

Ф. М. ДИТЕРИХС, В. С. КУЛАКОВ и А. Е. СВЯТЛОВСКИЙ

**ПАРАЗИТИЧЕСКИЕ КРАТЕРЫ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА,
ВОЗНИКШИЕ В 1932 Г.¹**

I. ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КЛЮЧЕВСКОЙ СОПКИ

Ключевская сопка расположена на восточном побережье полуострова Камчатки и является одним из самых активных вулканов тихоокеанского вулканического кольца (фиг. 1).



Фиг. 1. Общий вид Ключевского вулкана

В литературе зафиксированы извержения Ключевской сопки в следующие годы: 1698, с 1727 по 1731 ежегодные извержения, 1737, 1740,

¹ Работа написана по материалам, собранным геологом В. С. Кулаковым и химиком А. Н. Троцким в период работ Камчатской экспедиции СОПС АН СССР 1934/35 г.

1762, 1767, 1785, 1788, 1790, 1819, 1821, 1829 — очень крупное извержение, давшее большое количество лавы; 1840, 1841, 1848, 1852, 1853, 1854, 1878, 1879, 1896—1899 (ежегодные извержения), 1909, 1913, 1915, 1923, 1925, 1929, 1931.

Эти данные свидетельствуют о неослабевающих вулканических силах Ключевской сопки. В некоторые периоды деятельности вулкана, когда его жерло по каким-либо обстоятельствам не дает выхода накопившейся вулканической энергии, происходит образование боковых вулканических каналов, по которым прорываются газы и лавы из магматического очага, питающего Ключевскую сопку. В результате извержения вулкана через боковые каналы образуются паразитические кратеры, в значительном количестве встречающиеся на склонах Ключевского вулкана, где наряду с вновь образованными, имеется ряд возникших в недавнем прошлом.

Образование паразитических вулканов обычно приурочено к тектоническим трещинам в подножье и на склонах вулкана, в связи с чем в расположении этих кратеров иногда можно заметить некоторую закономерность: линейное расположение в тех случаях, когда они возникают на радиальных трещинах, и концентрическое — когда они связаны с трещинами, по которым происходит образование кальдер.

У подножья Ключевского вулкана зафиксированы линейные образования паразитических кратеров.

По имеющимся данным, 1931 г. (год, предшествующий образованию паразитических кратеров) отличался от предшествующих лет большим количеством землетрясений, носивших местный характер и не зарегистрированных крупными сейсмическими станциями. Сила землетрясений достигала VI—VII баллов по шкале Меркалли-Канкани. Особенной сейсмичностью отличалась вторая половина этого года. Наибольшей силой отличались землетрясения в селах Ключи и Козыревск. Зарегистрировано несколько случаев обрушения печных труб, лопнувших стекол и пр. Ниже приводятся данные о землетрясениях в селах Ключи и Козыревск, сообщенные М. З. Чудиновым и В. Ф. Надотовым.

1931 г.

Август	22	—	землетрясение в Ключах
Сентябрь	8	—	два толчка в Ключах
»	9	—	землетрясение в Ключах
»	12	—	»
»	13	—	волнообразные толчки в Ключах до VII баллов
»	27	—	землетрясение в Козыревске
»	28	—	» в Ключах
»	28	—	» в Козыревске
Ноябрь	30	—	» в Ключах
Декабрь	3	—	» в Козыревске
»	9	—	» в Ключах
»	11	—	»
»	14	—	»
»	17	—	тремякратное землетрясение в Козыревске
»	27	—	землетрясение в Козыревске

1932 г.

Январь	3	—	землетрясение в Козыревске (отмечено восемь толчков)
»	7	—	То же
»	8	—	»

В период извержения паразитических кратеров Ключевского вулкана землетрясения прекратились. До того сам вулкан проявлял некоторую деятельность: дымил, выбрасывал вулканический пепел. Но когда на-

чалось действие паразитических кратеров, активность Ключевской сопки кончилась. Из других вулканов Камчатки в этот период вел себя активно только Карымский. Вулканы Шивелуч, Авачинский и Горелый не проявляли признаков активности.

Деятельность первого паразитического кратера Ключевской сопки, Киргурича, началась 25 января 1932 г. в 12 час. 45 мин. Само извержение началось довольно спокойно. Из возникшего кратера появились клубы черного дыма. Через несколько часов начались оглушительные взрывы, сопровождавшиеся выбросом газов и вулканического материала. Взрывы повторялись через каждые 5—6 часов. Лавовых излияний в первый период деятельности Киргурича не происходило, как установлено 30 января группой местных работников, подошедших на расстояние 1 км к кратеру. Повидимому, лавовое излияние произошло после того, как взрывами был расчищен канал паразитического кратера, соединяющий его с магматическим резервуаром. Окончание деятельности Киргурича относится к 15—25 мая 1932 г.

Возникновение второго паразитического кратера, Туйлы, относится к концу июня. Подробное описание деятельности Туйлы дает В. С. Кулаков (1934).

Преимущественно деятельность Туйлы протекала в обстановке взрывов, следовавших друг за другом через некоторые промежутки времени и сопровождавшихся выбросами газов и рыхлых продуктов. Излияния лавы происходили в наиболее интенсивный период взрывов. Лава изливалась как через конус паразитического кратера, так и сквозь основание конуса, причем сам конус, сложенный рыхлым материалом, разрушался и увлекался лавовым потоком. Взрывы и выбросы вулканического материала сопровождались горением вулканических газов и интенсивной деятельностью бокк, окружающих кратер.

Во время движения лавового потока земля бугрилась, растительность сгорала. Скорость движения лавового потока достигала 12—15 м в сутки. Окончание деятельности Туйлы относится к началу ноября.

Третий паразитический кратер, Биокось, образовался 13 ноября 1932 г. Интенсивная деятельность Биокосья начинается с 15 ноября 1932 г. и прекращается вечером 8 апреля 1933 г. В течение этого периода происходило излияние лавы, сопровождавшееся временами почти несмолкаемыми взрывами. В связи с более поздним излиянием лав Биокосья, его лавовое поле в период изучения отличалось большим нагревом.

II. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЙОНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КРАТЕРОВ

Величайший из современных действующих вулканов Азии, Ключевская сопка, расположен на широком вулканическом плато, сложенном мощной толщей эффузивных пород. По соседству с Ключевской сопкой находится ряд крупных вулканов, объединенных с Ключевским названием Ключевская группа вулканов.

Изучая эксплозивные выбросы паразитических кратеров Ключевской сопки, удалось установить характер пород, на которых залегает вулканическая толща, слагающая Ключевский дол. Этими отложениями оказались зеленые туфогенные песчаники морского происхождения с фауной пелеципод, плохая сохранность которых позволила только приблизительно отнести морскую толщу к миоцену.

Породы, слагающие Ключевскую сопку и ее подножье, относятся к ангитовым андезито-базальтам, излившимся в более раннюю стадию деятельности вулкана, и к оливиновым базальтам более позднего или

современного происхождения. Наблюдается увеличение основности лав, изливаемых Ключевским вулканом, по мере приближения к современному периоду его деятельности.

III. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ЛАВ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КРАТЕРОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ в 1932 г.

Лавы паразитических кратеров, излитые в 1932 г., достигают наибольшей основности среди всех известных лав Ключевского вулкана, излившихся до 1938 г. Это доказано работой В. И. Влодавца (1934), посвященной изучению базальта первого паразитического кратера Ключевского вулкана, действовавшего в 1932 г. Этот кратер ранее назывался Пацан, но позднее получил более закрепившееся в литературе название Киргурич (название местности, где возник паразитический кратер).

