

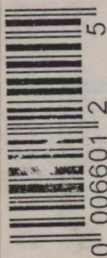
333471



В. И. Влодавев,

ВУЛКАНЫ СОВЕТСКОГО СОЮЗА

V.M. KARAZINE KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА ~ 1949

2 руб. 50 коп.

75

551-21

ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ

В. И. ВЛОДАВЕЦ

ВУЛКАНЫ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА

НА КОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА ХДУ

Inv. № 333471

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1949

59

1847
JAN 10

1847

1847

1847

1847

ВВЕДЕНИЕ

ВУЛКАНИЗМ И ВУЛКАНЫ

Среди разнообразных явлений природы вулканическая деятельность во все времена особо привлекала внимание человека. Мощные, величественные, порой мрачные, иногда грозные, но всегда прекрасные, а в древности мало или совсем непонятные картины вулканических извержений производили на людей всегда сильное впечатление. И неудивительно поэтому, что деятельность вулканов вызывала в человеке, с одной стороны, безотчетную тревогу, а с другой — поэтическое восхищение.

Люди различно воспринимают деятельность вулканов. Одни видят в них величественные и грозные явления природы, другие интересуются ими с точки зрения внешней красоты проявления внутренних сил земли, третьих поражает мощь вулканических сил, а четвертые стремятся разобраться во всех вулканических явлениях, выявить причины их — познать их.

Что же собой представляет вулканическая деятельность и вообще вулканизм?

Вулканизм — это движение магмы. Это сжатое определение кратко и ясно выражает его сущность. Оно охватывает магму и ее движение. Но что такое магма? Каков ее состав? Где она находится? Как она образуется?

А движение магмы? Под влиянием каких сил, какой энергии приходит она в поступательное движение? Каковы пути ее движения? Как образовались они и каким образом происходит движение магмы по ним?

Каждый вопрос — это большая тема, и во многих случаях окончательно еще неразрешенная проблема.

В общих же чертах вулканизм охватывает состав и состояние магмы, условия ее нахождения и движение ее в земной коре и на поверхности земли, т. е. охватывает явления и процессы, которые вызваны причинами, скрытыми в земле.

Магма — это огненножидкая силикатная масса, которая содержит от 40 до 75% окиси кремния, а остальное количество — окиси алюминия, железа, магния, кальция, натрия, калия, титана, фосфора и водорода, а также в незначительных количествах почти все остальные химические элементы.

Существование огненножидкой магмы является не вызывающим сомнения фактом, который лучше всего подтверждается излияниями во время вулканических извержений огненножидкой лавы. Она и представляет собою магму, только лишенную в процессе движения в земной коре и, особенно, в процессе извержения, значительной части содержащихся в ней газов.

Где же образуется магма? На этот вопрос ответить трудно. Каким образом возникает магма — в точности неизвестно, так как уже на глубине 60 км температура достаточно высока и давление очень большое и поэтому трудно судить, в каком состоянии (твердом, жидком или газообразном) находятся там вещества. Быть может на больших глубинах она находится в состояниях, нам еще неизвестных. По этому вопросу существует несколько предположений — несколько гипотез, которые, строго говоря, пока являются научной фантазией.

Одна из гипотез считает, что под земной корой на глубине 60—100 км находится сравнительно тонкий слой подкоровой или родоначальной магмы в стекловидном состоянии. Основанием для такого суждения являются следующие факты и соображения.

Известно, что температура земли близ поверхности увеличивается примерно на 1° при углублении на каждые 30 м. Исходя из этого, можно было бы предположить, что на глубине 100 км должна была быть температура около 3300° . Но так как тепловая ступень с глубиной уменьшается, то, по данным некоторых исследователей, на глубине 20 км она равняется $600-1200^{\circ}$, а на глубине 100 км — $1400-1600^{\circ}$.

Большинство минералов, входящих в магматические породы, плавится в промежутках между этими темпера-

турами, поэтому предполагают, что под земной корой, на глубине 60—100 км, находится так называемый субстрат — базальтовая масса в расплавленном или, правдоподобнее, в стекловидном состоянии, так как давление на такой глубине сильно противодействует плавлению. При понижении давления эта стекловидная масса расплавляется и образуется родоначальная базальтовая магма.

Другая гипотеза основана на том факте, что магматические породы и вулканы в большинстве случаев расположены на горных хребтах или вдоль их, т. е. в местах горообразования в земной коре.

При горообразовании происходит переход механической энергии в тепловую, которая вызывает повышение температуры. Считают, что это повышение температуры — вполне достаточное для расплавления породы и образования магмы.

Третье предположение образования магмы заключается в расплавлении горных пород, расположенных в нижней части земной коры, вследствие выделения тепла, происшедшего в результате радиоактивного распада.

Из приведенных гипотез первая пока дает лучшее представление об образовании магмы и поэтому в дальнейшем будем ее придерживаться.

Под земной корой везде, или вероятнее, отдельными поясами или площадями, находится стекловидный базальт, который по температурным условиям должен был бы быть в огненножидком состоянии, но благодаря большому давлению, которое препятствует расплавлению, он находится в особо пластическом, но очень плотном стекловидном состоянии. Как только под влиянием сжатия или расширения в земной коре образуется трещина или ряд трещин — так сейчас же вблизи них в стекловидном базальте уменьшится давление и вслед за этим происходит расплавление этого базальта. Предполагают, что таким путем может образоваться подкоровая или родоначальная магма.

Каким бы путем ни образовалась магма, ее первоначальное движение может быть различным. Дело в том, что трещины, образующиеся над магмой в результате горообразования или в результате других причин, могут дойти, а могут и не проникнуть до поверхности земли. В последнем случае они могут дойти до большой или

малой пустой полости, которая может образоваться в земной коре в результате складкообразования одновременно с образованием трещин.

В первом случае магма может выйти по этим трещинам на земную поверхность. Во втором случае она может заполнить полость и образовать в ней периферический магматический бассейн.

Большинство вулканов, повидимому, возникает над такими бассейнами и питается ими.

Однако выявленные в последнее время преимущественно на Тихом океане глубинные землетрясения, очаги которых расположены под вулканами на глубине около 100 км, а далее от них, обычно в сторону материков, постепенно углубляются до 700 км от земной поверхности, — приводят, по мнению акад. А. Н. Заварицкого, к предположению, что появление вулканов связано с процессами, происходящими на значительно больших глубинах, чем глубины магматических очагов, непосредственно питающих эти вулканы.

Вулканы на земной поверхности расположены в большинстве случаев рядами или полосами длиной в сотни и даже тысячи километров, совпадающих обычно с горными хребтами. Такое закономерное расположение объясняется существованием разломов в земной коре, на которых образуются выводные каналы для родоначальной магмы, и каналы, идущие от периферических магматических бассейнов.

Последние могут образоваться в результате тех же причин, т. е. от местных растяжений, от каких образовались трещины, идущие от подкоровой магмы, но каналы могут образоваться и от других причин.

Одной из таких причин является просверливающее и прорывающее действие газов, образующихся в магматическом бассейне и выделяющихся из магмы. Это действие настолько велико, что, как выяснено в некоторых областях, в которых горообразующие процессы не происходили во время возникновения вулканических каналов, последние образовались в результате воздействия только вулканических газов.

Другой причиной, которую некоторые исследователи считают главной, является вулканическое тепло. Оно складывается из первоначального внутреннего запаса тепла магмы плюс тепло, получаемое в результате различных

химических реакций в магме и реакций между газами. Все это настолько повышает температуру магмы, что она может проплавить себе путь к поверхности. (Вопрос о роли радиоактивного тепла в магме является еще очень неясным).

Вслед за образованием каналов возникающая магма под влиянием всестороннего давления и уменьшения удельного веса огненножидкой магмы, по сравнению с удельным весом подкорового стекловидного базальта, внедряется в земную кору и поднимается по трещинам вверх.

Достигнув некоторой высоты, на которой давление газов, растворенных в магме, становится равным или большим по сравнению с давлением расположенных над ней веществ — газы начинают бурно выделяться из магмы и еще более энергично толкать магму к земной поверхности.

Однако, по всей вероятности, подкоровая магма, внедряясь по трещинам в земную кору, чаще образует периферические магматические бассейны. Когда магма в них охладится, выкристаллизуется и превратится в твердую магматическую породу или породы, то они примут форму этого первоначального периферического магматического бассейна.

Такие формы бывают разнообразны, и их называют формами залегания. Каждая из них носит особое название, например лакколит, бисмалит, шток и другие. Самая крупная форма залегания — батолит — имеет форму огромного неправильного купола, размерами в несколько километров в поперечнике, а иногда до 20—30 километров.

В вопросе о положении батолитов в земной коре мнения расходятся. Одни считают, что они расположены непосредственно над магмой, т. е. образовавшиеся уже горные породы в батолите переходят в нижней своей части в подкоровую магму. Другие же придерживаются мнения, что батолиты так же, как и другие формы залегания, внедрились в земную кору и заполнили пустоты, образовавшиеся при горообразовании. При этом батолиты, может быть, поглощают часть окружающих их горных пород и, оказывая также равномерное давление во все стороны, частично увеличивают этим своеместилище.

Некоторые формы залегания, как например бисмалиты и особенно лакколиты, называют неудавшимися вулканами, потому что поднимающаяся из глубины магма всю свою энергию движения израсходовала на образование этих форм залегания и ей нехватило сил прорваться и вырваться на земную поверхность, чтобы стать настоящим вулканом.

Периферические же магматические бассейны, а также находящиеся еще в огненножидком состоянии части батолитов и других крупных глубинных магматических массивов, застрявших в недрах земной коры, являются действительными или возможными вулканическими очагами.

В этих очагах магма может быть различной по химическому составу и отчасти по физическим свойствам.

По химическому составу магмы делятся по содержанию кремнезема на кислые, средние и основные подобно тому, как в химии различают кислые, средние и основные соли¹. Кроме того, по содержанию щелочных земель и щелочей магмы разделяются на щелочно-земельные и щелочные.

Состав магмы определяется по тем магматическим породам, которые из нее выкристаллизовались. Необходимо, однако, иметь в виду, что химический состав многих магматических, или, иначе говоря, изверженных горных пород не соответствует химическому составу магмы, из которой образовалась данная порода, так как большинство их образовалось в результате различных процессов перераспределения веществ, находящихся в магме.

Если магмы обычно разделяют по их химическому составу, то образовавшиеся в них горные породы делят по минералогическому и химическому составу и по их структуре. Последняя отражает условия и, в частности, глубину образования горной породы.

По глубине залегания изверженные породы делятся на глубинные, полуглубинные и излившиеся.

По химическому составу они делятся на кислые, средние, основные и ультраосновные, причем к кислым относятся породы, содержащие кремнезема приблизительно

¹ У первых солей избыток кислотного окисла и недостаток основного (металлического) окисла, а у последних наоборот. У средних же солей количество основных окислов соответствует количеству кислотных окислов.

от 75 до 65%, к средним — от 65 до 55%, к основным — от 55 до 45% и к ультраосновным — породы, содержащие менее 45% кремнезема.

Дальнейшее их подразделение на семейства и виды основывается на минералогическом составе пород и их структуре.

Наиболее распространены на земной поверхности изверженные горные породы щелочно-земельного ряда. Наиболее важными в этом ряду являются семейства: кислые — гранита и гранодиорита, средние — сиенита и диорита, основные — габбро (последнее часто называют также семейством базальта) и ультраосновные — перидотиты, пироксениты и дуниты.

Эти породы состоят из следующих минералов: семейства гранита и гранодиорита — из кварца, калиевых и натриевых полевых шпатов и черной слюды — биотита; семейство сиенита из таких же полевых шпатов и биотита; семейство диорита — из андезина (разновидность полевых шпатов) и амфибола; семейство габбро — из лабрадора и анортита (разновидностей полевых шпатов), пироксена и оливина, и ультраосновные породы: перидотит — из пироксена и оливина, пироксенит — из пироксена и дунит — из оливина.

Глубинным представителям соответствуют их полуглубинные и излившиеся породы. Так, в семейство гранита входят — полуглубинная порода — гранитовый порфир и излившиеся — кварцевый порфир, риолит, липарит и обсидиан; в семейство гранодиорита входят полуглубинная порода — гранодиоритовый порфир и излившиеся кварцевый порфирит и дацит; в семейство сиенита — полуглубинная порода — сиенитовый порфир и излившиеся ортофир и трахит; в семейство диорита — полуглубинная порода — диоритовый порфирит и излившиеся — порфирит и андезит; в семейство габбро — полуглубинная порода — диабазовый порфирит и излившиеся — мелафир, диабаз и базальт. К излившимся ультраосновным породам — пикриты и авгититы.

Существуют и другие семейства и породы, но они сравнительно редко встречаются на земной поверхности.

Излившиеся горные породы отличаются от глубинных и полуглубинных пород характерной особенностью — наличием в них, кроме обычных для данного семейства минералов, вулканического стекла. При излиянии огнен-

ножидкая лава быстро охлаждается и поэтому не успевает полностью выкристаллизоваться. Большая или меньшая ее часть застывает в виде аморфной массы — в виде так называемого вулканического стекла.

Излившиеся горные породы являются продуктами собственно вулканической деятельности. Их называют лавами. Последние бывают плотные, пористые и пузыристые. Очень пузыристые лавы основной или, как чаще говорят, базальтовой магмы называют шлаками, по их сходству с шлаками металлургического производства, а пузыристые лавы кислой магмы называют пемзой. Последняя очень пузыристая и поэтому настолько легкая, что держится на поверхности воды.

Вулканы, кроме излияния лав, часто выбрасывают обломки различной величины от долей миллиметра до нескольких сантиметров и десятков сантиметров, а иногда даже большие глыбы горных пород. Они падают подобно дождю на поверхность земли и образуют особые породы, называемые вулканическими туфами и туфобрекчиями. Когда же эти обломки вместе с газами образуют раскаленную лавину или они падают в изливающуюся лаву, или последняя захватывает их по пути своего движения, то образуются туфо-лавы.

В магматическом бассейне, в зависимости от продолжительности нахождения магмы в нем, происходит изменение первоначально однородной, одинаковой по составу магмы.

Если долгое время не происходят извержения, то состав базальтовой магмы изменяется таким образом, что более основные (они же и более тяжелые и частично более тугоплавкие) части ее располагаются внизу бассейна, а кислые (более легкие и частично более легкоплавкие) части — вверх. Следовательно, первоначально однородная магма становится неоднородной. Когда возобновляется извержение из такого бассейна, то излившиеся лавы покажут закономерную последовательность в изменении их состава от кислых к основным (т. е. сначала будут извергаться кислые, затем средние и, наконец, основные лавы). Если же извержения будут происходить с очень большими промежутками, то магма будет успевать постепенно и закономерно изменять свой состав от основной к кислой магме, и состав извергаемых лав также будет изменяться от основной к кислой.

