядов (гроз) во время извержения, за время пребывания, не наблюдалось.

3. Выпадение дождя приурочивалось только к дождливой погоде. В ясные дни во время извержения из кроны вблизи кратера дождя не выпадало.

Поэтому автор считает, что дождевая влага в главной массе, если не во всей, слагалась из атмосферной влаги.

Пизолитовый град выпадал два раза, оба в пасмурные дни.

В заключение считаю приятным долгом выразить благодарность всем лицам, способствовавшим выполнению моей работы, и в особенности Д. И. Мушкетову и В. В. Черных, организовавших мою поездку на Камчатку.

Summary

In 1932, in the region of the Kliuchevsky volkano arose new parasitic craters. They occur 1 20—25 km to the NE from the summit of the Kliuchevsky volkano, and at 16 km. to the S from the village Kliuchi. The locality of their occurrence presents rather low hills or ridges, separated by gulches (valleys), and covered with funnels. The absolute height of the craters is 500—600 m. The first one was formed in a locality, called Kirgurich, and obtained this name. The second crater was named Tuila after the ancient God of the Kamchadals.

The Kirgurich crater

The Kirgurich crater arose on the 25-th of January 1932 at 12 h 45′ in the afternoon. Its activity continued, according to some witnesses — till the 25-th of May, to others — till the 27-th of June 1932. During the period of activity in the Kirgurich crater there were observed explosions, smoke and effusion of liquid lava. The lava field of Kirgurich occupies an area of 3,5 — 4 km. and lays to the NE and E of the crater. It is built up by separate lava flows which are difficult to differenciate because of their destructed surface. The lava is an olivine basalt. For the slopes of the cône an absence of well conserved bombs is characteristic (the observations were made in August – September 1932, that is 2—3 months after the eruption). To the periphery of the lavafield are to be referred the disjoined areas of fumaroles. Probably in the composition of exhalations of the fumaroles entered NH_4Cl, as to judge after the presence of a great lot of sal ammoniac crystals among the incrustations. The activity of the fumaroles rose with the humidity of the weather.

The Tuila crate

The Tuila crater is situated 1300 m. to the NNE from the Kirgurich crater at a lesser altitude The time of its formation is not accurately known, there are indications, that it happened on the 27-th of June 1932. The observations of the crater were performed during the months of August and September. The cône of the crater was discovered on the NNE before the 28-th of August. It grew and remained complete till the 2-d of September. Later the NE part of the cône was transferred away by a lava flow on its surface (see photo). The activity of the crater before the 28-th of August was summarised by periods of explosions alternating with periods of ejection of a great amount of smoke The number of explosions attained 17—34 in a minute, and they were accompanied by the issue of a small amount of coaly - flower smoke. During the periods of explosions the slopes of the crater got covered with splashes of a white-yellowish melted lava, and on the exterior slope fell down partly incandescent, partly refrigered bombs, slags and lapilli. The ashes fell in an unimportant quantity The clouds of smoke were

surrounded by a carmine-red oreol with a violet tint. To the periods of explosions were appropriated the effusions of lava. In the intervals between the explosion periods, several hours long, there happened outbursts of a large amount of smoke. The presence of a great deal of fine friable material is characteristic for these periods. The activity of the crater was accompanied by earthquakes of variable intensity.

During the period between the 28-th of August and the 2-d of September the lava flowed through a fissure in the cône. Moreover the large amount of smoke, in the shape of rising clouds, «nuées arden- tes», filled up with friable material, burst out of the slopes, and periodically «picks», comparable to cypresses, were thrown out upwards and sidewards. At 1 o' clock after midnight, the 2-d of September, in the north-eastern part of the cône a fissure was formed. At 1 o' clock in the morning all the north-western part of the cône was removed at a distance of 100 m. from the crater. After the 2-d September the activity of the crater was the same as before the 28 - th August. Only a more intensive activity of «boccas» was to be noted.

The Tuila lava field was formed by well distinguishable separate lava flows, with accumulations of friable material bordering them.

The evolution of the surface of the lava flows.

The observations of the surface of the lava flows of the Kirgurich and Tuila craters suggest four steps of their formation:

1. The surface of the lava flows is comparatively even, covered all over with friable eruptive material (fig. 2). The flows are bordered by bullwarks of friable material.
2. On the surface of the lava flow appear irregular cracks, through which flows a part of the friable material (fig. 3). The side bullwarks of the flows suffer also partial destruction.
3. The surface of the lava flow is dissected by numerous yawning fissures, and resembles the surface of a glacier. The friable material is wholly poured in them. The bordering bullwarks disappear.
4. The surface of the lava flow is changed into a block-field.

The lava field of Kirgurich crater in August 1932 presented all the four steps of development. The lava field of Tuila crater had the 1—3 steps of development, and locally began to form the 4-th one.

The movement of the lavaflows.

The velocity of movement of the lava flows of Tuila at the end of the flow attained 12—15 m. per day. When moving, the lava flow locally formed in the frontal part an earthy border or bullwark which it drove forward. The earthy bullwark consisted of soil and vegetation. On the photo is shown the stopped earthy bullwark in front of the end of a lava flow of Kirgurich.

The eruption products of Tuila crater.

The eruption products of Tuila present bombs of different size and shape, slags, lapilli, sand and ashes. Between the bombs are to be noted «grape-formed» bombs. A grape-formed bomb is a piece of congealed lava, of irregular shape with hanging bits similar to grapes. These bombs are quickly destructed and transformed in a special type of compact lapilli. Grape-formed bombs are often found on the Tuila, on Kirgurich they were totally destructed and were met with only as splinters.

The smoke in its main part consisted of NH_4Cl. The exhalations were chiefly represented by saltammoniac and chlorids of iron, calcium and aluminium.

Thunder discharges during the eruptions were not observed. Rains coincided with cloudy weather, and were in no manner connected with eruptions of the craters. On cloudy days a pisolithic ashy shower was observed.