Лавы всех паразитических кратеров, действовавших в 1932 г., сходны между собой и относятся по типу к оливиновому базальту. Приводим кратко сводное описание оливиновых базальтов, слагающих лавовые потоки паразитических кратеров Киргурич, Туйла и Биокось.

Макроскопически это черные и темносерые породы с значительной пористостью. Наблюдаются порфиновые выделения зеленоватых кристаллов оливина и авгита.

Микроскопически наблюдаем отсутствие плагиоклаза среди порфировых вкрапленников, представленных бесцветными кристаллами оливина в сечениях довольно правильной формы и грязно-зеленым авгитом ($CNg = 43-45^\circ$, значительная дисперсия оптических осей) в виде правильных изометрических кристаллов. Встречаются отдельные вкрапленники диоксида ($CNg = 36-38^\circ$, $2V = +60^\circ$). Среди вкрапленников пироксенов наблюдаются двойники и структуры песочных часов. Размеры вкрапленников достигают 2—3 мм. Иногда они образуют гломеропорфирные сростки.

Среди микролитов главное место занимает плагиоклаз в виде тонких вытянутых лейст, погруженных в основную массу породы: темное бурое стекло. По углам погасания в поперечных разрезах и по показателю преломления плагиоклазы относятся к типу битовнита. В основной массе породы, наряду с микролитами плагиоклаза, часто наблюдаем мелкие зерна пироксена, выделившегося в эффузивный период кристаллизации лавы. Присутствует также мелкая рудная пыль. Основная масса породы имеет гиалопилитовую структуру, в некоторых случаях переходящую в интерсертальную. Наблюдаются во многих шлифах явления флюидальности и обтекания микролитами плагиоклаза минералов вкрапленников.

Относительное количество стекла и крупность микролитов плагиоклаза зависят от морфологического типа лавы: в бомбах, шлаках и периферических частях лавовых потоков стекло преобладает, в центральных частях лавовых потоков наблюдаем хорошо раскристаллизованную основную массу из микролитов.

Не задаваясь целью сравнительной химической характеристики различных типов лав, излитых Ключевской сопкой в разные периоды ее деятельности, помещаем лишь два химических анализа лав, излитых в 1932 г. паразитическими кратерами, для сопоставления их состава с химическим составом продуктов деятельности фумарол паразитических кратеров (табл. 1).

Первый химический анализ лавы (Киргурич) заимствован у В. И. Влодавца (1934), второй (Туйла) — у А. Н. Заварицкого (1935).

Таблица 1

Химический состав лав паразитических кратеров Ключевской сопки (в %)

Компоненты	Лава Киргурича	Лава Туйлы	Компоненты	Лава Киргурича	Лава Туйлы
SiO ₂	51.51	52.34	CaO	10.80	10.76
TiO ₂	0.57	0.95	Na ₂ O	2.15	2.54
Al ₂ O ₃	14.91	14.57	K ₂ O	0.63	0.67
Fe ₂ O ₃	3.02	2.69	H ₂ O ⁺	0.32	0.48
FeO	6.26	6.09	H ² O ⁻	—	0.03
MnO	0.20	0.11	P ₂ O ₅	Не опред.	0.11
MgO	9.37	9.89			

IV. МОРФОЛОГИЯ РАЙОНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КРАТЕРОВ

Паразитические кратеры возникли к северо-востоку от Ключевского вулкана, на его пологом подножье. От вершины Ключевской сопки они находятся на расстоянии 20—21 км к северо-востоку. Местность представ-



Фиг. 2. Общий вид района возникновения паразитических кратеров Ключевской сопки

ляет широкое вулканическое плато, слабо холмистое, изрезанное мелкими ложбинами, увалами, руслами многочисленных речек, текущих со склонов Ключевской сопки (фиг. 2). Среди речек наиболее значительными в этом районе являются реки Сухая и Крутенькая. Южнее вновь возникших паразитических кратеров расположены многочисленные старые кратеры, из которых ближе всего находятся конусы Атласова и Сизмос, лежащие на правом берегу р. Крутенькой, на расстоянии 0.5—1 км от лавовых полей Киргурича и Бюкося. К востоку от новых паразитических кратеров наблюдается уклон к долине р. Хапичи, причем рельеф сохраняет здесь те же черты пологой холмистой местности, покрытой буграми, впадинами и изрезанной овражками.

Излившиеся лавы новых паразитических кратеров внесли в морфологию местности некоторые изменения. По р. Сухой сток воды направился вдоль северо-западной стороны лавового поля Туйлы. Произошел замыкание русел рек в местах, где лавовые потоки перегородили эти русла. Были промыты некоторые холмистые увалы, расположенные у склонов Ключевской сопки, причем обнаружилось их ледниковое происхождение: они оказались сложенными моренным материалом.

К северу рельеф местности вплоть до г. Камчатки полого-холмистый и довольно однообразный.

У. МОРФОЛОГИЯ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КРАТЕРОВ И ИХ ЛАВОВЫХ ПОЛЕЙ

К и р г у р и ч возник первым из паразитических кратеров на абсолютной высоте 780 м, на правом берегу р. Крутенькой. Гипсометрически он занимает промежуточное положение между Биокосем и Туйлой.

Общее направление движения лав, излитых Киргуричем, обусловило вытянутость его лавового поля в северо-восточном направлении. Лавовое поле Киргурича занимает площадь около 4 км² при средней мощности около 15 м.

Выделить отдельные лавовые потоки, слагающие поле, трудно, ввиду разрушенности лав и неровного характера рельефа, служившего ложем для изливавшихся лав. Русло р. Крутенькой, залитое лавами Киргурича, не выражается в рельефе лавового поля. По длине лавовое поле вытянуто на 3,5 км при ширине 200—900 м. С северо-запада оно находится на расстоянии 100 м от лавового поля Туйлы, с южной стороны на него наплывают лавы Биокоса, частично перекрывая лавы Киргурича.

Кратерный конус Киргурича расположен в юго-западном углу лавового поля и имеет вид вытянутого круглого бугра высотой около 60 м, разбитого по западному склону рядом спиральных трещин. Часть конуса оползла, захваченная движением лав по руслу р. Крутенькой. Конус сложен рыхлым пирокластическим материалом; наблюдаются отдельные хорошо сохранившие свою форму бомбы.

Сечение кратера — несколько квадратных метров; частично он засыпан рыхлым материалом. Северная часть кратера, обрывающаяся крутой стенкой, сложена плотной лавой.

Поверхность лавового поля Киргурича своим строением в период наблюдений в 1932 г. (Кулаков, 1934) отражала различные стадии застывания лавовых потоков.

Свежеизлитые лавовые потоки имели довольно ровную волнистую поверхность, покрытую рыхлым вулканическим материалом. По мере застывания лав, поверхность лавового поля покрывалась многочисленными трещинами и постепенно превращалась в типичную поверхность глыбовой лавы (тип «аа»), состоящей из хаотического развала глыб и обломков различного размера.

По бокам лавового поля Киргурича тянулись стенки, местами переходившие в валы глыб. Конец лавового поля спускается крутым уступом.

Последний лавовый поток Киргурича дает наиболее яркое представление о процессе движения лавы. Поток двигался из кратера в восточном направлении. По краям поток оконтуривается невысокими бортами, сложенными рыхлым материалом. В конце потока краевой вал возвышается над поверхностью потока. По бортам потока в некоторых участках сохранились стенки, вдоль которых происходило движение лавы; на поверхности этих стенок можно видеть борозды-шрамы, нанесенные глыбами лавы во время движения.