В вулканических областях, однако, часто наблюдается разнообразная последовательность различных по составу лав. Такая незакономерная последовательность объясняется тем обстоятельством, что сами извержения происходили во время перераспределения вещества в магме и этим нарушали нормальную последовательность изменения состава магмы.

Все вышеупомянутое, за исключением вулканических пород, относится к глубинному вулканизму, или, как часто его иначе называют, — к плутонизму.

Все, о чем будет сказано в дальнейшем, относится главным образом к собственно вулканизму, или, как говорят еще, — к вулканизму в узком смысле этого слова.

Магма, внедрившаяся в земную кору и больше не имеющая сил прорваться на земную поверхность, охлаждается и кристаллизуется, в результате чего получаются, как уже упоминалось, те или другие глубинные изверженные породы. Но если магма еще достаточно активна, то она может вырваться из подобного магматического бассейна и произвести в течение продолжительного времени ряд вулканических извержений (продолжительность и сила которых находятся в зависимости от объема бассейна, а также, может быть, и от питания и связи с родоначальной подкоровой магмой).

Под влиянием каких же причин, каких сил может проделать себе магма канал или каналы от периферического магматического бассейна и выйти на поверхность земли?

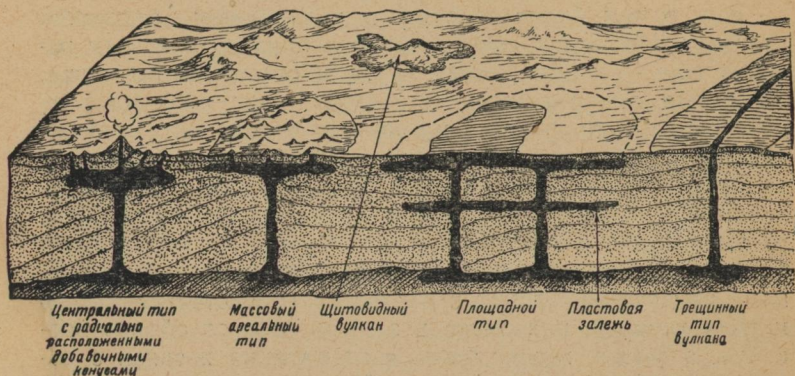
Одной из главных причин, вызывающих вулканические извержения, считали и считают действие газов. Раньше полагали, что газы выделяются в огромных количествах при уменьшении давления на магму и что они находились в ней со времени образования магмы или были поглощены магмой из стенок каналов и бассейна.

В последнее время на основании некоторых опытов было высказано предположение, что во время кристаллизации магмы может произойти выделение больших количеств растворенных в ней газов, т. е. произойти как бы вскипание магмы, благодаря которому может создаться в очаге большое давление.

Такое возможное вскипание магмы при ее кристаллизации многие стали рассматривать как одну из главных причин вулканических извержений.

Давление газов действительно является одной из главных причин извержений, вне зависимости, каким путем оно создано, но кроме давления газов играют роль для некоторых вулканических извержений, как это уже отмечалось, и другие причины, а именно, возникновение трещин, вулканическое тепло и давление на магматический бассейн окружающих толщ земной коры.

В результате воздействия одной из этих причин, или нескольких, вместе взятых, в земной коре между



Гипотетическое представление

магматическим бассейном, который уже можно назвать вулканическим очагом, и земной поверхностью образуются вулканические каналы.

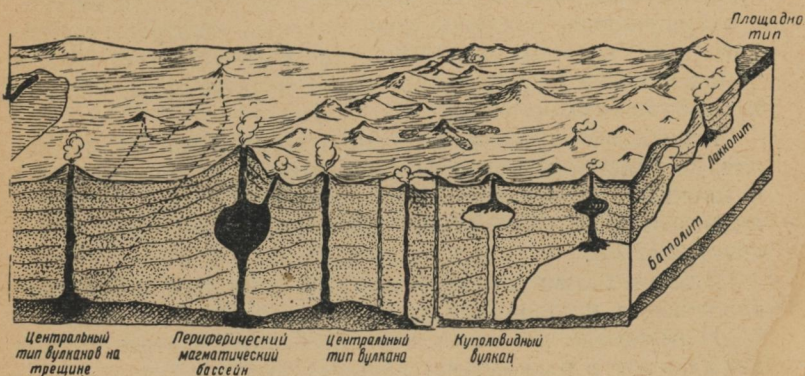
Эти каналы бывают трех типов: площадные, очень редкие, образовавшиеся благодаря проплавлению магмой небольшого участка земной коры; трещинные, образовавшиеся в результате движений земной коры или давления магмы, и трубообразные, так называемые центральные каналы. В образовании последних большую роль играют газы.

Выделение газов в верхней части вулканического очага, или в канале, часто происходит с сильными взрывами, которые вызывают вулканические землетрясения. Они при обычных извержениях ощущаются на сравнительно небольшой площади радиусом до 30 и изредка до 50 км от канала извержения,

Вулканические извержения бывают наземные и подводные.

Вулканическая деятельность зависит от глубины залегания вулканического очага и вязкости магмы, которая, в свою очередь, зависит от химического состава магмы, от содержания в ней газов и от ее температуры.

При извержении залегающей близко к поверхности земли, обычно более жидкой, базальтовой магмы (с небольшим содержанием газов и температурой около



образования вулканов

1 200°) в кратере образуется огненножидкое озеро. Лава этого озера, переливаясь через края кратера, растекается в виде покровов и длинных потоков и образует пологий *щитовидный вулкан*. Газы при этом выделяются из огненножидкого озера спокойно, как будто испаряются, и только местами лава то как будто кипит, то фонтанирует, образуя очень пузырчатые шлаки, слезообразные капли и стеклянные нити. Такой тип вулканической деятельности называют *гавайским*.

Если магма менее текучая (также базальтовая), но еще очень подвижная и имеет температуру около 1 100—1 000°, то лава может образовать длинные потоки, но газы выделяются из нее с сильными и шумными взрывами, выбрасывая при этом комки лавы, превращающиеся в шлак и в различной формы, но чаще грушевидные и витые, бомбы. Выбрасываемый шлак и излияния лавы

образуют конус с одним или несколькими кратерами. Это *стромболианский* тип вулканической деятельности.

Если магма вязкая (обычно это бывает андезитовая или дацитовая) и температура ее около 900° , то газы проходят сквозь нее с большим трудом, производя при этом весьма сильные взрывы, которые выбрасывают пепел, лапилли¹, шлак и обломки застывающей или уже застывшей лавы. Лавовый поток в этих случаях бывает редко, а если и бывает, то обычно небольшого размера. Таковы признаки *вулканского* типа вулканической деятельности.

Извержение, заключающееся только во взрыве огромной силы, который дает большое количество обломков пород разных размеров, но без появления лавы, относят к *бандайсанскому* типу.

При более глубоком залегании жидкой магмы, взрывная деятельность которой чередуется с излиянием лавы и прочими явлениями, наблюдающимися при *стромболианском* типе, такой тип извержений называют *этно-везувианским*.

Вязкая магма и при более глубоком залегании дает извержения вулканского типа.

Извержение же очень вязкой, бедной газами, магмы выражается в выжимании лавовых куполов.

Вязкая, но богатая газами магма образует не только купола, но и обелиски и производит очень сильные взрывы, которые сопровождаются раскаленными тучами, стремительно распространяющимися (двигающимися) вниз по склонам вулкана. Кроме огромного количества газов они несут массу вулканического песка, обломков и глыб, которые обычно являются материалом для туфобрекчиевых пород. Подобная деятельность называется *пелейским* типом вулканической деятельности.

Некоторые (особенно кислые) магмы перед извержением вспениваются и в виде раскаленного потока пемзы и стеклянной пыли «изливаются» из кратера или из близ расположенных трещин. Это так называемый *катмайский* тип вулканической деятельности.

Наконец, любая магма, глубоко залегающая и с очень большим содержанием газов (а, следовательно, отличающаяся сильным газовым давлением), дает при изверже-

¹ Мелкие обломки лавы, величиной от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров, выбрасываемые вулканом во время извержения.

нии огромную очень высокую колонну газов, которая значительно расширяет жерло вулкана и сопровождается другими явлениями. Такое извержение относят к *плинианскому* типу вулканической деятельности.

Тип вулканической деятельности у одного и того же вулкана непостоянен. Со временем, иногда даже в течение одного цикла извержений, он изменяется.

Извержения бывают короткие и продолжительные, спокойные и очень бурные — с сильными взрывами, чисто лавовые и чисто газовые, но чаще всего смешанные — лавово-газовые.

Выход вулканических веществ на земную поверхность может быть площадным, по отдельным трещинам и трубообразным каналам и по их массовым скоплениям. Над ними, в зависимости от типа вулканической деятельности, образуются различные по форме вулканические образования. Их называют вулканами. Не только конусообразные и куполообразные горы, сложенные из вулканических пород, являются вулканами, но к ним относятся также и разнообразные скопления лав и других вулканических продуктов, имеющих вулканический канал.

Часть вулканов имеет *кратер* — чашеобразное углубление — конец вулканического канала, начало которого расположено в вулканическом очаге.

Многие вулканы не имеют кратера. В этих вулканах последние порции лавы залепили как выход канала у поверхности, так и сам кратер. Лава многих куполов настолько вязкая, что она не может изливаться, а выжимается, в результате чего образуется бескратерный купол.

В результате взрывной деятельности образуются конусы. Подобные же конусообразные вулканы образуются и в результате чередования взрывной деятельности с излиянием лавы. Получается слоистый, или так называемый *стратовулкан*.

Обычно извержения вулканов, кратер которых расположен очень высоко, часто начинаются из вершинного кратера, но вскоре, очевидно, сила иссякает, энергии становится недостаточно, чтобы поднять лаву на такую высоту. Тогда лава прорывается в нижних склонах вулкана и образует один или несколько боковых кратеров, через которые и происходят дальнейшие извержения вплоть до того момента, когда вся энергия данного цикла извержений будет израсходована.

Вулканическая деятельность на земной поверхности выражается не только в создании конусов, куполов, потоков, неггов и других вулканических образований, так называемых положительных вулканических форм рельефа, но и в образовании различных вулканических впадин (отрицательные вулканические формы рельефа). К последним относится вышеописанный кратер, затем *маары*, которые образуются в результате одного газового взрыва, вырывающего конусообразную воронку, окаймленную валом из глыб и камней, образовавшихся в результате взрыва, и некоторые другие формы.

Под влиянием сильных взрывов, выбрасывающих большое количество газов и вулканических обломков, а также в результате боковых излияний у подошвы вулкана, удаляется из вулканического очага большое количество лавы и газов, и в верхней части очага образуется пустое пространство. В это пространство обваливается вершина вулкана или весь вулкан, а иногда даже и часть местности, прилегающей к нему. На поверхности образуется большая впадина — *кальдера* — размером, обычно, от нескольких километров до 10—15, а в редких случаях до 20—30 км в диаметре.

При извержении главная масса газов выделяется через вулканический канал, жерло и кратер. После окончания извержения газы продолжают выделяться в течение долгого периода времени отдельными струями из некогдаших неправильных отверстий — трубообразных каналов.

Защи небольших трещин в кратере, по бокам кратера тить, ч лавовом потоке. Эти газовые струи, вместе с ка- ству си, из которых они выходят, обычно называют фу- ниямиами. Однако, в зависимости от температуры и со-

На: при температуре газов выше 180° их назы- сяют *фумаролами*, при температуре от 180 до 100° — *жольфатарамии*, а ниже 100° — *мофеттами*. Во всех струях преобладают пары воды, но кроме них в фумаро- лах находится хлористый водород HCl и другие га- ллоидные газы, в сольфатарах — сернистый газ SO_2 и сероводород H_2S , в мофеттах — углекислый газ CO_2 . Га- зы, выделяющиеся из фумарол, сольфатар и мофетт, представляют собою смесь газов как по составу, так и сою происхождения, т. е. идущих из вулканического оча- ъа, захваченных по пути из окружающих пород и за- дсанных из воздуха.

Деятельность фумарол и сольфатар сопровождается также образованием около их отверстий разнообразных минералов, образующихся в результате реакции между газами или между газами и веществом лавы, как, например: нашатырь, каменная соль и многие другие, которые обычно называют возгонами.

Пары воды в газовых струях при понижении их температуры переходят при 100° в воду и образуют гейзеры и горячие источники.

Гейзеры — это пароводяные вулканы, извержения которых происходят большей частью через строго определенные промежутки времени (минуты, десятки минут, часы). Существуют, однако, гейзеры и с неопределенными периодами покоя.

Извержения гейзеров объясняются наличием неправильных у поверхности земли вертикальных, а глубже — зигзагообразных каналов и температурой воды, близкой к температуре кипения.

Вода накапливается в вертикальном канале по крайней мере до его второго изгиба. Ниже температура уже такова, что вода находится в парообразном состоянии.

С увеличением давления пара вода выталкивается вверх за изгибы. Когда же пар вытолкнет из канала некоторое количество воды, в нем уменьшится давление, и остающаяся перегретая вода быстро превратится в пар, который, в зависимости от его количества, с меньшей или большей силой вырывается наружу, захватывая часть воды, и бьет в виде пароводяного фонтана.

Гейзеров на земной поверхности мало, но источников много во всех вулканических областях и различаются своей повышенной температурой (некоторые достигают температуры кипения воды) и составом растворенных в них веществ. В их воде так же, как и в воде гейзеров, находятся растворенными разнообразные вещества, частично принесенные газами из магмы. Воды горячих источников, связанных с вулканической деятельностью, отличаются друг от друга разнообразным составом и разными лечебными свойствами.

В тех местах, где газовые струи или горячие источники выходят на поверхность земли через рыхлую или глинистую породу, образуются *грязевые вулканы*. Одни в виде маленьких конусов, высотой 20—30 см, другие в виде чашеобразных углублений, диаметром в несколько



метров. Из первых иногда выливаются сплошные миниатюрные грязевые потоки. Во вторых время от времени грязь клокочет, как при кипении, а временами и взлетает вверх.

Образование грязевых вулканов и горячих источников, связанных с вулканами, представляет собою конечную стадию вулканической деятельности.

Таким образом, мы проследили всю активную жизнь, весь путь магмы от ее образования до выхода на земную поверхность.

Энергия вулкана полностью израсходована, жизнь его окончилась. С геологической точки зрения, а геологи исчисляют жизнь земли тысячелетиями, миллионами, десятками и сотнями миллионов лет, жизнь вулкана недолговечна, так как вулканы и другие вулканические образования на поверхности земли быстро разрушаются. Вода, ветер и колебания температуры быстро разрушают их, и на их месте образовывается сначала холмистая местность, а затем и равнина.

Только те вулканические породы, которые вскоре после своего образования покрываются новыми осадочными образованиями — песками и глинами, — сохраняются долго. И только тогда, когда они благодаря новым движениям земной коры вновь появятся на земной поверхности, они снова станут видимыми и осязаемыми свидетельствами наличия вулканической деятельности, бывшей некогда в данной местности.

Заключившая о вулканизме и вулканах, следует отметить, что последние приносят не только вред человечеству своими, к счастью редкими, губительными извержениями, но и определенную пользу.

Некоторые вулканические туфы и пемза применяются как строительные материалы; базальтовая лава служит материалом для изоляционных, литых и кислотоупорных изделий.

Выделяющиеся и образующиеся иногда в больших количествах сера, нашатырь, алунит и другие полезные минералы находят соответствующее применение.

Борная кислота и некоторые другие вещества извлекаются из некоторых вулканических (преимущественно гальфатарных) струй газов и пара. Эти же струи могут быть использованы в некоторых случаях как движущая сила для получения электрического тока.

Горячие источники также могут быть использованы для отопления жилых домов и теплиц, для разведения в последних овощей, винограда и фруктовых деревьев.

И, наконец, горячие источники, благодаря их температуре, частично магматической воде и несколько особому химическому составу, могут иметь чрезвычайно важное лечебное значение.

ОБЛАСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Вулканическая деятельность началась на нашей планете с момента образования земной коры миллиарды лет назад. Она то усиливалась, то ослабевала, а временами и совершенно прекращалась. Проявления ее тесно связаны с движением земной коры, преимущественно в так называемых геосинклинальных¹ горных областях и изредка на равнинных участках земной поверхности.

Вулканическая деятельность продолжается и в настоящее время.

На территории Советского Союза она была широко распространена и происходила во многих местах — от Земли Франца-Иосифа, Таймыра, Колымы и Чукотки на севере до наших южных границ — Крыма, Закавказья, Средней Азии, Алтая, Саян и Забайкалья, и от Закарпатья и Волыни на западе до восточных границ на Тихоокеанском побережье — Корякской земли, Камчатки, Курильских островов и Приморского края.

Земля Франца-Иосифа и Новая Земля, Кольский полуостров и Карелия; Тиман, Большеземельская тундра и Урал, Закарпатье, Волынь и Приазовье; Крым, Кавказ и Закавказье; близ Красноводска, Султан-уиз-даг, Фергана, Казахстан, Тянь-шань и пограничная Джунгария, Алтай и Кузнецкий Ала-тау, Центральная и Северная Сибирь, Забайкалье, Уссурийский край и Сихотэ-Алинь, Курильские острова и Камчатка, Командорские острова, Корякская земля и Чукотка, Колыма и некоторые

¹ Подвижная зона земной коры, находящаяся в течение долгих периодов в состоянии медленного опускания и являющаяся зоной мощных накоплений отложений моря. В дальнейшем под влиянием бокового давления начинается движение вверх и образование складчатого горного хребта.

другие районы были некогда ареной интенсивных, разнообразных и часто длительных проявлений вулканической деятельности. Она происходила в этих областях как в разные времена, так часто и одновременно и носила различный характер.

Сейчас в нашей стране вулканы действуют только на Камчатке и Курильских островах. В остальных местах они действовали в древние времена. Только на Кавказе, а также в Прибайкалье и Забайкалье, вблизи реки Индигирки и в Амуро-Уссурийской впадине, вулканическая деятельность окончилась геологически совсем недавно — в четвертичное время, а в Закавказье последние ее вспышки произошли в то время, когда уже жил в этих местах человек.

ИССЛЕДОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАТЕЛИ ВУЛКАНОВ СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Методы исследования вулканов и вулканической деятельности носят несколько иной характер, чем методы исследования, применяемые при обычных геологических работах.

Древняя вулканическая деятельность и даже действующие вулканы, но находящиеся во время исследования в стадии относительного покоя, изучаются методами, принятыми в геологии.

Все же проявления активной вулканической деятельности изучаются иными методами.

При изучении активного вулканизма необходимы, кроме полевых геологических исследований, еще постоянные, непрерывные наблюдения за деятельностью вулканов, а также применение химических и геофизических методов изучения.

При изучении вулканических газов и минералов — возгонов — необходимы химические анализы, а геофизический метод очень полезен для познания внутреннего строения вулкана и его подножия, глубины залегания вулканического очага, движения магмы от очага к поверхности, связи вулкана со строением земной коры в данном месте и ряда других вопросов.

Из геофизических методов особенно полезны: сейсмический, дающий сведения по данным землетрясений о глубине вулканического очага, о строении земной коры и

другие; гравиметрический, который может дать сведения о состоянии магматического вещества и его расположении под вулканом; магнитометрический, позволяющий иногда уловить движение магмы из очага к выходу ее на земную поверхность.

Характер самой вулканической деятельности, начинающейся большей частью внезапно и продолжающейся часто довольно долгое время, вызвал к жизни организацию вблизи некоторых вулканов постоянных научных учреждений, которые называют в разных странах различно: вулканологическими институтами, обсерваториями и станциями.

Естественно, что, базируясь на такие учреждения, можно гораздо полнее и разностороннее исследовать проявления вулканической деятельности.

Начало изучению наших вулканов положил С. П. Крашенинников, изучавший Камчатку в 1737—1741 гг. В его замечательной работе «Описание земли Камчатки» две главы: «О огнедышащих горах и о происходящих от них опасностях» и «О горячих ключах» — посвящены проявлениям большого и малого вулканизма. Эти же главы являются началом русской вулканологии — науки о вулканах и их деятельности.

С. П. Крашенинников описал строение Ключевского, Толбачинского и Авачинского вулканов и их деятельность в то время, а также охарактеризовал и некоторые другие вулканы. Он расценил их на огнедышащие и курящиеся и дал таким образом первую их классификацию. Им также описан с большим мастерством и красотой ряд горячих источников.



С. П. Крашенинников

После С. П. Крашенинникова отдельные, отрывочные сведения о деятельности огнедышащих гор Камчатки сообщались путешественниками и моряками.

Несколько более подробные сведения были получены в 1827 и 1828 гг. от А. Постельса¹, участника экспедиции Ф. П. Литке вокруг света. Им, кроме описания извержения Авачинского вулкана и заметок о других камчатских вулканах, было подмечено, что Курильские и Камчатские вулканы расположены почти по прямой линии с юго-запада на северо-восток. Такая «система вулканов», по определению Буха, относится к системе «вулканов рядовых».

Более подробные исследования камчатских вулканов были произведены А. Эрманом в 1829 г., К. Дитмаром в 1851—1855 гг. и, в особенности, К. И. Богдановичем в 1897—1898 гг., который дал не только общее представление о геологическом строении Камчатского полуострова, но и привел много новых сведений о вулканах Камчатки.

Им были исследованы некоторые вулканы и вулканические образования как восточной части Камчатки, так и расположенные в районе Срединного хребта, и сделаны важные общие выводы о вулканической деятельности на Камчатке.

В 1908—1910 гг. изучением вулканов занимались С. А. Конради, Е. В. Круг, В. М. Козловский и Н. Г. Келль, участники экспедиции Ф. П. Рябушинского, снаряженной при содействии Русского Географического общества.

К сожалению, результаты их работ были даны в виде кратких отчетов. Только Н. Г. Келль дал хорошую карту вулканов восточной половины Камчатки.

Некоторые вулканы и вулканические явления были попутно описаны участниками других отделов этой экспедиции — ботаником В. Л. Комаровым, академиком и президентом Академии наук СССР с 1936 по 1945 г., и зоологом П. Ю. Шмидтом.

Это были все лишь отрывочные данные. Лишь в советское время русские исследователи смогли планомерно

¹ А. Постельс. Из «Геогностических замечаний». Приложение к книге Ф. П. Литке. Путешествие вокруг света на военном шлюпе «Сенявин», Географгиз, 1948, стр. 253—261.

начать широкое и глубокое изучение природы своей великой родины, в том числе и такой отдаленной и мало изученной области, какой являлась Камчатка.

В конце 20-х и в начале 30-х годов XX в. были описаны горячие ключи, некоторые вулканы и их извержения местными краеведами, свидетелями этих извержений.

Все эти исследования были произведены попутно или как часть геологических работ.

Собственно вулканологические исследования начались у нас с 1931 г.

Прежде чем перейти к их описанию, остановимся на изучении молодых потухших вулканов и вулканических образований новейшего (четвертичного) времени на Кавказе и Закавказье и в других областях Советского Союза.

Начнем с Кавказа и Закавказья, где происходила совершенно недавно весьма интенсивная вулканическая деятельность и где еще сохранились в большом количестве не только лавовые потоки, но и сами вулканические аппараты.

Первые исследования вулканов Кавказа и Закавказья были произведены Г. Абигом, работы которого на эти темы появлялись, начиная с 1847 г. и почти до конца XIX в.

После Г. Абиха академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в 1890 г. начал свои замечательные в то время исследования вулканов, лав и магмы.

Работы, посвященные этим вопросам, издавались с 1896 по 1940 г. Его главное внимание было сосредоточено на вулканах и лавах Центрального Кавказа и Армянского вулканического нагорья. Кроме описания форм и состава этих вулканов, им была намечена связь вулканов Кавказа с дислокационными¹ процессами, выявлен особый тип вулканических образований, которому он дал название «экструзивные массивы», т. е. выжатые массивы, и предложена новая классификация вулканов.

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг изучил также вулканическую группу Кара-даг в Крыму и другие древние вулканические образования в разных местах нашей страны.

Его работы и идеи сыграли большую роль как в познании вулканов, так и в распространении вулканологи-

¹ Процесс нарушения нормального залегания пластов земной коры.

ческих исследований. Он впервые ввел и читал в высшем учебном заведении особый курс «Вулканологии».

Наконец, по его мысли и под его руководством, было организовано на Камчатке вблизи Ключевского вулкана специальное научное учреждение — Вулканологическая станция Академии наук СССР для изучения вулканов и вулканической деятельности.



Акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг

Лавы и вулканы Кавказа и Закавказья изучали академики Д. С. Белянкин и А. Н. Заварицкий, а также Л. А. Варданянц, А. П. Герасимов, А. С. Гинзберг, П. И. Лебедев, Б. М. Куплетский, К. Н. Паффенгольц, В. П. Петров и ряд других исследователей. Их исследования показали общую картину вулканической деятельности в этих областях и внесли новые представления о характере вулканизма.

Что же касается других вулканических областей, в которых сохранились еще вулканические аппараты, то в отношении их имеются краткие заметки А. П. Герасимова, П. И. Преображенского и акад. В. А. Обручева о потухших вулканах Прибайкалья и Забайкалья и, в частности, Витимского плоскогорья, а также работы М. С. Нагибиной и других по древнему и молодому вулканизму этого района, А. П. Васьковского — о вулканах в районе реки Момы, впадающей в реку Индигирку, Е. Ф. Малеева — о вулканах Уссурийского края.

Все эти исследования были проведены обычными, принятыми в геологии, полевыми и затем кабинетными методами исследований.

Они принесли большую пользу, внесли много нового, но они не могли охватить своим изучением многие вопросы, связанные с исследованием как самих действующих

щих вулканов, так и последующих за извержениями вулканических явлений.

Вулканологические исследования начались у нас только в советское время изучением в 1931 г. акад. А. Н. Заварицким вулкана Авачи. Была выяснена история образования этого вулкана, определен, впервые в истории русской науки, состав вулканических газов и выяснен тип извержений, характерный для этого вулкана.

А. Н. Заварицкий выявил и указал на связь линейного (рядами) расположения вулканов Камчатки с ее внутренним строением—с вероятными по этим направлениям разломами в земной коре.

В этом же году Б. И. Пийп начал изучать горячие ключи Камчатки.

В следующем, 1932 г., В. С. Кулакову посчастливилось первому из русских геологов наблюдать и изучать на нашей территории извержение Туйлы, побочного вулкана Ключевской сопки.



Акад. А. Н. Заварицкий

В 1935 г., как уже упоминалось, по инициативе акад. Ф. Ю. Левинсон-

Лессинга была организована близ Ключевской сопки — самого активного вулкана Камчатки — Вулканологическая станция Академии наук СССР.

1 сентября 1935 г. является началом постоянных вулканологических исследований, выразившихся в непрерывных наблюдениях за современной деятельностью Ключевского и некоторых других вулканов, особенно во время извержений, в изучении характера и механизма извержений и в других видах исследований.

Научные сотрудники станции: В. И. Влодавец, А. А. Меняйлов, С. И. Набоко, Б. И. Пийп и В. Ф. Попков, со времени организации станции изучали Ключевской вулкан, причем за это время изучено два полных

цикла извержений этого вулкана, извержения Авачи, Шелуча, Толбачика, Жупановского, Карымского и Малого Семьячика, изучался также ряд потухших и находящихся в сольфатарной стадии деятельности вулканов.

В результате этих исследований было вскрыто много важных и интересных явлений, на которых в данной книге нет возможности останавливаться. Однако следует отметить некоторые условия работы, в каких приходилось проводить эти исследования.

Подъем на Ключевской вулкан, высота которого около 4 800 м — достаточно труден. Первым на него поднялся Д. Гаус в 1788 г. и до советского времени там больше никто не был. В советское время, до 1949 г., было совершено десять восхождений. В 1931 г. — одно, в 1935 г. — три подъема на вершину Ключевского вулкана, причем в двух случаях со спуском в кратер (в первом — геолог В. С. Кулаков, Н. Водопьянов и Семенов, во втором — химик А. Н. Троцкий и С. Д. Коптелов); в 1936 г. два восхождения, причем во втором участвовала геолог С. И. Набоко, первая и пока единственная женщина, побывавшая на вершине Ключевского вулкана; в 1937 г. во время слабых извержений вулкана на него поднялся геолог А. А. Меняйлов; и последние в 1940, 1945 и 1948 гг.

Подробнее о подъемах на вершину Ключевского вулкана не буду касаться, но остановлюсь на замечательном дрейфе, проведенном научными сотрудниками станции — геологом В. Ф. Попковым и химиком И. З. Ивановым на движущемся лавовом потоке.

Для измерения температуры расплавленной лавы и сборов из нее газов, эти два самоотверженных научных работника, которых с полным правом можно назвать героями науки, перескочили на корку двигавшегося потока и, плывя на ней, произвели свои научные наблюдения. Температура корки лавы у подошв ног была 270—300°. Был ноябрь месяц, дул сильный холодный ветер и, хотя они были в асбестовых сапогах, тем не менее им приходилось стоять то на одной, то на другой ноге, чтобы они попеременно хоть немного остывали. Сама корка была в некоторых местах еще в таком состоянии, что ее можно было протыкать железным жезлом. На глубине 40 см температура лавы равнялась 870°. На корке потока то и дело лопались пузыри, из которых выделялись газы. Отважные исследователи пытались их уловить, но всякий

раз, когда они накрывали воронкой пузырь, он лопался
сбоку, и газы уходили в сторону. Тогда они проделали
отверстие в корке и взяли пробу газа.



В. Ф. Попков и И. З. Иванов

Измерив еще несколько раз температуру лавы, они
благополучно перепрыгнули с плывущей корки на за-
стывший, недвижущийся борт потока.