Паразитический кратер **Т у й л а** расположен на абсолютной высоте 700 м, в расстоянии 1300 м на северо-северо-восток от Киргурича. Лавовое поле Туйлы занимает площадь в 3 км² при мощности до 15 м. Оно состоит из отчетливо различных потоков, которые распространялись преимущественно в северном и северо-восточном направлении от кратера по руслу р. Сухой, выраженной в рельефе лавового поля.

Конус кратера Туйлы (в настоящее время уже разрушенный) располагался на поверхности лавового поля. В период действия Туйлы высота конуса достигала 25 м. Излияние лавы из кратера происходило с северо-восточной стороны конуса. В первый период деятельности (сентябрь 1932 г.) кратерный конус имел правильную форму, но позднее был разбит трещинами. Вследствие движения лавы конус сместился относительно кратера и внутри первого конуса образовался второй, отделенный от первого понижением в 5—8 м глубины. Гребни конусов находились друг от друга на расстоянии 15 м.

Поверхность лавового поля носит типичный характер глыбовых лав типа «аа».

В рельефе лавового поля к юго-западу и югу от кратерного конуса наблюдаются два своеобразных холма. Первый имеет конусовидную форму и возвышается на 6—8 м над поверхностью лавового поля. Основание конуса, диаметром около 20 м, сложено плотной лавой оливинового базальта, его склоны и вершина состоят из спекшегося аггломерата шлаков и вулканических бомб. Второй холм имеет высоту около 6 м и сложен шлаковым аггломератом. По всей поверхности лавового поля наблюдаются подобные возвышения, в большинстве случаев не превышающие 1—2 м. Большая часть их обязана своим происхождением неравномерному нагромождению пирокластического материала на неровной поверхности лавового поля, иные же возвышенности лавового поля возникли вследствие вздутия лавовых потоков, вызванных подпором движущейся лавы в нижней части течения при продолжающемся напоре в верхней.

Возвышенность на южном окончании лавового поля представляет собой остаток конуса, унесенный от кратера на лавовом потоке в ночь с 1 на 2 сентября 1932 г.

Для всего контура поля характерна извилистость, обусловленная неравномерным наплывом лавовых потоков.

Лавовое поле оканчивается узким языком, расположенным в русле р. Сухой. Край лавового поля обычно крут, сложен россыпью лавовых глыб. По краям возвышаются валы до 6 м высотой, состоящие из пирокластического материала. Наиболее широко они развиты у окончания лавового поля. Механизм образования этих валов сходен с механизмом образования ледниковых морен.

Масса вулканических бомб, шлаков и лапилли покрывает поверхность лавового поля. Вблизи кратера по количеству преобладают вулканические бомбы, преимущественно гроздевидной формы; по мере удаления от кратера количество бомб уменьшается и увеличивается количество лапилли и вулканического песка. Встречаются выбросы посторонних пород — туфо-песчаников, обломки которых обычно окружены каемкой базальтового шлака. В обломках туфо-песчаника найдено два внутренних слепка пелелипод. Встречены также мелкие обломки кварца, вплавленного в базальтовые бомбы.

Б и о к о с ь, возникший последним из паразитических кратеров 1932 г., расположен гипсометрически выше всех, на высоте 784 м. Находясь в районе, залитом лавами паразитических кратеров Атласова и Сизмос, Биокось изливал свои лавы в северном направлении, причем на севере лавовое поле Биокосья уступами напозало на лавы Киргурича.

Лавовое поле Биокося близко к квадратной форме; по площади оно в два-три раза меньше лавового поля Киргурича. Мощность его достигает 30 м. Конус Биокося разрушен, сохранилась лишь восточная часть в виде бугра около 20 м высотой, возвышающегося над поверхностью лавы. В материале конуса преобладают бурые шлаки, бомб меньшее количество. Кратер Биокося не выражен ясно; повидимому, он находится у западного подножья остатков конуса.

Лава из кратера Биокося распространилась вначале к северо-востоку и северу, а потом к югу. Судя по уступам северной части лавового поля, потоки в этом направлении следовали друг за другом три раза. Поверхность лавового поля представляет собой глыбовый развал лавы «аа» и обильно засыпана шлаками, особенно в южной части поля. Краевые части всего лавового поля представлены развалом глыб; кое-где в краевые части поля входят канавы, образованные в местах сближения бортов потоков. Последний лавовый поток имеет ясно выраженные бортовые валы.

VI. ФУМАРОЛЫ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КРАТЕРОВ КЛЮЧЕВСКОЙ СОПКИ

Фумаролы обычно делятся на два типа:

- а) фумаролы, находящиеся в кратере, — первичные фумаролы;
- б) фумаролы лавовых полей — вторичные фумаролы.

Фумаролы паразитических кратеров Ключевской сопки относятся к типу вторичных.

В газовых выделениях вторичных фумарол содержится большое количество примесей, заимствованных не из магматических источников. Тем не менее в основном эти газы очень близки к вулканическим. Последние тоже не являются чистыми ювенильными газами и содержат такие примеси, как воздух, подземную воду, продукты дистилляции из нагретых окружающих пород и т. п.

При взаимодействии некоторых выделяющихся из фумарол газов с другими газами и лавами образуются новые химические соединения, отлагающиеся вокруг отверстий фумарол. Некоторые минеральные образования, инкрустирующие стенки фумарол, произошли вторичным путем в результате сложных химических реакций, протекающих в термальных условиях фумарольной деятельности.

1. Фумаролы Киргурича

Фумаролы Киргурича в период исследования 1934/35 г. были менее интенсивны, чем фумаролы остальных паразитических кратеров, так как Киргурич возник раньше других и его лавовое поле успело больше остыть (фиг. 3). Следы деятельности фумарол, уже прекративших свое существование к моменту исследования, в основном уже почти исчезли, ввиду легкой растворимости большинства эвгеалитов.

Во время исследований 1932 г. все фумарольные выходы были приурочены к краевым частям лавового поля. Среди эвгеалитов преобладали хлористые соединения.

В период исследования 1934/35 г. наиболее интересны были фумаролы западного подножья конуса Киргурича, где они образовали две группы: северную и южную.

Северная группа фумарол располагалась на лавовом потоке, обильно засыпанном вулканическим песком. Струи белого дыма поднимались из-под торчащих глыб лавы, на поверхности которых оседали возгоны. Фумарольные отверстия имели несколько квадратных сантиметров в диаметре.

Температура fumarol колебалась в пределах 125—205°. В этих условиях у нижнего края отверстия оседал нашатырь, у верхнего края — сера. Среди газов, наряду с парами воды, преобладали хлор и серный ангидрид.

Среди отложений большинства fumarol преобладал нашатырь. Наблюдения 30 мая за рядом fumarol северной группы показали, что температурные условия, в которых происходило осаждение кристаллического нашатыря, колеблются в пределах 17—35°. У стенок некоторых fumarol наряду с нашатырем происходило отложение хлорида железа (молезит), серы, алунита, гипса. Нашатырь, отложившийся в этих fumarолах, обычно приобретал лиловую или буроватую окраску. Температура достигала здесь 180°.



Фиг. 3. Фумарольное поле

Южная группа fumarol во время исследований в ноябре 1934 г. характеризовалась более высокими температурами, чем северная. Fumarолы расположены вдоль неглубокой V-образной трещины, в северной стенке которой происходил подъем газов, нагретых до 408°. Среди минералов, образующихся вокруг fumarol и по их стенкам, можно отметить алунит, нашатырь, галит, молезит, гидроксид железа.

Во время посещения этой группы fumarol 8 марта 1935 г. температура в fumarольных выходах упала до 365°, а к 30 мая 1935 г. — до 352°. Началось весьма интенсивное отложение нашатыря.

В результате остывания лавового поля открылся ряд новых трещин глубиной более 10 м при ширине не более 5 м.

Старая fumarольная площадь расположена немного южнее fumarol западного подножья конуса. Fumarолы этой группы интенсивно действовали в 1932 г. Среди развала глыб поднимались обильные газы, в числе которых были отмечены пары воды и хлористые газы. Вокруг fumarol кристаллизовались хлористые соединения железа, алюминия, кальция. Во время посещения весной 1935 г. fumarолы старой

фумарольной площади лишь слабо дымились, испаряя воду. По стенкам фумарол встречено было значительное количество гидратов окиси железа. Температура фумарол доходила, однако, до 135°.

Фумаролы южного осыпавшегося склона конуса. Фумарольные выходы приурочены к меридиональной трещине в лавах. Наибольшая температура при исследованиях в конце 1934 г. достигала 78°. Среди газов, выделяемых фумаролами, замечались признаки хлороводорода. У вершин конуса встречены образования атакамита и углекислой меди.

При посещении 8 марта 1935 г. замерена температура 135°; 30 мая 1935 г.—145°. В верхней части выходов появились возгоны нашатыря и сильный запах хлористого водорода. В местах стыков шлаковых бугров с лавой во время исследований 1932 г. в изобилии встречался нашатырь; при посещении в конце 1935 г. образование нашатыря не наблюдалось. В трещине, расположенной рядом, была найдена сера, отмеченная здесь и во время исследований 1932 г.

Вдоль южного края лавового поля расположены бугры, сложенные развалом глыб. Среди них интерес представляют два бугра, для которых отмечена фумарольная деятельность.

В газах, выделявшихся на первом бугре среди лавовых глыб, преобладали пары воды и присутствовали хлорные соединения. Нагрев газов был незначительный. На стенках фумарол образовались корки нашатыря.

На втором бугре, расположенном рядом и также представлявшем собой развал глыб, нагроможденных в беспорядке, фумарольные проявления наблюдались с восточной стороны бугра, где газы выделялись из трещины около 5 м длиною и 2 м шириною. Температура газов была свыше 125°. По краям выходов кристаллизовались возгоны нашатыря и хлорных соединений железа, быстро переходящих в гидраты окиси железа. Среди газовых выделений преобладали пары воды и хлороводорода.

Рядом среди шлаков замечен еще один фумарольный выход с температурой 188°.

2. Фумаролы Туйлы

Фумаролы Туйлы в первый период деятельности паразитического кратера (1932 г.) были менее разнообразны и деятельны, чем фумаролы Киргурича.

Среди эксгаляций Туйлы в 1932 г. преобладал хлористый аммоний, наблюдались также выделения сернистого газа. Фумаролы Туйлы в то время располагались преимущественно у краевых частей лавовых полей.

При исследованиях в конце 1934 г. фумаролы Туйлы активно действовали и были весьма разнообразны.

Фумаролы медные. Эта группа фумарол представляет большой интерес. Фумаролы медные располагались среди развала глыб одного из первых потоков Туйлы. Начало их деятельности относится к 1932 г., но тогда фумаролы выделяли лишь нашатырь. В то время лавовый поток у выхода медных фумарол не был разбит трещинами остывания и сверху покрывался массой рыхлого материала.

В конце 1934 г. лавовое поле в районе выхода медных фумарол оказалось разбитым большим количеством трещин. Наиболее активная деятельность фумарол была приурочена к небольшому бугорку, образованному развалом глыб, по трещинам между которыми происходил подъем газов.

Первым у отверстия фумаролы кристаллизовался нашатырь. Выше над отверстием кристаллизовались халькантит и атакамит с примесью галита, сильвина и углекислых медных солей. В газовых выделениях наряду с парами воды содержался хлористый водород. Температура в фумарольной трещине достигала 380° .

При посещении медных фумарол в марте 1935 г. температура выходов попрежнему держалась на уровне 380° . Среди возгонов были отмечены изменения. Хлористые соединения меди сменялись в северной части выхода углекислыми медными солями. В некоторых участках на поверхности лав наблюдался тонкий медно-красный налет, повидимому, образованный металлической медью, восстановившейся из медных солей. Фумаролы слабо дымили.

При посещении 27 марта 1935 г. температура выходов медных фумарол упала до 340° . Нагретый воздух с шумом поднимался из фумаролы. Внутри фумарольного отверстия были видны темные натеки, переходящие в верхней части отверстия в зеленоватые. Повидимому, попрежнему среди сублиматов преобладали медные соли. Чистых минеральных выходов не собрано.

Ф у м а р о л ы «У т е р я н н ы й т е р м о м е т р». Эти выходы расположены в 250 м от кратера Туйлы, у правого борта последнего лавового потока Туйлы.

Краевая часть лавового потока разбита многочисленными трещинами, по которым наблюдается небольшое количество возгонов. К востоку расположен конечный вал лавового потока, к которому с севера подошел язык лавы, расколотый вдоль крупными трещинами. К этим трещинам приурочены выходы фумарол «Утерьянный термометр».

В период исследований конца 1934 г. из трещины, расположенной у западного края лавового языка, поднимался молочно-белый дым, содержащий большое количество паров воды, а также серный ангидрид и хлороводород. Температура этого выхода 1 ноября 1934 г. достигала 260° . При посещении 26 ноября 1934 г. наблюдалось повышение температуры до 355° . К 8 марта 1935 г. температура упала до 305° , а к 28 мая 1935 г. — до 275° . Вокруг фумарол в изобилии происходило отложение минералов, образовавших корки и натеки по краям трещин. Среди сублиматов преобладали нашатырь и галит. Присутствовали, повидимому, также хлорные и фторные соединения металлов, среди которых, наряду с обычными, встречены следы марганца. Трещина, идущая в центральной части лавового языка, имела широко раздвинутые стенки. Температура этого выхода 1 ноября 1934 г. была 240° , к 26 ноября 1934 г. возросла до 280° в северной части трещины и более 290° в южной ее части, а к 28 мая 1935 г. упала до 240° . Среди минералов, кристаллизующихся вдоль трещины, преобладал нашатырь. Присутствовали также и другие хлористые соединения.

К югу от фумарол «Утерьянный термометр» наблюдались выходы газовых струй из склонов бокового вала. На поверхности рыхлого материала, слагающего вал, происходило отложение гипса и серы в игольчатых мелкокристаллических формах. Чувствовался запах сернистого газа.

В конце мыска, образованного боковым валом, встречены выходы, инкрустированные по стенкам значительным количеством окрашенных корок нашатыря.

Ф у м а р о л ы п о г р е б н ю. *Группа А.* Эта группа фумарол расположена к северо-востоку от фумарол «Утерьянный термометр», в 350 м к северо-востоку от кратера Туйлы. Фумаролы выходят по гребню, являющемуся вторым краевым валом последнего лавового потока.

Южные фумаролы этой группы имели в конце 1934 г. температуру 150° . На стенках фумарол обнаружены корки и инкрустации, сложенные

нашатырем, серой, гидроокислами железа и др. Из fumarol временами выделялся белый дым, содержащий хлористый водород и сернистый ангидрид.

В 15—20 м к северо-востоку, на том же гребне, на протяжении 8 м расположено северное поле fumarol группы А с температурой 120—260°. Выход расположен среди развала глыб, меж которых из трещин происходило обильное выделение газов, содержащих сернистый ангидрид и хлористый аммоний. По стенкам выхода происходило отложение минеральных корок, среди которых преобладали нашатырь и сера. Установлено также наличие хлористых солей металлов.

При посещении 6 ноября 1934 г. температура fumarol группы А была 180°. Из минеральных возгонов преобладал нашатырь. Наблюдалось присутствие серы и хлористых солей металлов.