Таким путем работники Вулканологической станции
накопляли и накапливают новые сведения, новые факты о

вулканах Камчатки и их деятельности. И настоящая книга во многом обязана существованию этой станции, так как благодаря ей мы знаем значительно больше о жизни вулкана, и особенно вулканов Камчатки, чем знали до ее организации.

Заканчивая этот раздел, необходимо сказать и о гейзерах Камчатки.

Уже давно было известно о существовании гейзеров на Камчатке, но эти сведения касались маломощных небольших гейзеров.

И только в 1941 г. Т. И. Устиновой была обнаружена близ вулкана Кихпиныч, в совершенно новом месте, большая группа крупных и мелких гейзеров, расположенных вдоль речки Гейзерной, близ Кроноцкого залива.

Что же касается исследований вулканов Курильских островов, то они, по существу, еще не производились.

В отношении их имеются только отрывочные сведения в работах В. Р. Головнина и Ф. Крузенштерна, Д. Мильна и Г. Сноу, напечатанных в XIX и начале XX в.

Только Г. В. Корсунская, изучавшая Курильские острова в 1946 г., опубликовала несколько более подробные сведения о вулканах южной части Курильской гряды.

СОВРЕМЕННАЯ ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ВУЛКАНЫ КАМЧАТКИ

Вулканы Камчатки тесно связаны с горообразовательными движениями земной коры, в частности, с образованием хребтов, что придает особый характер рельефу Камчатского полуострова.

Вдоль полуострова вытянуты два горных хребта и цепь разнообразных вулканов.

В западной половине расположен Срединный хребет. В восточной половине проходит Восточно-Камчатский хребет. Разные участки этого хребта носят различные названия. Южная часть — Южно-Быстринский, у поворота на северо-восток — Ганальские востряки, далее к северо-востоку — Валагинский хребет, еще далее — хребет Тумрок и, наконец, от Ключевского дола на северо-северо-восток хребет Кумроч, который оканчивается у Озерного залива.

Цепь вулканов, образующая род своеобразного хребта, расположена вдоль восточного берега полуострова, от мыса Лопатка до Кроноцкого озера. Далее, как бы пересекая хребет Тумрок, эта цепь идет прямо на север, но уже вдоль западных склонов хребтов Тумрок и Кумроч.

Хребты и цепь вулканов на Камчатке имеют северо-восточное направление. Но, кроме того, некоторые вулканы и выходы горячих источников расположены по линиям северо-западного направления. Такое их расположение связано с геологическим строением земной коры — с ее разломами, с разломами Камчатско-Курильской

и Алеутской вулканических и тектонических¹ дуг, входящих в Тихоокеанское огненное вулканическое кольцо.

Вулканическая деятельность на Камчатке началась до мезозоя, а может быть и до палеозоя², причем она возобновлялась до мезозоя четыре раза.

Вулканическая деятельность в первую, самую древнюю, стадию не была интенсивной. Она сопровождалась небольшими излияниями лавы. Наоборот, вторая и третья стадии вулканической деятельности сопровождались мощными массовыми излияниями лав, причем во вторую стадию лавы изливались под водой.

Лавы, изливавшиеся во все эти стадии, имели основной состав.

В мезозойский период, т. е. примерно 190 — 70 млн. лет назад, вулканическая деятельность на Камчатке возобновлялась не менее двух раз, причем в первый раз произошли незначительные подводные излияния лав основной магмы. Во второй раз, примерно 70 млн. лет назад, на границе мелового и третичного периодов, вулканическая деятельность приняла грандиозные размеры. Наземные и подводные излияния лав базальтового и андезито-базальтового составов чередовались с сильной взрывной деятельностью, в результате которой образовались большие накопления вулканических туфо-брекчий и туфов.

Извержения происходили главным образом из многочисленных небольших трещин и центральных вулканов и отчасти напоминали современную вулканическую деятельность на Курильских островах. Извержения были весьма интенсивными, и их лавы и туфы заняли большую площадь. Эта вулканическая деятельность продолжалась

¹ Геологическое строение отдельных частей земной коры, показывающее взаимоотношение и характер залегания находящихся в них пород.

² Всю геологическую историю земли делят, начиная с самых древних времен, на археозойскую, протерозойскую, палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую эры. В свою очередь эры разделяются на периоды: палеозойская — на кембрийский (кембрий), силурийский (силур), девонский (девон), каменноугольный (карбон) и пермский (пермь). Мезозойская — на триасовый (триас), юрский (юра), меловой (мел) периоды. Кайнозойская эра — на третичный и четвертичный периоды. Периоды в свою очередь подразделяются на эпохи и века.

в течение верхнемелового и в начале нижнетретичного времени, т. е. около 80—60 млн. лет назад.

Возобновление вулканической деятельности произошло в верхнетретичное время, т. е. около 20—10 млн. и меньше лет назад. Изливались как основные, так особенно средние и кислые лавы.

Наконец, последнее возобновление вулканической деятельности, которое продолжается и по настоящее время, произошло около 1 млн. лет назад, в начале четвертичного периода.

Таким образом, вулканическая деятельность на Камчатке началась, вероятно, до палеозоя и еще не окончилась в настоящее время. Ее проявления то усиливались, то ослабевали. Она была связана и происходила почти одновременно с горообразовательными движениями земной коры на Камчатке.

Современная вулканическая деятельность, которая началась в конце оледенения Камчатки, значительно слабее по сравнению с интенсивной и мощной деятельностью прошлых времен.

О суммарной мощи вулканической деятельности на Камчатке за всю жизнь свидетельствуют многочисленные действующие и потухшие вулканы и вулканические породы, которыми покрыто более 40% ее поверхности.

Из особенностей Камчатки следует отметить подвижность земной коры, особенно в ее восточных районах. Эти районы — места достаточно сильных, часто повторяющихся вулканических и тектонических землетрясений. Они относятся к 7-, 8- и 9-балльным зонам землетрясений. О подвижности Камчатки, кроме частых землетрясений, свидетельствуют также террасы и другие геологические данные. По ним можно судить, что восточная часть Камчатки движется различно. В то время как севернее реки Камчатки берег полуострова значительно поднялся после оледенения, в средней части полуострова — около реки Семьячик — он поднялся лишь на незначительную величину, а в южной части — около Петропавловска и далее на юг — берег медленно опускается.

Все эти вместе взятые данные подчеркивают особую неравномерную подвижность восточных районов Камчатки. Неудивительно поэтому, что действующие ныне вулканы расположены только в восточной части полуострова,

хотя существуют указания, что в Срединном хребте находится один действующий вулкан — Ичинский, который в настоящее время выделяет струи газов. Однако это указание не подтверждено и поэтому является сомнительным.

Вулканы на Камчатке расположены тремя полосами — вдоль восточного берега, по Срединному хребту и вдоль западного побережья. Вулканическая деятельность их была разнообразной как с точки зрения типов вулканической активности и форм вулканов, так и с точки зрения состава лав.

Сравнительно недавно (в третичное время) через многочисленные, близко расположенные трещины или трубообразные каналы изливались базальты и образовывали обширные покровы, напоминающие покровы массовых излияний. Подобные излияния затем сменились только центральными извержениями, которые наблюдаются и в настоящее время. В зависимости от состава лав и типа вулканической деятельности, а также ряда других причин, над центральными каналами возникли разнообразные вулканы. На Камчатке известны почти все типы вулканической деятельности, за исключением плининанского и, может быть, гавайского. Однако последний, т. е. гавайский тип, возможно, происходил здесь в недалеком прошлом.

Современная вулканическая деятельность сосредоточена в восточной части Камчатского полуострова. Здесь расположены все действующие, все затухающие и большая часть потухших вулканов. Однако среди последних, может быть, находятся и не потухшие, но крепко спящие вулканы, которые смогут проснуться и начать действовать.

Из действующих вулканов наиболее активными являются Ключевской, Карымский и Авачинский; менее активными — Швелуч, Плоский Толбачик, Горелый хребет и Мутновский; и малоактивными — Кизимен, Малый Семячек, Жупановский, Корякский, Ксудач и Ильинский.

Действующие вулканы

Ключевской вулкан является одним из величайших действующих вулканов Европы и Азии и самым высоким и активным вулканом Камчатки. Он уступает по абсолютной высоте только некоторым действующим вулканам

Центральной и Южной Америки. По относительной же высоте Ключевской вулкан, который поднимается почти от уровня моря, является одним из высочайших действующих вулканов на земной поверхности. Его абсолютная высота, по данным различных авторов, колеблется в пределах 4 778 — 4 917 м.

Ключевской вулкан, благодаря своей высоте и правильной конусообразной форме, а также почти постоян-



Камчатская огнедышащая гора (Из книги С. П. Крашенинникова)

ному проявлению вулканической деятельности, является одним из красивейших вулканов мира.

Он расположен в северо-восточном углу так называемой Ключевской группы вулканов, состоящей из действующих Ключевского и Плоского Толбачика и потухших — Плоского, Среднего, Камень, Безымянного, Зимина, Большой Удины, Малой Удины и Острого Толбачика. Эта группа гигантов, высотой от 2 000 м и выше, возглавляется тремя великанами — тремя самыми высокими вулканами Камчатки — Ключевским, высотой около 4 800 м, Камнем — 4 617 м и Плоским — 4 030 м. Все они расположены в широкой долине между хребтами Кумроч и Срединным. Ключевской вулкан расположен на

восточном склоне подошвы Плоского вулкана. От вершины до высоты около 2 800 м Ключевской вулкан имеет форму слегка усеченного конуса, несколько нарушенного раскаленной лавиной во время извержения 1 января 1945 г., образовавшей у вершины глубокую и широкую рытвину. Склоны конуса наклонены к горизонту под углом 33—35°. За исключением перемычки, соединяющей Ключевской вулкан с Камнем, и ледораздела, соединяющего Ключевской вулкан с Плоским, — в остальных частях вулкана, от 2 700 и до 1 500 м абсолютной высоты, склон становится более пологим, около 10—12° к горизонту. Ниже 1 500 м и до уровня окаймляющих Ключевской вулкан долин рек Камчатки и Хапицы лежит подножие вулкана, общий склон которого около 4°.

На вершине конуса Ключевского вулкана находится кратер чашеобразной формы, диаметром около 500 м, который, благодаря частым извержениям, временами несколько меняет форму. Края кратера зазубренные и, кроме того, имеют значительные выемки как в восточной, так и в западной сторонах. После извержения 1937 г. западная выемка значительно расширилась и приняла ковшеобразную форму, а после извержения 1 января 1945 г. — в северной части образовались глубокие (до 200 м глубиной) «ворота».

Внутри кратера в более спокойное время наблюдалось одно или два жерла. Во время более активного состояния вулкана в кратере нарастал обычно внутренний конус, который возвышался выше первоначальных его краев. Стенки кратера сложены из перемежающихся слоев лавы, вулканического песка и льда, перемешанного с песком.

Склоны конуса покрыты почти сплошным ледником, среди которого кое-где находятся гряды — верхние части лавовых потоков. Ледники спускаются до высоты 2 000—1 800 м и один, текущий на север, наиболее мощный — до 1 500 м.

Из-под ледников вытекают многочисленные ручьи, которые, соединяясь в более крупные речки, текут как бы по радиусам по северо-восточному и восточному склонам подножия вулкана. Во многих случаях они прорезают в вулканических породах глубокие ущелья — каньоны.

Кроме того, склоны подножия Ключевского вулкана

усеяны побочными конусами, максимальная относительная высота которых около 200 м. Большинство их расположено по радиусам, идущим от главного кратера как из центра. В то же время многие побочные конусы находятся примерно на одной высоте. Повидимому, большая часть расположена по радиальным и, может быть, круговым трещинам. Преобладающая часть побочных конусов образовалась в результате взрывной деятельности, и они состоят из вулканического песка и кусков шлака. Образование некоторых конусов сопровождалось и излиянием лавы.

Побочные конусы расположены на расстояниях от 8 до 25 км от главного кратера.

Лавовые потоки Ключевского вулкана изливались как из главного кратера, так, преимущественно, из низко расположенных побочных конусов. По своей форме лавовые потоки имеют много общего с ледниками. Появляется такая же система поперечных трещин, особенно на более крутых склонах подстилающей их местности. Наблюдаются и продольные лавовые гряды, похожие на продольные морены, и т. п.

Лавы Ключевского вулкана — это глыбовые лавы, которые представляют собой нагромождение глыб и обломков лав на поверхности потока. Они образуют иногда различные, порой фантастические фигуры, которые местное население называет кекуры.

Максимальная длина лавовых потоков, обнажающихся на поверхности вулкана, — около 16 км, а ширина — от 200 до 1 500 м. Видимая их толщина — от 10 до 60 м.

Среди лав сравнительно мало вулканических туфов и туфо-брекчий. Значительно больше нецементированного рыхлого вулканического песка, особенно на восточном и юго-восточном склонах вулкана, благодаря преобладанию в этой местности западных ветров.

Некоторые побочные конусы богаты вулканическими бомбами различной длины (до 3 м) и разнообразной формы — шарообразной, грушеобразной, веретенообразной и т. п.

Лавы, вулканические туфы и пески принадлежат к породам основной магмы. Колебания в их химическом и минералогическом составе невелики, но лавы, изливающиеся через главный канал, — андезито-базальтовые, т. е.

несколько более кислые, чем изливающиеся через побочные конусы базальтовые лавы.

Из главного кратера почти непрерывно, то усиливаясь, то ослабевая выделяются газы. Более доступными для изучения являются газы, выделяющиеся из побочных вулканов и их лав, образовавшихся в последние годы.



Фумарола. Возгоны и струя газов

Фото В. Ф. Попкова

Среди газов преобладают пары воды, затем в значительных меньших количествах хлористый водород, окись углерода, водород, азот и кислород, изредка — сернистый и углекислый газы. В небольших количествах находятся и другие газы.

Очень интересны образующиеся около отверстий фумарол возгоны разнообразной окраски и составов. Главная масса их относится к галоидным соединениям. Значительная часть — к сернокислым. В состав этих возгонов входят в значительных количествах около 50 различных

элементов, т. е. половина элементов менделеевской таблицы.

Ключевской вулкан возник в последнее межледниковое время или в период между отступанием и следующим наступанием ледника. Исходя из объема Ключевского вулкана, равного минимум 340 куб. км, и объема лавы и вулканического песка во время извержений 1937—1939 гг., равного около $1\frac{1}{2}$ куб. км, — следует считать, что для постройки его необходимо около 700 извержений подобной мощности. Если допустить, что в среднем каждое извержение дает $1\frac{1}{2}$ куб. км лавы и вулканического песка и что извержения Ключевского вулкана происходили все время в среднем, как об этом будет сказано дальше, через 7—8 лет, то можно условно считать, что Ключевской вулкан возник примерно 5 000 лет назад.