9 марта 1935 г. отмечено обильное выделение газов с присутствием хлороводорода и хлористого алюминия. Наблюдалась инкрустация нашатыря. Температура fumarольных выходов упала до 150°.

28 мая 1935 г. была замерена температура fumarольных выходов в 130°. Отмечены инкрустации нашатыря и серы.

Фумаролы по гребню. *Группа В.* Исследования производились в начале ноября 1934 г. Фумарольный выход расположен в 50 м к северо-востоку от fumarol группы А и приурочен к тому же бортовому валу. Инкрустации сиделись на двух площадях: а) по верхнему гребню вала, б) по западной стенке вала.

По верхнему гребню из отверстия диаметром в несколько квадратных сантиметров с силой вырвался молочно-белый дым. Температура выхода достигла 180—185°, вокруг отверстия в избытке сиделись инкрустации нашатыря и хлористых солей металлов.

При посещении 9 марта 1935 г. температура выходов составляла 175°; присутствовали инкрустации нашатыря и серы. К 28 мая 1935 г. температура упала до 155°.

По западной стенке гребня во время исследования в конце 1934 г. выходили две газовые струи с температурой 180°. Вокруг выходов происходила кристаллизация нашатыря.

Выше по обрыву гребня наблюдались следы старой fumarольной деятельности: корки нашатыря и гидроокислы железа.

Фумаролы шлаковых бугров. *Выход I* находится к юго-западу от конуса Туйлы, с западной стороны канавки, идущей по направлению к Киргуричу.

В конце 1934 г. температура выхода была 120—180°. Среди возгонов наблюдалось значительное количество нашатыря и серы. Встречены корочки галита. На бугре, расположенном рядом, fumarольный выход имел температуру 120°. Были встречены возгоны нашатыря и гипса.

При посещении первого выхода 8 марта 1935 г. кристаллов нашатыря встречено мало. Сера присутствовала в натечных формах. Температура выхода упала до 95°.

Выход II находится на противоположной стороне канавки. Обнаружено присутствие возгонов галита. Среди газов наряду с парами воды присутствует хлороводород. Температура выхода в конце 1934 г.—320°. К 8 марта 1935 г. температура упала.

Выходы по конусу Туйлы. *Выход I* находится на вершине по внешнему гребню конуса. Температура выхода в конце 1934 г.—180°. Среди возгонов преобладают хлористые соли металлов.

Выход II находится на западном отроге конуса. Температура выхода в конце 1934 г. была 224°, 27 мая 1935 г.—208°. Среди минералов инкруста-

ций, которые цементируют шлаки, закрывающие фумарольный выход, преобладают гидроокиси железа и хлористые соли металлов.

Выход III находится на расстоянии 50 м к северу от выхода II. Отрог конуса здесь переходит в ряд бугорков, сложенных рыхлым материалом. На поверхности шлаков, слагающих склоны и вершины этих бугорков, кристаллизуется корочка галита и нашатыря. Среди газов обилие хлористый водород и хлористый аммоний. При исследованиях в конце 1934 г. температура выхода была 384° , причем наиболее высокую температуру имели выходы на вершине бугорка. При посещении 27 мая 1935 г. температура выхода на вершине бугорка достигала 207° , а по северному склону, наиболее нагретому, была равна 295° .

Фумаролы пирамидального бугра располагаются вблизи остатков конуса, унесенного лавой 2 сентября 1932 г. Пирамидальный бугорок является бортом двух лавовых потоков, находящихся от него с запада и востока, и образован приподнятым участком лавы. На нижней поверхности потока, слагающего верхнюю часть бугорка, можно видеть сосочкообразные строения лавы, приобретающей выше плотное строение с флюидальной структурой. Поток разбит неправильной отдельностью на глыбы. Под лавовым потоком залегают агломераты. Выход у вершины пирамидального бугра имеет температуру 315° . Среди газов преобладают пары воды и хлористого водорода. С северной стороны бугра температура поднимающихся газов достигает 357° . Во время наблюдения за этим выходом температура его колебалась в пределах $350—357^{\circ}$. Среди возгонов преобладали нашатырь и галит.

Фумаролы высокотемпературного поля. Эта группа фумарол расположена по северо-восточному склону вала, в конце последнего потока Туйлы.

По склону правого вала расположен выход газов с температурой, превышающей 500° . Площадь нагрева достигает 20 м^2 . Наиболее высокотемпературной является площадь в $5—6 \text{ м}^2$.

Фумаролы высокотемпературного выхода не дымят, среди газов присутствует свободный хлор.

В центральной части фумарольного поля на шлаках наблюдается тонкий налет галита, тенардита и гипса. По краевой части происходит осаждение нашатыря, гипса, галита и других солей серной и соляной кислоты.

3. Фумаролы Биокося

Фумарольная деятельность лавового поля Биокося была менее значительна, чем у других паразитических кратеров; однако его фумаролы характеризовались высокими температурами.

Фумарольный выход «Печка». Эти фумаролы находятся в 300 м к востоку от конуса Биокося, вблизи окончания лавового поля. Газы поднимаются из-под нависших глыб лавы, образующих обрыв лавового поля. Поток газов при исследованиях в ноябре 1934 г. имел температуру свыше 500° и был совершенно бесцветен. Кристаллическими возгонами этого фумарольного выхода являются галит, тенардит и гипс. Окружающие фумарольный выход в виде ореола нашатырь и хлористые соли металлов кристаллизуются при более низкой температуре.

Фумаролы краевого вала. По борту лавового поля со стороны конуса Атласова находятся фумаролы краевого вала. Эти фумаролы не дымятся. Среди газов присутствует хлороводород. Вокруг фумарол кристаллизуются галит, тенардит, хлористые соли металлов.

В начале ноября 1934 г. температура выхода достигала $170—200^{\circ}$, при посещении 9 марта 1935 г. достигла 300° .

VII. МИНЕРАЛОГО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФУМАРОЛ

1. Фумаролы Киргурича

Северная группа фумарол. Нашатырь отлагался по стенкам фумарольных выходов в виде прозрачных белых кристаллов до 1 см в поперечнике. Развиты формы октаэдра, усеченного гранями ромбододекаэдра. Двойники наблюдаются редко. Стенки фумарол инкрустированы неравномерно зернистыми щетками кристаллов.

В некоторых участках наблюдается растворение кристаллов нашатыря и переотложение их в виде мелкокристаллических корок, покрывающих поверхность глыб лавы. Корки нашатыря окрашиваются примесями в желтоватый и красноватый цвет. При анализе окрашенных в желтый цвет разновидностей нашатыря обнаружено присутствие трехвалентного железа.

В некоторых выходах фумарол выше нашатыря садятся возгоны серы в мелких желтых кристалликах ромбической модификации серы. Размеры кристалликов не превышают 1 см в поперечнике.

Алуниит образуется несколько поодаль от фумарольных выходов в виде землистых корок серовато-белого цвета, сложенных мелкокристаллическим агрегатом. Оптически определено: знак положительный, показатель преломления 1.58.

Гипс встречается вместе с серой в виде мелкокристаллических инкрустаций на стенках фумарол. Образует мелкие пластинчатые прозрачные кристаллики. В некоторых участках обнаружен в виде плотных корочек, иногда окрашенных в медово-желтый цвет, повидимому, за счет примесей серы.

Наблюдаются два вида фумарол: с преобладанием возгонов хлористого аммония, образующего бесцветные инкрустации нашатыря на стенках, и с более значительным участием возгонов хлористых соединений железа, наряду с отложением нашатыря, серы и гипса. В этих последних фумаролах среди отлагающихся минералов преобладает желтая и красно-бурая окраска, а также и желтовато-зеленая.