Жизнь Ключевского вулкана началась излиянием преимущественно лав, а затем к ним присоединилась и взрывная деятельность. В результате такой деятельности конус вулкана построен из перемежающихся слоев лавы и рыхлых вулканических пород. Таким образом, Ключевской вулкан является слоистым вулканом или, иначе говоря, *стратовулканом*. В его деятельности есть элементы вулканического и стромболианского типов вулканической деятельности.

Первые сведения об его извержениях относятся к 1698 г. За 250 лет произошло 34 цикла¹ извержений: в 1698, 1702—1711, 1721—1731, 1737, 1739—1740, 1762, 1767, 1785—1786, 1788—1790, 1792, 1795—1796, 1802, 1810, 1813, 1819, 1821—1822, 1829, 1840—1841, 1848, 1852—1854, 1864, 1877—1879, 1882, 1896—1899, 1908—1910, 1912—1916, 1920—1921, 1923, 1925—1926, 1929, 1931, 1932, 1937—1939 и 1944—1946 гг.

Следовательно, за последние 250 лет происходили извержения Ключевского вулкана, в древности называемого Камчатской огнедышащей горой, в среднем через 7 лет. Извержения происходили, конечно, и раньше. С. П. Крашенинников, который был на Камчатке в 1737—1741 гг., упоминает, что местное население подметило известную закономерность в повторяемости более силь-

¹ Извержения вулканов с интервалами меньше одного года объединяются в цикл извержений. Таким образом цикл извержений может состоять как из одного извержения, так и из нескольких отдельных извержений.

ных извержений, ранее происходивших, т. е. до XVIII в. Они происходили периодически, с промежутками 7—10 лет, т. е. с такой же периодичностью, как и в последние столетия.

Из более сильных извержений надо упомянуть извержение 1737 г. Оно началось 25 сентября (6 октября по новому стилю), продолжалось около недели и было весьма сильным и грозным. Оно состояло из двух стадий. В первую произошли, повидимому, выбросы раскаленных лавин и излияния потоков лавы. Крашенинников это извержение описывает следующими словами: «Вся гора казалась раскаленным камнем. Пламя, которое внутри ее сквозь расщелины было видимо, устремлялось иногда вниз, как огненные реки, с ужасным шумом. В горе слышен был гром, треск и будто сильными мехами раздувание, от которого все ближние места дрожали»¹.

Вторая стадия заключалась в выбросе большого количества пепла, почти целиком унесенного ветром в море.

Весьма сильное и обильное лавой извержение произошло с 5 по 10 сентября 1829 г.

Вулканическая деятельность выражалась не только в извержениях из главного кратера, но и в прорыве ряда побочных вулканов, которых у Ключевской сопки свыше 60. Девять из них образовались в последние два десятилетия. В 1932 г. на северо-восточном склоне прорвались три побочных вулкана. 25 января на высоте 600 м прорвался Киргурич, 26 или 29 июня прорвался на высоте 500 м Туйла и 13 ноября на высоте около 600 м — Биокось.

Прорыву этих кратеров, начиная с конца августа 1931 г., предшествовал ряд иногда достаточно сильных, до 7 баллов, землетрясений. Они продолжались до прорыва Киргурича, т. е. до 25 января 1932 г. Перед прорывом они прекратились и в момент самого прорыва не наблюдались.

Эти извержения сопровождались излияниями лавы и выбросами вулканического песка и бомб. Выделение газов из кратера Туйлы происходило или со взрывом, или без него. При выделении без взрывов поднимался обычно

¹ С. Крашенинников. Описание земли Камчатки. 1786, т. 1, стр. 175.

в большом количестве черный дым, т. е. газы, насыщенные вулканическим песком, при этом был слышен своеобразный шорох. При выделении со взрывом происходило большей частью и излияние лавы. Количество взрывов в минуту в периоды более сильной деятельности колебалось от 17 до 34 м, даже иногда до 38.



Лавовый поток Туйлы

Фото В. Ф. Попкова

Деятельность Ключевского вулкана между извержениями выражалась в слабом выделении газов в виде бесформенной массы или отдельных струй или даже, что наблюдалось редко, почти в полном покое. Такая картина наблюдалась, например, после извержений 1931 и 1932 гг., до апреля 1935 г.

Первые предвестники нового цикла извержений наблюдались 21 апреля 1935 г. В этот день деятельность вулкана усилилась. Начались интенсивные выделения из главного кратера газов, иногда со взрывами. Их сменили

выбросы пепла и газов на высоту 4 км, затем взрывы, выбрасывавшие раскаленные лапилли и глыбы (13 августа и 13 октября 1935 г.). И, наконец, зарево над вершиной вулкана (в ночь на 1 и на 4 ноября 1939 г.) свидетельствовало о подходе огненной лавы к кратеру вулкана.

Первое извержение из главного кратера наблюдалось 12 апреля 1937 г., а последнее, весьма слабое — 21 апреля 1938 г. В течение года произошло около 50 извержений.

Наиболее сильные извержения происходили с 1 сентября по 15 октября 1937 г.

Первое излияние лавы наблюдалось 9—11 мая 1937 г., а последнее — 5 февраля 1938 г. Из главного кратера излилось около 14 млн. куб. м лавы, а вулканического песка, пепла и более крупных обломков было выброшено около 160 млн. куб. м.

Ночью с 6 на 7 февраля 1938 г. на восточном склоне Ключевского вулкана по одной прямой линии, на высоте от 900 до 1800 м над уровнем моря, прорвалось 4 побочных вулкана и 6 маар. Первым прорвался наиболее высоко расположенный, за



Взрыв—выброс газов и пепла из кратера Ключевского вулкана

Фото Н. Водопьянова

ним последовательно другие и через 2 часа 30 минут (уже 7 февраля в 2 час.) прорвался наиболее низко расположенный побочный вулкан.

Деятельность более высоко расположенных побочных вулканов быстро прекратилась. Выделялись только струи газов. Деятельность наиболее низко расположенного побочного конуса, названного Билукай, была наиболее интенсивной и продолжалась долго — 390 дней.

По наблюдениям сначала С. И. Набоко, а затем В. Ф. Попкова, конус Билукай в первый период деятельности имел три жерла. На вершине конуса «Основное жерло», на западном склоне, на высоте 40 м от подножия,

жерло «Сосед» и на восточном склоне, примерно на той же высоте — «Лавовое жерло». Несмотря на близкие расстояния между этими жерлами, характер деятельности их был различен. Из Лавового жерла периодически изливалась лава. Из Основного — происходили взрывы средней силы, в перерывах выделялись газы преимущественно белого цвета, временами наблюдалось фонтанирование лавы. Из Соседа — редкие (по сравнению с Основным) огромной силы взрывы, которые стремительно выбрасывали громадные черные столбы, состоящие из газов, перенасыщенных глыбами, обломками и песком. В столбах сверкали молнии, раздавался сухой треск, и от них шел каменный и грязевой дождь.

Подобная деятельность Соседа наблюдалась в начале деятельности Билюкая и затем летом. Осенью 1938 г. он уже не действовал и больше не возобновлял своей энергичной и автономной деятельности.

Извержение Соседа одновременно с извержениями из Основного и Лавового жерл — редкое явление. Извержения и Лавового и Основного жерл происходили вследствие выделения газов и подъема лавы из вулканического очага. Причина извержения Соседа была другая. Дождевая вода, а также вода, образовавшаяся от таяния снега и льда, протекая сквозь вулканические глыбы и пески, подходила к каналу Основного жерла и, соприкасаясь с огненножидкой лавой, превращалась в пар, который, как известно, занимает больший объем, чем поступающая вода, что и было причиной извержения Соседа.

Лава, излившаяся из Лавового жерла в несколько приемов, образовала поток длиной около 16 км. Она текла одним потоком, но в декабре 1938 г. дала четыре ответвления длиной в 400, 500, 800 и 1 000 м.

Течение лавы, как и взрывы в кратере, представляли красивую картину. Огненножидкая лава, вытекая из жерла, направлялась затем по руслу, образовавшемуся среди глыб ранее излившегося потока. По мере продвижения от жерла она охлаждалась и покрывалась коркой, которая часто ломалась со звоном, напоминающим звук разбивающегося стекла. Чем дальше от жерла, тем корка становилась толще, но еще жидкий поток лавы, который тек под коркой, продолжал ее ломать. По трещинам между глыбами корки вытекала еще огненно-

красная лава. Красные пятна ее, которые наблюдались на большом протяжении на потоке, и шум — создавали ночью впечатление большого ярко освещенного города.

Всего излилось около 240 млн. куб. м лавы, а вулканического песка и пыли было выброшено около 25 млн. куб. м. Как видите, соотношение обратное количествам излившейся лавы и выброшенного песка из главного кратера, из которого было больше выброшено песка и меньше излилось лавы. Это явление наглядно говорит о влиянии высоты вулкана на характер вулканической деятельности. Лаве трудно подниматься на высоту почти 5 км. Ей легче изливаться в более низких местах, в данном случае на высоте 900 м.

За это же время, т. е. 390 дней, было выброшено только Билокаем в воздух около 6 млн. т паров воды и около 100 тыс. т хлористого водорода и других кислых газов.

Во время извержений и после прекращения взрывов и излияния лавы наблюдалась фумарольная деятельность. Фумаролы концентрировались как в кратере Билока, так и на потоке на расстоянии около 2 — 8 и даже 13 км от кратера.

Следующий, последний, цикл извержений начался 9 декабря 1944 г. Это извержение, в противоположность предыдущему циклу, началось неожиданно. На этот раз не было замечено никаких предупреждающих явлений.

Извержения заключались главным образом в выбросе пепла, бомб и газов и в зареве, которое было видно по ночам над кратером. По наблюдениям Б. И. Пийпа, максимального напряжения извержение достигло 1 января 1945 г. В 4 часа 40 мин. внезапно косо взвился огненный оранжево-желтый острый конус, который через 15 мин. достиг высоты 1 500 м над кратером. Этот конус как бы вонзился в клубы газов, поднимавшихся огромной массой из всего кратера на высоту до 7 000 м над вершиной вулкана. Из вершины огненного конуса падали в колоссальном количестве раскаленные вулканические бомбы и обломки лавы. Их было так много, что когда они падали, создавалось впечатление сказочной огненной пурги. Такая картина извержения наблюдалась до рассвета. С рассветом стала видна огромная мрачная черная туча, достигавшая высоты 15 км над уровнем моря.

Это необыкновенное извержение Ключевского вулкана сопровождалось большим количеством преимущественно горизонтальных молний, сверкавших в черной вулканической туче; землетрясениями силой до 5 баллов (в течение 15 часов было замечено 21 землетрясение), и были замечены ненормальные явления в слышимости звуков



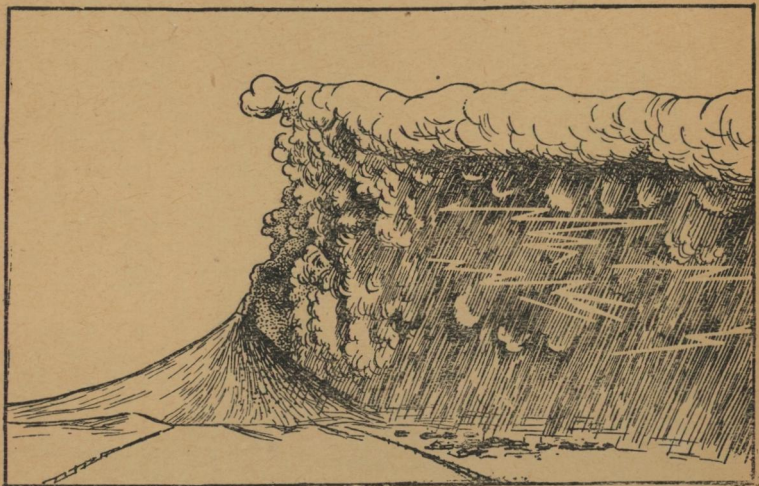
Одновременные извержения из Основного жерла и из Соседа на Билюкае (С картины Васильева)

(взрывы, грохот) извержений. Последние очень хорошо ощущались на расстоянии около 150 км от кратера и совершенно не были слышны в 30 км от него. Молнии были видны за 450 км. Грохот извержений был слышен в селениях, удаленных на 250 — 300 км от вулканов.

Это извержение окончилось в тот же день в 20 часов. Было выброшено не менее 0,6 куб. км вулканического песка и пыли. Раскаленные лавины проделали глубокое ущелье у кратера на склоне вулкана. Они же и падающий вулканический песок растопили массу снега и льда. Образовались грязевые потоки и потоки талой воды, которые устремились по проделанной рывтине в речку и

далее в долину к реке Камчатке. Вода достигла реки, находящейся в 35 км от кратера, лишь к вечеру 1 января и продолжала течь весь день 2 января, при морозе 25°. Только через двое суток после этого вода замерзла.

Через несколько дней после этого извержения сквозь образовавшиеся в кратере «ворота» началось излияние лавы, которое окончилось 20 января. Затем наблюдались огромные выделения газов из кратера и из фумарол, и в



Извержение Ключевского вулкана 1 января 1945 г.
(По рисунку Б. И. Пийпа)

конце января вулканические проявления в главном кратере прекратились. 19 июня этого же 1945 г. вулканическая деятельность вновь возобновилась, но уже на юго-восточном склоне вулкана. На высоте 1 000—1 500 м по одной линии, направленной к вершине вулкана, прорвались 4 побочных кратера. Из нижнего кратера — имени Заварицкого, подобно тому, как из нижнего кратера Билюкая, вытек лавовый поток, длиной около 6 км. Извержения из этих побочных кратеров прекратились 7 июля того же года. Как и Билюкай в прошлом цикле извержений, так и кратер Заварицкого действовал наиболее энергично и бурно. Из кратера почти непрерывно выбрасывался лавовый фонтан на высоту до 300 м и одновременно вытекала лава. Она в фонтанах выбрасывалась

жидкой, но частицы ее падали уже твердыми, хотя еще раскаленными. Температура лавы в фонтанах была около 1200°.

Одновременно с лавой выбрасывался и газ. Вначале он был невидим или прозрачно-желтоватого цвета, но над вершиной фонтана собирался в белое облако, из которого падал мелкий пепел.

Извергающая деятельность сменилась интенсивным выделением струй газа во всех кратерах и на потоке и образованием возгонов.

Казалось, что наступил период покоя, но 23 октября 1946 г. на расстоянии около 2 км от этих кратеров, на высоте 1600 м, прорвался новый побочный вулкан, который действовал всего 29 дней и из которого излился лавовый поток, протяжением около 10 км. При этом излилось 18 млн. куб. м лавы и было выброшено около 3 млн. куб. м вулканического песка и пыли. После этого извержения вулканическая энергия этого цикла была израсходована, и наступил на несколько лет период покоя.

Карымский вулкан принадлежит к активнейшим вулканам Камчатки. Он по форме представляет почти правильный, слегка усеченный конус, без борозд и барранкос¹. Высота его 1380 м.

Карымский вулкан по составу и строению представляет собой дацитовый *стратовулкан*, с значительным преобладанием в его строении рыхлого вулканического материала над лавами. Он расположен в центральной части кальдеры, диаметр которой около 5 км, а высота стенок — от 50 до 150 м. Эта стенка кальдеры опоясывает вулкан почти со всех сторон и только на юго-востоке она открыта к реке Карымской.

История возникновения Карымского вулкана весьма интересна. Первоначально возник ныне потухший вулкан Двор. Затем сильный взрыв расширил канал Двора до 2 км в диаметре и снес его вершину. После такого сильного взрыва и последовавших за ним небольших излияний лавы около вулкана произошел провал местности, захвативший и половину Двора. В результате этого провала образовалась вышеупомянутая кальдера, которая срезала и половину вулкана Двор. После этого, приблизительно

¹ Радиально расположенные овраги на внешнем склоне вулкана.

в центре дна кальдеры, прорвался ныне действующий Карымский вулкан.

Конус Карымского вулкана поднимается с высоты 800 м над уровнем моря со дна кальдеры, заполненной лавами этого же вулкана. Его конус сложен лавами и главным образом кусками шлака, вулканическим песком и пемзовым щебнем.



Карымский вулкан

Фото В. Д. Троицкого

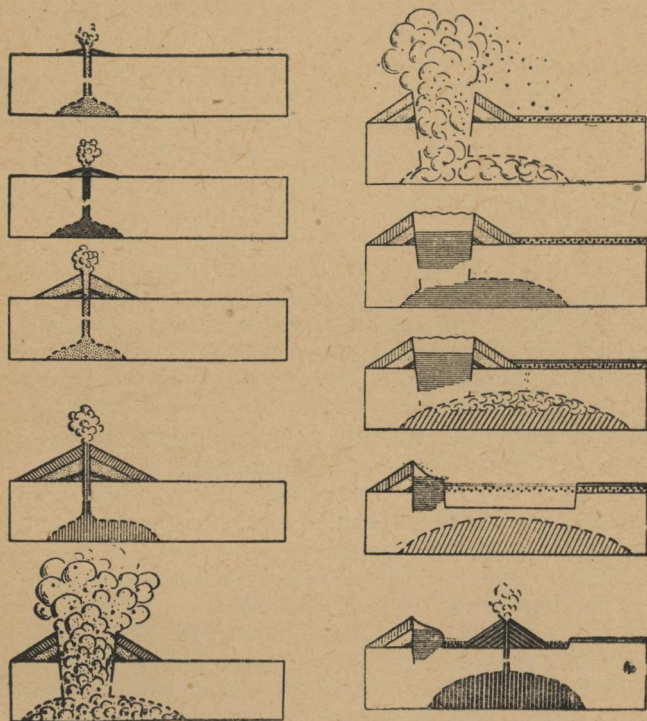
Кратер представляет собой чашу диаметром около 200 м с высоко поднятым юго-восточным краем. В центре кратера жерло овальной формы. По краям и отчасти на дне кратера — фумарольные отверстия, из которых почти все время выделяются сильные струи газа.

Вулканическая деятельность Карымского вулкана заключается в частом выбрасывании песка и щебня и в более редких излияниях дацитовый лавы, наиболее кислой из всех лав, изливающихся в современное время из действующих вулканов Камчатки. Деятельность его относится к *вулканскому типу*.

Имеются сведения, что извержения Карымского вулкана происходили в 1771, 1830, 1852, 1854, 1908, 1912, 1915,

1921, 1923, 1925, 1929 — 1930, 1932, 1934 — 1935, 1940, 1943 и 1945 — 1947 гг.

Следовательно, за 178 лет произошло 16 циклов извержений. Если исходить из этих данных, то один цикл извержений приходится на 11 лет.



Этапы развития вулканов Двора и Карымского

Однако, это вряд ли правильно, так как наблюдения над деятельностью вулканов, расположенных вдали от административных центров области (одним из таких является Карымский вулкан), были случайными, особенно в XVIII и XIX вв., и поэтому многие извержения таких вулканов могли быть никому неизвестны. Только с 10-х годов XX в. появились более полные сведения об извержениях камчатских вулканов. За последние 40 лет про-

изошло у Карымского вулкана 12 циклов извержений. Следовательно, извержения происходили примерно через 3 года. Повидимому, извержения раньше были более частыми, но они не были известны.

Авачинский вулкан (Авача, в старину — Горелая сопка) принадлежит также к группе наиболее активных вулканов Камчатки. Он представляет собой тип *вулкана в вулкане*, т. е. такого же типа, как Везувий с его Соммой.

Первоначально образовался один высокий конусообразный вулкан, но затем сильный взрыв снес его вершину и на ее месте образовалась впадина, диаметром около 4 км. В пределах впадины возник новый вулкан и вскоре он поднялся выше краев гребня первоначального вулкана. Таким путем образовался вулкан в вулкане. Впоследствии края наружного вулкана в некоторых местах осели или были разрушены, образовав отроги Монастырь и Сарай. Высота вершины действующего конуса Авачи — 2 725 м, а высота гребня наружного вулкана Авача — 2 300 м. Долина между действующим конусом и остатками окаймляющего гребня заполнена ледником, из-под которого вытекают реки.

Первоначальный вулкан изливал андезитовую лаву, а затем, перед взрывом — базальтовую. Во время взрыва, снесшего вершину, была выброшена лемза. Возникший затем ныне действующий конус сложен из андезитовых лав и рыхлых пород.

Наиболее древнее извержение Авачинского вулкана, о котором известно, относится к 1729 г. Затем извержения происходили в 1735, 1737, 1770—1772, 1779, 1789, 1822, 1827—1828, 1851—1855, 1881, 1894—1895, 1901, 1909—1910, 1926—1927, 1938 и 1945 гг., всего 16 циклов извержений. Следовательно, один цикл извержения происходит примерно в 14 лет.

Авачинский вулкан по С. П. Крашенинникову «из древних лет курится непрерывно, но огнем горит временно. Самое страшное его возгорение было в 1737 г. ...; однакож оное продолжалось не более суток, а окончилось извержением великой тучи пеплу, которым около лежащие места на вершок покрыты были»¹.

Очень сильное извержение было в 1827—1828 гг.

¹ С. Крашенинников. Описание земли Камчатки. 1786, т. 1, стр. 171.

Благодаря тому обстоятельству, что Авача расположен близ областного центра, извержения его чаще наблюдались и чаще описывались.

Извержение 1901 г. прекрасно описал А. Сильницкий. «Эффектную картину представляла Авачинская сопка ночью, когда по ее поверхности, от жерла кратера и до подошвы, лились огненные потоки лавы. Эти огненные потоки, то широкие, подобно реке, то узкие, подобно ручейку, бороздили сопку по всем направлениям и освещали каким-то невиданным светом могучую Авачу и ее еще более могучую соседку, Корякскую сопку»¹.

Излияние небольших лавовых потоков, образование раскаленных лавин и грязевых потоков являются характерными чертами деятельности Авачинского вулкана.

Эти черты ярко проявились во время извержения 1938 г.

Предвестники этого извержения наблюдались с лета 1937 г. (изменилось дно кратера, усилилось выделение газов из фумарол, увеличилось число их и, наконец, в конце января 1938 г. появилось зарево, а затем начались выбросы пепла), но извержения произошли только 6 и 28 марта 1938 г. Они заключались в сильных взрывах, выбрасывающих большое количество пепла. Взрывы сопровождались выбрасыванием над кратером огненно-красной массы и часто вспыхивающими линейными, шаровыми и сплошными молниями.

В результате этих извержений излился небольшой (длиной всего в 70 м) лавовый поток и раскаленная лавина из пепла, обломков и глыб лавы и бомб скатилась по склону на протяжении около 1 км, которая дала материал для мощного грязевого потока. Последний пронесся вниз на расстоянии около 18 км.

Следующее извержение произошло в начале сентября, но оно было небольшим, и последнее произошло 27 ноября, оно похоже на первые извержения. Им окончился цикл извержений. В периоды между ними из кратера Авачи выделялись временами интенсивно, временами слабо газы, иногда с пеплом.

По вулканической деятельности Авачу можно отнести к *вулканскому* типу. Временами она приближается

¹ А. Сильницкий. Поездки в северные округа Приморской области. Зап. Приамурск. отдела Русск. Географ. общ. 1902, т. 6, вып. 1.

к пелейскому, но отличается от последнего отсутствием выжатых куполов и обелисков.

Новое извержение произошло 25 февраля 1945 г. Оно началось в 14 часов 35 мин. и окончилось около 22 час. Оно продолжалось всего лишь около 7 часов, было очень сильным и предупреждающих явлений на этот раз почти не было. Извержение началось внезапно серией взрывов, через 5 минут они повторились, а через некоторое время они стали непрерывными. Высота пеплового облака достигла 6 км. Грохот усилился и стали видны линейные молнии, в большом количестве пересекающие тучу в различных направлениях. В центральной части пеплопада, в 25 км от вулкана, в 5 час. вечера наступил полный мрак. Создавшуюся здесь обстановку Б. И. Пийп описывает в следующих словах: «С тихим шорохом падали крупные песчинки лавы, которых в минуту набиралась целая ладонь. Воздух был насыщен электричеством, отчего острые концы предметов светились нежнофиолетовым светом, были видны траектории падавших тел и полыхало огнем дыхание фыркавших лошадей. Это было явление тихого электрического разряда или огни Эльма. Кроме того, в воздухе пахло сернистыми газами, но концентрация их, как потом выяснилось, была небольшая, так как в районе пеплопада уцелели все зайцы и глухари, но погибли во множестве мелкие птички и полевые мыши»¹.

Толщина слоя пепла, выпавшего в этом месте, т. е. в 25 км от кратера вулкана, равнялась 45 см. Всего же пепла с более крупными обломками между вулканом и океаном выпало не менее одной четверти куб. км. А сколько выпало еще в океан?

Это извержение сопровождалось также образованием раскаленной лавины, но излияния лавы не было.

Шевелуч. Из действующих вулканов Камчатки Шевелуч самый северный и третий по высоте. Его высота 3298 м.

Он отличается своеобразной красотой благодаря особой форме и снеговой шапке с северной стороны. Современная форма вулкана отражает сложную и чрезвычайно бурную его жизнь.

¹ Б. И. Пийп. Извержения вулканов Камчатки в 1944—1945 гг. Извест. Акад. наук СССР, 1946, № 6, стр. 54.

Шевелуч представляет собой большой массив, имеющий переходную форму от сравнительно пологого конуса к куполу на вершине вулкана. Юго-западная половина вулкана резко отличается от северо-восточной. Южный склон последней половины представляет собою у вершины ступенчатый обрыв, общей высотой около



Извержение Авачинского вулкана

Фото В. И. Потахина

1 км, который дает возможность видеть ряд мощных, налегающих один на другой лавовых пластов.

В опустившейся юго-западной части вулкана, на высоте около 2 000 м, расположен кратер и ряд куполов.

Вулкан возник в конце верхнетретичного или в начале четвертичного периода. Жизнь его началась сильной взрывной деятельностью, в результате которой накопилось огромное количество пепла и обломков вулканических пород.

Взрывная деятельность затем сменилась выжиманием вязкой андезитовой лавы, которая образовала ряд мощных пластов. Вулкан достиг максимальной высоты, значительно превышающей, по всей вероятности, современную высоту.

После выжимания лавы наступил период длительного покоя. В это время уровень магмы в вулканическом очаге понизился, вследствие чего на вулкане образовались трещины. В результате этого центральная и южная части вулкана опустились на различную глубину, а северо-восточная и северная части остались на месте.

Вскоре наступило оледенение. Во время отступления ледника, или в промежутке между двумя оледенениями, в опущенном участке возобновилась вулканическая деятельность, в результате которой образовался в этом месте сложный конус из вулканических рыхлых отложений и потоков красного андезита.

Во время нового оледенения или продвижения ледника деятельность вулкана вновь прекратилась. После нового отступления ледников, уже в современное время, возобновилась в третий раз вулканическая деятельность, но не столь интенсивная, как раньше. Деятельность на этот раз выразилась в выжимании куполов и во взрывах. Последние выбрасывали в больших количествах пыль, песок, лапилли, бомбы и пемзу. Относительно извержений Шевелуча в прошлом известно очень мало.

Имеются сведения о шести циклах извержений: 1790—1810, 1854, 1882, 1896, 1925—1930 и 1944—1949 гг. Но, конечно, извержения его происходили с очень давних пор, причем некоторые отличались весьма сильной взрывной деятельностью.

Из предыдущих извержений Шевелуча наиболее грандиозное было в 1854 г., во время которого вулканические пыль и песок падали в таком огромном количестве, что днем в расположенном в 50 км от вулкана селении Ключи был непроницаемый мрак, так что рыбаки, оставив лодки на берегу реки, едва добрались ощупью к своим избам.

Последний цикл извержений начался в декабре 1944 г. газовыми выбросами, с которыми иногда выбрасывались обломки старых лав или новых, только что отвердевших.

Последующие извержения заключались, по наблюдениям А. А. Меняйлова, в выдавливании вязкой лавы в

северо-восточной части старого кратера, которая образовала новый конусообразный купол со скалистой вершиной. Некоторые из них сопровождались выбросами раскаленных туч. Выжимавшаяся очень вязкая лава затвердевала у выхода канала на поверхность. Затем в уже затвердевшей лавовой пробке, благодаря давлению газов, образовался неправильный канал с почти горизонтальным изгибом у самого выхода на поверхность.

Благодаря такому обстоятельству газы извергались не вверх, а горизонтально. Такая раскаленная туча, кроме большого количества газов, несла много глыб, мелких обломков и песка. В зависимости от силы взрыва, она проносилась по склону вулкана на несколько километров и одновременно поднималась ввысь на 2—3 км.

Температура этих отложений песка и пыли долго держалась высокой и была в момент измерения не менее 250°.

Таким образом, по характеру своей деятельности вулкан Шевелуч можно отнести к *вулканскому типу*. Однако последние извержения приближаются к *пелейскому типу*.

Плоский Толбачик — действующий вулкан, представляющий собой вулканическую гору, высота которой в западной части (около кратера) равна 3 000 м, а в восточной — 3 140 м. Вулкан напоминает небольшой хребет с притупленной, слегка округленной вершиной. В западной части эта гора сливается с потухшим вулканом Острый Толбачик.

Длина вершины Плоского Толбачика около 4 км, ширина — около 2 км. Вся вершина, за исключением небольшого участка в юго-западной части, представляющего собой кратер вулкана, покрыта сплошным ледником.

На склонах наблюдаются барранкосы, в верхней части которых на северном и восточном спускаются небольшие ледники, а на южном — небольшие снеговые пятна.

Южный склон Плоского Толбачика, в виде небольшого горба, начинающегося от кратера, — полого спускается в юго-западном направлении.

Южные склоны отличаются обилием побочных вулканов, особенно много их расположено в юго-западном направлении. На северном склоне их сравнительно мало.