Повидимому, происходит образование двухвалентных и трехвалентных соединений железа в виде гидроокислов и солей кислородных кислот (вольфрам, метавольфрам?). Минералогически их выделить не удалось.

Обычно вблизи отверстия садятся наиболее чистые соединения: бесцветный нашатырь, гипс, сера. Несколько поодаль соединения приобретают окраску, причем вблизи фумарольных выходов она более светлая, желтая, в большем же отдалении тона становятся все более темными — оранжевыми, бурыми. Это связано и с процессами переотложения ранее образовавшихся минералов и окраски их за счет посторонних примесей и вторичных окислов.

Южная группа фумарол. В северной стенке выхода лапилли цементируются белыми натеками и корками. Невозможность выделить среди этих минеральных агрегатов отдельные минеральные виды заставила сделать общий качественный анализ данной минеральной смеси, причем обнаружены были следующие элементы: Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺, Al, Ca, Mg, K, Na, SO₄.

Главное распространение имел белый пластинчатый и плотный минерал с положительным оптическим знаком и показателем преломления около 1.58. Повидимому, мы имеем дело с алуниитом. Заметно далее присутствие мелких кристалликов гипса, имеющих тоже положительный оптический знак, но меньший показатель преломления (около 1.52). Повидимому, имеются и другие соли.

Старая фумарольная площадь, южнее предыдущих выходов. Здесь встречены белые натеки минерала отчасти волокнистого строения, отчасти образующего плотный мелкозернистый минеральный агрегат. Оптически установлены одноосность, невысокое двупреломление, положительный оптический знак. Наблюдается неравномерная окраска в желтый и красноватый цвет.

Качественный химический анализ показал содержание K, Al, следы NH_4 , Ca, Mg, Na, Fe^{2+} , Fe^{3+} , SO_4 , Cl, PO_4 и F.

Можно предполагать, что в основном мы имеем дело с алунином, с примесью нашатыря, галита (установлены хлористые соединения, легко растворимые в воде), хлорного железа, гидроокиси железа. Говорить относительно химических связей других определенных элементов нет оснований.

Фумаролы южного осыпавшегося склона конуса. Вокруг фумарольных выходов встречается зеленоватый минерал, образующийся на окружающих склонах. Качественный анализ установил содержание Cu, Cl, CO_2 . Минерал имеет агрегатное строение, по местами заметны признаки кристалличности в виде неясной штриховки. Микроскопическое исследование показало отрицательный оптический знак минерала и сильную дисперсию оптических осей. Возгоны серы, встреченные в том же выходе, имеют янтарно-желтый цвет и радиально-лучистое строение. Встречаются тонкие призматические кристаллы, повидимому, принадлежащие моноклинной модификации серы.

Фумаролы первого лавового бугра. Шлакообразные лавы имеют рыхлое, вспененное строение и пропитаны возгонами плотного нашатыря. Наблюдается окраска возгонов в желтый и оранжевый цвет. Химически установлена примесь Na и Fe^{3+} , повидимому, в виде хлорных соединений.

Окрашенные возгоны нашатыря находятся немного поодаль от фумарольных выходов; вблизи последних осаждался чистый нашатырь.

Фумаролы второго лавового бугра. Возгоны этих фумарол очень схожи с предыдущими. Вокруг фумарольных отверстий осаждается белый нашатырь в виде мелких кристаллов. В более холодных, удаленных от выхода частях лавового поля нашатырь приобретает янтарно-желтую окраску. В некоторых местах железистые гидроокислы встречаются в большом количестве, образуя бурую корочку на поверхности лавовых глыб.

Спектральный анализ одного из наиболее чистых возгонов, выполненный химиком К. Шкурко, показал, что присутствуют следующие элементы: H, Na, K, Mg, Zn, B, Sc, C, Si, Ti, N, P, O, S, Mo, Be(?), U(?), Bi, Mn, Hg, Sb, F, Cl, Co, Fe.

Большинство этих элементов склонно к образованию летучих соединений. Ряд химических анализов фумарол показал также присутствие бора. Повидимому, этот элемент, являющийся довольно типичным продуктом вулканической деятельности, находится в качестве сассолина $[\text{B}(\text{OH})_3]$ или борнатриевой соли. Установить эти соединения при минералогическом исследовании не удалось. Исследованиями А. Н. Заварицкого (1935) сассолин установлен минералогически в возгонах фумарол Авачинской сопки.

2. Фумаролы Туйлы

Фумаролы медные. Возгоны кристаллизуются как по трещинам фумарольных выходов, так и вблизи выходов на глыбах лавы. Первым на краю фумарол кристаллизуется нашатырь, образуя мелкокристаллические инкрустации.

Несколько далее от отверстия фумарол встречен темный минерал, образующий дендритовидные сростки тонких пластинок — кристаллов низшей сингонии. Оптический знак минерала отрицательный. Минерал растворяется в воде. Водный раствор на железной поверхности осаждает металлическую медь. Качественный анализ этого минерала дал в виде основных компонентов медь и серный ангидрид в виде примесей Na, K, Cl. Повидимому, мы имеем дело с халькантитом ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). В виде механических примесей можно предположить галит и сильвин.

Несколько поодаль наблюдаем на поверхности глыб лавы тонкие корочки и пленки медной зелени, происходящей, быть может, за счет разложения халькантита. Натёки медной зелени имеют изумрудно-зеленый цвет.

В соседних пишах между лавовыми глыбами происходит отложение корок белого, оранжевого, розового и бурого цвета. Из этих корок нельзя было выделить отдельные минеральные виды, ввиду их плотного натечного сложения. Качественный химический анализ показал присутствие Al, Fe⁺⁺⁺, Ca, Mg, K, Na, Cl, F, S.

В нескольких метрах к северу от предыдущего выхода встречен яркий изумрудно-зеленый минерал в мельчайших призматических агрегатах. Минерал прозрачен, оптически отрицателен, с сильной дисперсией. Химический анализ показал присутствие в минерале меди и хлора. Повидимому, это оксихлорид меди — атакамит $[\text{CuCl}_2\text{Cu}(\text{OH})_2]$.

В выходе, около которого встречен халькантит, атакамит садится в виде каймы несколько дальше от фумарольного отверстия. Цвет атакамита в этом выходе изумрудно-зеленый, блеск бархатистый.

Большое количество корок различного цвета, состоящих из мелкозернистых минеральных агрегатов, садится на лавах, окружающих медные фумаролы. Из этих корок не удалось выделить минеральные виды, помимо уже известных, растворимых в воде хлоридов и сульфидов.

Приводим ряд анализов возгонов:

1. Fe⁺⁺⁺, Al, Ca, Mg, Na, K, F, Cl, SO₄.
2. Следы Fe⁺⁺, Cu, Al, K, Na, Ca, Cl, SO₄.
3. Fe⁺⁺⁺, Al, Ca, Mg, Na, K, F, Cl (серая корка).
4. Cu, Fe, Al, Ca, следы Mg, Na, K, NH₄, Cl, SO₄ (изумрудно-зеленая корка).
5. Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, Al, Ca, Mg, Na, K, NH₄, Cl, F, SO₄.
6. Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, Al, Ca, Mg, Na, NH₄, следы Cl, следы F, SO₄ (красноватые и белые натёки в выходе Туйлы № 1).
7. Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, Al, Ca, Mg, Na, NH₄, Cl, F, SO₄ (темносеро-зеленоватый возгон у конца последнего потока с восточной стороны).

Фумаролы «Утерьянный термометр». Основной выход закрыт плотной коркой нашатыря, под которой на стенках садятся возгоны.

Корка нашатыря имеет ячеистое строение, окраска сменяется от белого цвета к желтому и оранжевому. Внутренняя поверхность корки часто окрашена в карминовый цвет. На плотной корке иногда вырастают прекрасные кристаллы нашатыря.

Возгон, садящийся в виде натёков под коркой нашатыря, имеет розовато-фиолетовую окраску. По качественным определениям он содержит NH₄, Ca, Mg, K, Na, Mn, Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺, Al, Cl, SO₄, F. Порошок в воде отчасти растворим, в соляной кислоте при подогревании растворяется полностью.

Над коркой нашатыря в полуметре от выхода наблюдается образование желтых возгонов нашатыря и галита, оплывающих от влаги, уже осаждающейся из паров на этих участках. Качественный анализ показал содержание в этих возгонах Na, NH₄, Al, Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺, Cl, F.

При растворении в воде остается темный нерастворимый осадок, по-видимому, гидроокись железа.

Алюминий содержится в этом возгоне, по-видимому, в виде хлоралюмината ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Минералогически это соединение выделить не удалось.

Качественный анализ оранжевого гигроскопического минерала показал содержание Fe^{2+} , Fe^{3+} ; Al, Ca, Mg, K, Na, NH_4 , Cl, F, S.

Преобладает плотнокристаллический нашатырь, имеется галит и другие соли. Сера, видимо, присутствует в распыленном состоянии в чистом виде.

По стенкам трещины, идущей в середине потока, оседал желтый порошокватый возгон. Качественный анализ его показал наличие Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al, Ca, Mg, Na, NH_4 , Cl, F, PO_4 . По-видимому, возгон аналогичен вышеописанному.

К югу от этих выходов наблюдаются выходы фумарол с белым налетом гипса (качественно установлены Ca и SO_4) в виде мелких призматических кристаллов, оптически положительных, с значительной дисперсией. Тут же встречены налеты серы в виде тонких призматических кристаллов моноклинной сингонии. Качественным анализом селен в этой сере не обнаружен.

В конце лавового мыска наблюдалось значительное количество нашатыря, причем в глубине фумарольных отверстий он имел кристаллическое строение, выше же переходил в натечные формы. Качественный анализ корки, из которой нельзя было выделить отдельных минералов, показал содержание Fe^{3+} , Al, Ca, Mg, Na, K, NH_4 , PO_4 , F, Cl. Цвет корки белый, с желтовато-оранжевыми зонами. Корка почти целиком растворяется в воде.

Спектральный анализ (К. Шкурко) возгонов фумаролы Туйлы «Утерьянный термометр» дал присутствие следующих элементов: H, Na, K, Ca, Mg, Ba, Cd, B, C, Si, Ti, Cu, N, P, V, O, S, F, Cl, Mn, Fe, As. Можно заметить, что большинство из этих элементов имеет склонность к образованию летучих соединений, некоторые же присутствуют в минералах возгонов в качестве случайных примесей.

Выходы фумарол по гребню. *Группа А.* В южных фумаролах этой группы среди возгонов преобладает нашатырь, садящийся ближе всего к фумарольному выходу в виде корки с желтой и карминовой окраской. Выше над выходом кристаллизовался порошокватый мелкокристаллический нашатырь в смеси с мелкими кристалликами моноклинной α -серы. Вокруг возгонов наблюдались корочки гидроокислов железа.

При качественном анализе вышеописанной минеральной смеси обнаружены Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Ca, Na, K, NH_4 , S, Cl, F. По-видимому, помимо присутствия вышеупомянутых минералов в минеральной смеси имеется примесь хлоридов металлов.

Тут же был встречен сильно гигроскопический агрегат минералов белого цвета, в котором качественным анализом обнаружены следы Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Ca, Mg, Na, K, NH_4 , F, Cl, PO_4 . По-видимому, преобладают хлорные соединения металлов и алюминия.

В расположенном поблизости фумарольном выходе по гребню с температурой 180° наблюдалась следующая зональность в распределении минералов. Близ отверстия первым отлагался бурый бархатистый минеральный агрегат как в натечных, так и в мелкокристаллических формах. Местами под бурой корочкой обнаруживались светлые натечки нашатыря. Качественный анализ бурой, коричневатой-красной корочки показал наличие Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Ca, Mg, Na, K, PO_4 , Cl, F, NH_4 . Окраска этой ми-

неральной смеси вызвана гидроокислами железа. Среди минералов преобладают хлорные соединения (нашатырь, галит, молизит и др.). За бурой корочкой над отверстием отмечены отложения порошковидного нашатыря, выше которого кристаллизовался прозрачный нашатырь в виде мелких кристалликов, образующих копьевидные сростки пластинчатого строения.

Выше располагались патечные формы нашатыря, окрашенные в карминовый цвет. Еще далее от отверстия находились желтые корочки нашатыря. На самой краевой части внешней каймы оседала сера в виде тонкого желтого налета. Качественный анализ свидетельствует, что помимо вышеописанных минералов присутствуют в корочках Fe^{++} , Fe^{+++} , Al, Ca, Mg, K, Na, NH_4 , F, Cl, SO_4 .

Далее по гребню вокруг фумарольных выходов мы встречаем ряд минеральных агрегатов плотного сложения, из которых не удалось выделить минеральные виды.

Приводим ряд качественных анализов.

1) Корки и натеки черного цвета на склоне стенки борта потока: следы Fe, K, Na, NH_4 , Cl, Ca, SO_4 . При растворении в воде остается темный нерастворимый осадок углерода и окислов железа. Растворяются хлорные соли металлов и аммония.

2) Белые и желтоватые корки минералов, встреченные по грядке потока ССВ от фумаролы «Утерянный термометр»: следы Fe^{+++} , Al, Ca, Mg, NH_4 , Na, Cl, F, PO_4 . Минералы легко растворяются в воде. Повидимому, это хлорные соли металлов и алюминия.

3) Бурые натеки, выход по гребню: Fe^{++} , Fe^{+++} , Al, Ca, Mg, Na, Cl, CO_2 . Повидимому, преобладают вторичные минералы: гидроокислы железа, быть может, с примесью углекислых соединений. Присутствуют также хлорные соединения металлов.

4) Корка минералов слегка фиолетового цвета по грядке к ССВ от фумаролы «Утерянный термометр»; строение мелкокристаллическое и дендритовидное: Fe^{++} , Fe^{+++} , Al, Ca, Na, K, NH_4 , Cl, F, SO_4 , SiO_2 . Корка плохо растворяется в воде. Повидимому, помимо вышеназванных минералов в данном минеральном агрегате можно предполагать присутствие алуинита и кремнистых соединений (быть может, цеолитов).

Группа В. По верхнему гребню обильно кристаллизуется нашатырь в виде плотной кристаллической корки. Разъеденная парами воды, эта корка имеет ячеистое, ноздреватое строение и окрашена в коричнево-красные тона гидроокислами железа и хлорным железом (молизит).

Над отверстием фумаролы с температурой 180—185° на поверхности корочки нашатыря кристаллизуются друзы кристаллов нашатыря. Расположенные поблизости выходы также окружены корками и натеками нашатыря, окрашенного примесями в темные, красноватые, зеленоватые тона.

При анализе темной землистой корочки качественное определение элементов дало: следы Fe^{+++} , K, Na, SO_4 , преобладающее количество NH_4 , S, Cl. При растворении в воде остаются взвешенные углеродистые частицы. Наблюдается окрашивание воды в коричневатобурый цвет.

Таким образом, мы имеем дело, повидимому, с нашатырем, засоренным органическими и другими примесями.