Вокруг Плоского Толбачика находится около 120 побочных конусов. Некоторые из них удалены на значи-

тельные расстояния — до 30 км. Большая часть их группируется по радиусам, идущим от кратера Плоского Толбачика, как от центра.

Склоны подножия Плоского Толбачика залиты базальтовыми лавами. Они образуют длинные потоки, простирающиеся по разным направлениям на несколько десятков километров, и лавовые поля, образующие к северу от вулкана ныне застывшее лавовое озеро, диаметром около 10—12 км.

Вершина Плоского Толбачика под ледником состоит из перемежающихся полос лавовых потоков и вулканических туфо-брекчий. И таким образом, Плоский Толбачик в этой стадии своей жизни являлся *стратовулканом*.

Дно кратера представляет собой площадку, диаметром около 300 м, покрытую в центральной части волнистой лавой, а по краям — вулканическим песком. В северо-восточной части кратера находится колодцеобразный провал. Верхний контур провала имеет неправильную овальную форму. Размеры его около 300×150 м. Стенки провала сложены лежащими друг на друге тонкими лавовыми потоками. На дне провала, глубина которого была до извержения 1939 г. около 100 м, находилось два жерла.

Одно располагалось в самой нижней части углубления, а второе — несколько выше, у самой восточной стенки. Извержение 1939—1940 гг. залило первое жерло и осталось только восточное, а глубина кратера уменьшилась на 20 м.

Лавы Плоского Толбачика очень текучие, а потому они образовали как длинные потоки, так и большие лавовые поля — «озера».

На лавовых потоках возникли горнитосы¹, высотой в 3—4 м и в поперечнике у основания около 2 м, и лавовые пузыри, которые могут служить естественным убежищем. В изображенном на фотографии лавовом пузыре могут свободно поместиться два человека. Некоторые потоки Плоского Толбачика имеют глыбовую лаву, дру-

¹ Куполообразное или шпалеобразное поднятие на застывшем сверху лавовом потоке, образующееся вследствие прорыва газов из нижних частей лавового потока, где лава еще была жидкой или полужидкой. Прорываясь, газы выбрасывают эту еще не отвердевшую лаву и образуют упомянутые формы.

гие — волнистую. На них много фантастических скал — кекур.

Побочные конусы сложены главным образом из вулканического шлака, но некоторые — из шлака и лавы. Наблюдаются и маары. Дно одного из них расположено на 50 м глубже земной поверхности, а края поднимаются на 18 м над поверхностью. Воронкообразная впадина и края ее сложены из обломков шлака и вулканического



Лавовый пузырь

Фото В. Ф. Попкова

песка. Образование этой впадины — маара — можно объяснить только газовым взрывом.

О том, что лавы Плоского Толбачика были жидкими и мало вязкими, можно судить также по формам вулканических бомб; спиралеобразные, лентообразные, веретенообразные, пенообразные и другие, размерами до 2 м в поперечнике. Кроме того, встречаются микробомбы, размерами от 10 до 1—2 см в поперечнике и, наконец, стеклянные нити, напоминающие волосы. Последние образуются или в очень пузыристых крупных вулканических бомбах, или чаще из мелких, очень жидких капель

лавы. Эти капли вытягиваются в полете в тонкую нить, толщиной в 0,3 мм и меньше и длиной до 33 см.

Первые сведения о вулканической деятельности Плоского Толбачика были даны С. П. Крашенинниковым.

«Толбачинская гора... курится из давних же лет, исперва, как сказывают камчадалы, дым шел из верху ея, но лет за 40 перемежился, а вместо того загорелась она на гребне, которым с другою горою соединяется. В начале 1739 г. в первой раз выкинуло из того места будто шарик огненной, которым однако весь лес по околу лежащим горам выжгло. За шариком выбросило отту-дуж как бы облачко, которое, час от часу распространя-ясь больше на низ опускалось, и покрыло пеплом снег верст на 50 во все стороны»¹.

Кроме этого извержения, имеются сведения только об извержениях 1793, 1932, 1939—1941 и 1947 гг. Таким образом, за двести с лишним лет известно о 5 извержениях.

Об извержении 1939—1941 гг. известно, что, начиная с конца июля 1939 г., начали более интенсивно выделять-ся газы из кратера, а 25 сентября в 22 час. 30 мин. вблизи вулкана произошло землетрясение. Вскоре после него вырвалось огненное облако и поднялось над кратером более чем на 2 000 м. Облако было огненное, потому что оно было переполнено раскаленным вулканическим песком, пылью и большим количеством стеклянных нитей.

Кроме того, в начальный период излилось небольшое количество лавы, которая заполнила только дно провала.

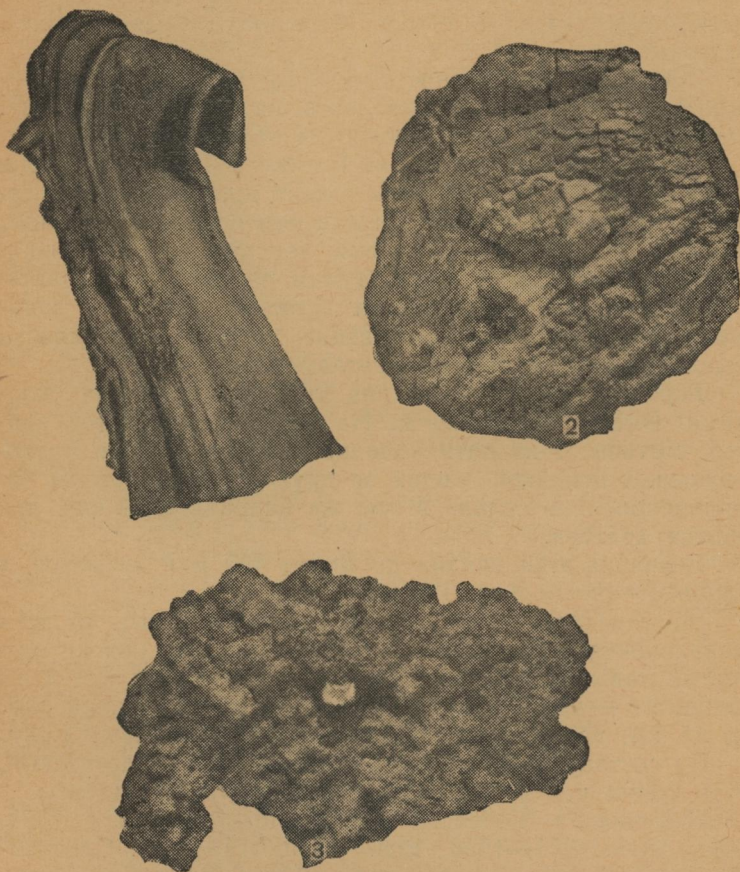
Вышеописанные взрывы наблюдались редко, чаще происходило только выделение газов. Подобная деятельность продолжалась до мая 1941 г.

Такая, относительно спокойная, деятельность Плоского Толбачика в течение свыше полутора лет сменилась и окончилась весьма сильным, но кратковременным извержением из побочного конуса, образовавшегося 7 мая 1941 г.

Он прорвался на высоте 1 950 м на юго-западном склоне вулкана. Действовал он неделю. 14 мая прекра-

¹ С. Крашенинников. Описание земли Камчатки. 1786, т. 1, стр. 173.

тились выбросы пепла, а также грохот и не видно было больше огненного отблеска. За это время было выброшено около 10—12 млн. куб. м вулканического песка,



1. Лентообразная вулканическая бомба. 2. Шаровидная вулканическая бомба типа хлебной корки. 3. Кусок шлаковой лавы с советской монетой, которая была вдавлена В. Ф. Попковым в раскаленный и еще пластичный кусок лавы. У нас это первый и пока единственный случай

лапилли, шлака и бомб. Лава же излилась двумя потоками, длиною около 5 км каждый. Общий объем ее около 15 млн. куб. м.

После окончания взрывной деятельности и излияния лавы начали действовать фумаролы, которые располагались в кратере конуса и в разных местах лавового потока. Из них на протяжении долгого времени поднимались струи газов, а около последних образовывались возгоны.

Последнее извержение Плоского Толбачика произошло из кратера, расположенного на вершине вулкана. Оно было в 1947 г. и состояло из отдельных взрывов.

Так как базальтовая лава Плоского Толбачика очень жидкая, то его деятельность только приближается к гавайскому типу. Вероятно в недалеком прошлом она была таковой, но в настоящее время нет главного ее признака — огненножидкого озера. Таким образом, по характеру современной деятельности Плоский Толбачик занимает промежуточное положение *между гавайским и стромболианским типами деятельности.*

Горелый хребет имеет вид купола с плоскими склонами. Высота его 1 830 м. На вершине находится кратер, состоящий из пяти колодцеобразных впадин, расположенных цепочкой — один за другим — в широтном направлении и на склоне в том же направлении — еще два малых кратера.

Величина этих впадин достигает 450 м в диаметре, а глубина — не больше 120 м.

Многочисленные лавовые потоки изливались по всем направлениям. Последние, наиболее молодые потоки волнистой лавы излились из среднего кратера на юг, и из западного — на юго-запад. Последний поток, длиной около 15 км, на своем пути обогнул с юга вулкан Опалу.

По составу лавы последнего излияния — андезитовые, в то время как более ранние — андезито-базальтовые.

Извержения Горелого хребта происходили в 1828, 1831, 1848, 1851—1855, 1929—1932 и 1934 гг. Следовательно, в течение 120 лет произошло 6 циклов извержений. В среднем один цикл приходится на 20 лет.

После извержения 1934 г. он затих, и только в 1947 г. снова стали интенсивно выделяться струи и облака газов.

Мутновский вулкан представляет собой в настоящее время большой куполообразный массив с пологими склонами и без вершины. На месте вершины находится большая кальдера, диаметром около 3 км. Высота ее стенок 2 320 м, а дна — 1 900 м над уровнем моря; внутренние

стенки в верхней части своей — крутые, а в нижней — отвесные. Большая часть дна кальдеры заполнена льдом и снегом. Западный и северо-западный края кальдеры Мутновской сопки значительно ниже, чем юго-восточный. В западной и северной частях его расположены два горячих озера. Северное, диаметром около 300 м с мутной водой от находящейся в ней серы, является источником реки Мутной. Горячие вода и газы, выделяющиеся из фумарол, образовали в леднике русло в виде каньона, по которому и вытекает речка из кальдеры.

Действующий кратер находится в северо-западной части кальдеры между двумя озерами.

Прошлая жизнь Мутновского вулкана была очень сложной и длительной, судя по разнообразным породам, слагающим этот вулкан. В составе его находятся базальтовые, андезитовые и дацитовые лавы. Все они излились до образования кальдеры.

После ее образования действие вулкана заключалось и заключается в редких взрывах, выбрасывающих пепел и обломки пород, и в почти постоянных выделениях газов.

Первое извержение, о котором имеются сведения, произошло в 1848 г. Оно было, по всей вероятности, очень сильным, ибо о нем говорится как о катастрофическом. Затем происходили более спокойные и слабые извержения в 1898, 1927, 1930—1931, 1934 и, наконец, в 1945 гг.

23 июня 1945 г. с утра над кратером на высоту 1 000 м поднялся столб газов и пепла. К середине дня от вершины столба вытянулось темное облако, длиной около 80—100 км. К вечеру извержение прекратилось, и из вулкана спокойно и невысоко струились газы.

Под воздействием сернистых газов, выделяющихся из фумарол, первичные породы во многих местах изменились и даже превратились в некоторых местах в глину.

Вулкан Ксудач (кратер Штюбеля) представляет собой кольцеобразную гору, высотой около 900 м, с очень пологими, слабо изрытыми оврагами внешними склонами. Сам кольцевой гребень представляет собой край кальдеры, диаметр которой около 7 км. Он всюду более или менее ровный, без особых вершин или скал.

Внутренние склоны то более крутые, то более пологие, местами даже обрывистые, но высота обрывов не больше 50 м.

Лет 40 назад на дне кальдеры было два соединяющихся между собой озера. Одно — более старое, в виде полумесяца, длиной около 6 км и шириной от 2 до 0,5 км, тянулось вдоль восточных стенок кальдеры. Другое — круглое, диаметром около 1,5 км в середине (но не в центре) кальдеры, близ северного конца первого озера. Лет 10 назад более старое озеро было уже разъединено перемычкой на два озера.

Дно кальдеры неровное. Во многих местах вдоль гребня, разделяющего два озера, выделяются струи углекислого газа, с температурой около 80°.

Северное маленькое озеро является кратером, который действовал в 1907 г. Этот кратер — ныне озеро — имеет вид воронки, открытой в северную сторону.

Дно кальдеры усыпано обломками и глыбами вулканических пород и вулканическими песками. Среди этих обломков кое-где выступает небольшими буграми выжатая лава. Западные склоны кальдеры состоят из андезитовой лавы, а восточные — из туфо-брекчий. Везде много обломков пемзы.

В первой стадии жизни Ксудача преобладали излияния очень жидкой лавы. В это время он представлял щитовидный вулкан. Затем обрушилась вершина вулкана и образовалась кальдера. После этого выжимались более вязкие лавы, и, наконец, извержения приняли характер сильных взрывов, причем выбрасывалась уже кислая (дацитовая) пемза.

Более старое и крупное озеро — это более древний кратер. Кратер — маленькое озеро — образовался в результате очень сильного извержения, происшедшего 28—29 марта 1907 г. Взрыв был такой сильный, что вулканическим песком и пылью была покрыта вся Камчатка. Предполагают, что во время этого извержения было выброшено всего около 3 куб. км обломков, песка и пемзы. Вся местность к северу от вулкана на протяжении 25—30 км опалена и безжизненна до сих пор. Она покрыта вулканическим песком и обломками пемзы, над которыми торчат до сих пор, как скелеты, стволы деревьев, некогда (до 1907 г.) зеленой березы. Они придают еще более мрачный вид этому на время омертвевшему участку земной поверхности.

Вулканическая пыль, выброшенная во время извержения 1907 г., по мнению некоторых исследователей,

частично достигла высоких слоев атмосферы и, носясь вокруг земли, вызвала в некоторых местах наблюдавшиеся даже в Европе редкие атмосферные и оптические явления — удлинение сумерек, светящиеся ночные облака и т. п. Известно только об этом извержении Ксудаца, о других же нет никаких сведений.

Ильинский вулкан возвышается на восточном берегу Курильского озера на 1 400 м над озером и на 1 570 м над уровнем моря.

Он представляет собой пологий конус с округлыми очертаниями вершины. На ней два неглубоких (всего несколько метров) кратерообразных углубления, причем одно ниже другого.

На склонах у вершины вулкана находятся многочисленные радиально расположенные бороздки, будущие глубокие баранкосы.

На северо-восточном склоне, приблизительно на половине горы, находится воронкообразный кратер, глубиной в 200 м и в поперечнике около 600 м. От него на восток идет долина с крутыми стенками.