Фумаролы шлаковых бугров. Выход 1. На поверхности шлаков кирпично-красного цвета развиваются прекрасные кристаллы нашатыря медово-желтой окраски. Размер некоторых кристаллов превышает 1 см в диаметре. Развиты формы октаэдра и ромбододекаэдра. При анализе нашатыря, наряду с преобладающим количеством NH_4 и Cl,

были отмечены примеси Fe^{+++} , Al, Ca, Mg, Na, F, PO_4 . Те же примеси были обнаружены и при анализе натечной разности нашатыря.

В этом же выходе встречены незначительные возгоны серы в виде порошковатого гигроскопического налета зеленовато-желтого цвета, анализ которого показал присутствие Fe^{++} , Fe^{+++} , Al, Ca, Mg, Na, K, NH_4 , Cl, F, следы PO_4 .

Выход II. Белая корочка, покрывающая глыбы лавы вокруг выхода, содержит, согласно качественному анализу, Na и Cl. Строение корочки мелкокристаллическое. Кристаллики кубической сингонии. Корочка легко растворяется в воде и солона на вкус. Это — галит.

Выходы по конусу Туи лы. *Выход I.* На шлаковых стенках фумаролы оседают: в верхней части выхода тонкая корочка галита; в нижней части галит с примесью других хлорных солей и гидроокислов железа. Качественный анализ этой корочки: Fe^{++} , Al, Ca, Mg, Na, Cl, следы CO_2 .

Выход II. Шлаки в выходе цементируются корочкой NaCl зеленовато-желтого цвета, нижняя часть которой покрыта порошковатым налетом NaCl. Под коркой залегает вулканический песок толщиной в 1 см, цементированный коричневатокрасными гидроокислами железа. Местами корни и порошковатые кристаллы NaCl образуются вдоль трещин, пересекающих корки цементованного песка.

Выход III. Рыхлый вулканический материал у выхода цементируется нашатырем серого цвета, порошковато-натечного строения. На поверхности шлаков садится также тонкая корочка порошковатого галита бурого цвета.

Фумаролы пирамидального бугра. Нашатырь отлагается как вокруг отверстий фумарольных выходов, так и поодаль от них. В нескольких метрах от фумарольного отверстия наблюдаем корку светложелтого нашатыря, оплывающего от влаги, конденсирующейся из паров фумаролы.

По стенкам трещин, из которых выходят газы, встречается незначительное количество галита в виде белого порошка мелкокристаллической структуры.

Фумаролы высокотемпературного поля. В центральной части фумарольного поля на глыбах лавы наблюдаем тонкий мелкокристаллический белый налет, качественный анализ которого обнаружил Na, Cl, Ca, SO_4 . Повидимому, мы имеем дело с галитом, тенардитом и гипсом (возможно присутствие глауберита — $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$).

По краевой части высокотемпературной площади на поверхности глыб осаждается зеленовато-серый минеральный агрегат, качественный анализ которого показывает содержание следов Fe^{+++} , Fe^{++} , Al, Ca, Mg, Na, NH_4 , Cl, F, SO_4 . Микроскопически установлено наличие нашатыря, гипса (в мелких пластинчатых кристаллах), галита (в виде порошковатого налета). Присутствуют, повидимому, и другие соли серной и соляной кислот.

У края фумарольной площади, у восточного конца потока, наблюдаем стложение желтого возгона, частично нерастворимого в воде, в котором качественный анализ обнаружил Fe^{+++} , следы Mn, Al, Ca, Mg, Na, K, Cl, F, SO_4 , SiO_2 . Преобладает среди возгона нашатырь. Кремнекислота содержится в виде опала.

Удалось собрать минералогически чистый алунист в виде мелких кристалликов ромбоэдрического габитуса и отчасти плотного сложения. Показатель преломления около 1.58. Знак положительный, цвет белый желтоватый. Химический анализ дал содержание Fe^{+++} , Al^{+++} , K, Na, SO_4 . Повидимому, мы имеем дело с натриевым алунистом.

На поверхности взрывных обломков встречалась тонкая кристаллическая корка из гипса и тенардита. Качественный химический анализ дал Na, Ca, SO₄.

На поверхностях кусков бомб, образованных оливинным базальтом, встречаются мелкие каплеобразования углекисломедной соли, повидимому, происшедшей за счет разложения других солей меди.

Анализ возгона, собранного с поверхности вулканических бомб и взрывных обломков, покрывающих склоны конуса, показал присутствие Fe⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, Al, Ca, Mg, Na, K, следы NH₄, F, Cl, SO₄. Преобладающими минералами являются гипс и тенардит. Присутствует, повидимому, и ряд других солей (нашатырь, галит и другие).

При анализе сравнительно чистых минералогически кристаллов нашатыря оранжевого цвета в качестве примесей были обнаружены Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺, Al, Ca, S, Na, K, F, SO₄. Повидимому, окраска этих кристаллов нашатыря происходит за счет примеси FeCl₃ (молизита) и, быть может, включений серы, находящейся в дисперсном состоянии.

3. Фумаролы Биокоса

Вокруг газовых выходов фумарол на стенках лавы садится нежный белый игольчатый минерал, представляющий собой тенардит в виде тонких гексагональных кристаллов, а также мелкие кристаллики кубической сингонии в виде кубов, определенные как галит.

Качественный анализ вышеописанных минералов, помимо Na, Cl и SO₄, показал еще присутствие Fe⁺⁺. Повидимому, это нужно отнести за счет механической примеси, попавшей позднее в минеральный агрегат, так как белый цвет возгона говорит нам об отсутствии в нем соединений железа.

Кроме белых кристаллических возгонов тенардита и галита, садящихся непосредственно у самого фумарольного выхода в виде окружающего его ореола, по мере понижения температуры садятся следующие минералы:

- 1) белый плотнокристаллический нашатырь;
- 2) корки желтого и белого нашатыря и галита с другими примесями, характер которых, по данным качественного анализа, определяется содержанием Fe, следы Al, Ca, Mg, Na, K, NH₄, Cl, F;
- 3) корки зеленовато-желтого, местами оранжевого возгона, содержащего, согласно качественному анализу, следы Fe, Al, Ca, Mg, Na, K, NH₄, Cl, F, SO₄.

Основными минералами возгона являются нашатырь и галит. В виде примеси имеются другие соединения.

Вдали от выхода, где происходит конденсация паров воды, корки нашатыря размягчаются и оплывают.

В недымящихся фумаролах против конуса Атласова при углублении в рыхлый материал шлаков, закрывающих фумарольные выходы на краях глыб, встречены корочки поваренной соли (реакция на Na и Cl).

На дневной поверхности вокруг выхода наблюдаем плотные ноздреватые корочки горько-соленого минерала оранжево-желтой окраски. Качественный химический анализ показал содержание Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺, Al, Ca, Mg, Na, NH₄, Cl, F.

Главными минералами этих корочек, повидимому, являются нашатырь и галит. Вероятно присутствие хлорных и фторных соединений металлов в незначительном количестве.

Площадь вокруг фумарол на большом протяжении покрыта тонким беловатым налетом галита.

ЛИТЕРАТУРА

- В л о д а в е ц В. И. Об одном из современных камчатских базальтов. Тр. Петр. инст. АН СССР, 1934, вып. 6.
- З а в а р и ц к и й А. Н. Северная группа вулканов Камчатки. Тр. Совета по изуч. произв. сил АН СССР, Камчатск. сер, 1935, вып. 1.
- З а в а р и ц к и й А. Н. Вулкан Авача на Камчатке и его состояние летом 1931 г. Тр. ЦНИГРИ, 1935, вып. 35.
- К у л а к о в В. С. Паразитные кратеры, возникшие в 1932 г. у подножья Ключевского вулкана на Камчатке. Зап. Ленингр. горн. инст., 1934, 8.