Вулкан Ильинский представляет собой типичный *стратовулкан*, сложенный из чередующихся слоев однообразной по составу андезитовой лавы и отложений рыхлого вулканического материала. Хорошо выраженные и наиболее молодые лавовые потоки видны на северном склоне вулкана. Кроме того, на склонах вулкана часто встречаются окатанные валуны чуждых пород. Повидимому, вулканический канал прошел через дно океана, покрытое окатанными валунами, и во время извержения они были захвачены и выброшены на склоны вулкана.

Следы вулканической деятельности Ильинского вулкана видны в струях углекислого газа с температурой до 80°, в теплых источниках у Курильского озера и в струях пара на юго-восточном склоне на площадке, длиной около 250 м и шириной 12 м.

Главное доказательство деятельности этого вулкана — кратер на северо-восточном его склоне, который, без сомнения, возник в результате взрыва.

Вблизи кратера, вплоть до склонов, да и на самых склонах соседнего вулкана Желтовского, встречается масса глыб и обломков лавы и пемзы. Непосредственно же около кратера нигде не видно лавовых потоков.

Образование этого кратера, повидимому, можно отнести к *бандайсанскому типу вулканической деятельности*.

Этот взрыв и образование кратера произошли 11 февраля 1923 г. и первоначально ошибочно были приняты за извержение Желтовского вулкана, у которого при проверке не было найдено никаких следов недавних извержений.

Корякский вулкан — это второй по высоте среди действующих вулканов Камчатки. Высота его 3460 м. По форме он представляет собой ребристый конус, покрытый радиально идущими от вершины вулкана глубокими барранкосами.

Вершина вулкана в виде небольшого гребня, несколько понижающегося к западу. В западной части вершины находится ковшеобразная выемка, повидимому, кратер вулкана.

Вулкан сложен из чередующихся андезитовых лавовых потоков и более редких вулканических туфо-брекчий. Таким образом, он является *стратовулканом*.

На высоте 2000 м на восточном склоне находится побочный шлаковый конус, от которого спускается лавовый поток. Другой побочный конус расположен на южном склоне. На северо-восточном склоне находятся два ледника.

Корякский вулкан извергался в 1896—1897 гг., причем происходило излияние лавы. Это — единственное извержение, известное нам. Кроме того, временами периодически усиливалась его фумарольная деятельность. Особенно интенсивное выдувание газов наблюдалось в ноябре и начале декабря 1945 г., когда столб газов поднимался временами до 700 м над вершиной вулкана.

Жупановский вулкан представляет собой хребтообразный массив, состоящий из двух более высоких восточных вершин — 2930 и 2887 м, разделенных ледником, и постепенно понижающихся двух западных вершин, средняя конической и самая западная — куполообразной формы. Две первые вершины принадлежат старому кратеру вулкана Жупановского, а две последние — это побочные вулканы, выросшие на склоне первоначального большого вулкана.

В нижних частях вулкан сложен главным образом лавами андезита, а у вершины — сцементированными отложениями рыхлых вулканических пород.

Кратер восточного вулкана, диаметром около 1 км, заполнен льдом и снегом. Каменные края его сохранились в южной, юго-западной и северо-восточной частях. В северную, северо-западную и юго-восточную стороны от кратера сползают ледники.

В юго-западной части старого кратера у его стенки находится глубокое цилиндрическое отверстие, имеющее в поперечнике около 100 м. Из этого отверстия с сильным шумом и глухим ревом высоко поднимаются большие белые клубы водяного пара с сернистым газом и сероводородом. Такие же газы выделяются вблизи него на внешнем склоне кратера.

Ближайшая от старого кратера коническая вершина является наиболее активной. Ее высота 2 777 м. Восточный ее склон соединен гребнем с главной вершиной, южный склон покрыт потоками глыбовой лавы, которые спускаются далеко вниз. Внизу они сливаются со склоном главного конуса. Западный его склон соприкасается с крайней западной вершиной, а северный — с ледником. Кратер действующего конуса диаметром около 200 м в поперечнике. Как в кратере, так и на внешних склонах близ кратера выделяются сильные струи газа. Временами они выделяются и из крайней третьей вершины.

Об извержениях Жупановского вулкана очень мало известно. С. П. Крашенинников писал о нем: «на верху в разных местах курится из давних лет и временами гремит, только огнем не горит»¹.

Излияния лавы из Жупановского вулкана произошли в 1776 и 1882 гг., а слабые взрывы, сопровождавшиеся выбрасыванием небольшого количества вулканического песка — в 1925 и 1940 гг.

Деятельность Жупановского вулкана выражается в интенсивных выделениях газовых струй и в очень редких извержениях лавы и рыхлого вулканического материала.

Малый Семячик представляет собой отдельный вулканический хребтообразный массив, возвышающийся над долом².

Абсолютная высота самой высокой северной его части 1 553 м. Длина вершины — около 3 км. На западном

¹ С. Крашенинников. Описание земли Камчатки. 1786, т. 1, стр. 42.

² Долом камчадалы называют слабо холмистую равнину, возвышающуюся над зоной леса и высокого кустарника.

склоне в северо-западной части вулкана находится небольшой ледник.

Вулкан возник в северной части дна образовавшейся здесь большой, диаметром до 10 км, кальдеры.

Формирование Малого Семячика связано с подъемом лавы из одного вулканического очага, но по разным вулканическим каналам. Последние последовательно перемещались в юго-западном направлении.

В первую стадию образовался высокий *стратовулкан* с глубоким кратером, затем канал переместился несколько к югу и образовался в пределах первого кратера новый, второй кратер, так называемый эксцентрический гнездовой кратер. Деятельность последнего была кратковременной.

Через некоторое время рядом к юго-западу прорвался новый канал, причем вулканическая деятельность, в результате которой образовался большой кратер, была очень интенсивной. Потом вулканический канал переместился к западу, но в пределах кратера, и образовался новый эксцентрический гнездовой кратер. Наконец, в последнюю стадию, срезая части кратеров, возникших в предыдущую стадию, образовался к юго-западу ныне действующий кратер Троицкого.

Все предыдущие кратеры засыпаны мелкими обломками лавы — лапилли. На дне кратера Троицкого находится зеленое озеро, площадью около четверти кв. км. С отвесных стенок кратера, высота которых достигает до 200 м над озером, открывается исключительный по красоте вид на озеро и на весь кратер... Кажется, что озеро наполнено не водой, а масляной краской, настолько цвет воды озера густ и мало прозрачен. Цвет озера не однороден. Около устья ручья, текущего со стенок кратера, оно имеет зеленовато-желтый оттенок и бледнозеленый около юго-восточных фумарол. Последние сосредоточены, кроме юго-восточной части, еще в восточной и северной, но наиболее мощные, газы которых часто поднимались выше стенок кратера, были расположены как раз в юго-восточной части. Газы из них в 1946—1947 гг. выходили непрерывно с сильным шумом, напомиравшим по виду и силе выпуск пара из паровоза.

Лавы Малого Семячика — андезито-базальтовые и базальтовые. Они изливались в различные стороны, но главным образом к югу и юго-западу и отчасти к за-

паду. Особенно хорошо морфологически выражены потоки глыбовой лавы на юго-западном склоне вулкана. Здесь видно шесть потоков, причем каждый последующий, кроме второго, короче предыдущего.

Вид первого потока, в значительной части засыпанного песком и мелкими обломками последующих извержений, можно сравнить с темносерой песчаной пустыней, на которой кое-где торчат небольшие каменные «кустики» — вершины кекур.

Вид второго потока можно сравнить с каменным кустарником, частично занесенным песком.

Вид третьего потока — это каменный кустарник с отдельно выделяющимися каменными деревьями, а вид четвертого потока — каменный лес, состоящий из причудливых деревьев. Пятый и шестой потоки, которые кончаются на перегибе от крутого к более пологому склону, представляют хаотические нагромождения различных по форме глыб лавы.

Все потоки кончаются, не доходя леса. Только часть второго потока спустилась в лесную зону. Он, как и другие, не покрыт растительностью. Следовательно, излияние этого потока и последующих было совершенно недавно. Может быть, около сотни или несколько больше лет назад.

В отличие от упомянутых потоков более древняя лава, находящаяся на южном склоне, — волнистая. Она образует различные формы, похожие то на черепаху, то на дракона или другие фигуры.

Вулканическая деятельность Малого Семячика заключается в редких взрывах и в фумарольной деятельности. Одно из таких весьма сильных извержений — взрывов произошло около 1800 г. К. Дитмар, который был около этого вулкана в 1852—1854 гг., приводит следующие слова местного старшины-тойона. «По словам старого тойона, лет 50 назад, во время сильного извержения, этот вулкан разрушился. Гора, как думает тойон, раньше имела вид полного конуса и была выше других вулканов этой местности и только в то время приняла свой современный вид. При этой огромной катастрофе вся здешняя местность покрылась щебнем и пеплом, ручьи и реки были засыпаны, все леса на реках Жупановой и Семячик были уничтожены, причем деревья были занесены до кроны. Реки изменили тогда свое течение, на них открылись

новые пороги и водопады. Еще теперь видно, внешние воды прорывают новые глубокие ложбины по высоко насыпанной рыхлой почве щебня; целые деревья от края до вершины вертикально стоят в массе щебня»¹.

Следующее незначительное извержение или усиление фумарольной деятельности произошло в 1852 г. В 1854 г. продолжались еще выделения газов, но затем наступил период покоя и в начале XX в. он рассматривался как потухший вулкан.

Никаких признаков вулканической деятельности не было замечено до 1944 г. Еще 12 июля 1942 г., по словам местного охотника Ф. М. Григорьева, на месте кратера Троицкого было небольшое углубление, заполненное снегом, а в среднем кратере росли мхи.

Возобновление вулканической деятельности Малого Семячика началось весной 1944 г. В это время и весной 1945 г. на склонах южной части (где расположен кратер Троицкого) вулкана снег стаял значительно раньше, чем в предыдущие годы, а с июля 1945 г. вулкан начал «дымить».

Самые сильные выделения газов происходили в сентябре и октябре 1945 г. Извержения темных с пеплом туч наблюдались четыре раза. Последнее — в августе 1946 г.

Таким образом, вулканическая деятельность многократного Малого Семячика выражалась сначала во взрывной деятельности и излияниях лавы, затем в последовательном перемещении вулканических каналов и в новых излияниях лав и, наконец, в сильном взрыве наподобие бандайсанского, в результате которого образовался кратер Троицкого. Вскоре наступил период покоя, который прервался в середине XIX в. кратковременным небольшим извержением и затем, до 1945 г., не проявлял никаких признаков вулканической деятельности.

Вулкан Кизимен (Щапинская сопка) высотой около 2 800 м, расположен около западного склона хребта Тумрок на сбросовой² линии северо-восточного направления.

¹ К. Дитмар. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851—1855 гг. СПб., 1901, стр. 651—652.

² Почти вертикальное перемещение по разрыву (по трещине, простирающейся иногда на большое расстояние) одной части пород по отношению к другой.

Вершина вулкана состоит из двух небольших выступов, соединенных гребнем. Действующий кратер находится у восточного выступа и открыт к северу. Кратер наполнен свежей глыбовой лавой, спускающейся несколькими потоками вниз по склонам, из которых наиболее длинный поток, излившийся на северном склоне, окончился примерно на высоте 700 м над уровнем моря. Склоны вулкана у вершины и в средней части — более крутые, а у подошвы более пологие.

В верхней части северного и северо-восточного склонов много коротких потоков лавы, излившихся из кратера. На западном и южном склонах в верхних их частях и в обрыве в нижней части северного склона вулкана выходят сплошные лавовые массы. Ниже их — много обломков пород. Ледников на вулкане нет, несмотря на его значительную высоту (неизвестно только в отношении западного склона).

Вулкан возник в конце ледникового периода или вскоре после него. Он образовался в результате выжимания из сравнительно узкого вулканического канала вязкой андезитовой лавы и благодаря этому имеет форму купола с веерообразным (в разрезе) внутренним строением.

При выжимании купола образовалось много обломков, которые в виде осыпи покрывают нижние его склоны. Затем из кратера излилось несколько темных лавовых потоков. Таким путем вулканический купол перешел затем в кратерный вулкан, и выжимание лавы сменилось взрывной деятельностью и излияниями ее.

Самые молодые потоки слегка покрыты почвой и зеленым мхом, поэтому предполагают, что они излились, вероятно, недавно, около 100—150 лет назад.

Очень мало известно о вулканической деятельности Кизимена. Первые сведения о нем как о действующем вулкане и о том, что он начал фумарольную деятельность, примерно в 1825 г., были даны К. Дитмаром. О последующей его вулканической жизни, особенно об извержениях, сведений не имеется.

Со слов местных жителей, извержение произошло в конце 1928 г. Появились густые клубы газа, переполненные вулканическим песком, который падал на снег. По ночам был виден «огонь». В это же время происходили частые землетрясения. Извержение и землетрясения окончились в середине января 1929 г.

Извержение было чисто взрывное и не сильное. В настоящее время интенсивно выделяются сернистый газ и сероводород с парами воды из сольфатар, расположенных в верхней трети северного склона вулкана.

Как видим, на Камчатке среди действующих вулканов находятся разнообразные, по своей активности, по типу деятельности, по форме и по составу вулканы.

К наиболее активным относятся: вулкан Ключевской (34 цикла извержений), Карымский (16 циклов) и Авачинский (16 циклов).

К активным — Шивелуч, Горелый хребет и Мутновский (по 6 циклов у каждого), Плоский Толбачик (5 циклов) и к слабоактивным Жупановский (4 цикла), Малый Семячик (3 цикла), Коряка, Ксудач, Ильинский и Кизимен (по одному извержению у каждого).

Из них к *стромболианскому* типу вулканической деятельности относятся *Ключевской*; к *вулканскому* — *Ключевской*, *Карымский*, *Авачинский*, *Шивелуч*, *Горелый хребет*, *Мутновский*, *Жупановский*, *Ксудач*; к промежуточному *гавайско-стромболианскому* *Плоский Толбачик*; к типу, близкому к *пелейскому*, — *Авачинский*, *Шивелуч*; к *бандайсанскому* — некоторые извержения *Ильинского* и *Малого Семячика*.

В настоящее время не наблюдаются характерные проявления гавайского типа вулканической деятельности, но они, вероятно, происходили на Камчатке в недавнем прошлом на Плоском Толбачике.

Затухающие вулканы

Вулканы после своего возникновения изменяются, претерпевают целый ряд преобразований, то разрушаясь, то вновь возникая, но живут они лишь до тех пор, пока в их вулканических очагах имеется достаточное количество вулканической энергии.

С ее уменьшением жизнь вулкана начинает отмирать, деятельность его постепенно уменьшается. Он засыпает. Когда же полностью будет исчерпана энергия, вулкан прекращает всякую деятельность, заканчивается его активная жизнь. Вулкан потух.

Затухающие вулканы, находящиеся в настоящее время в сольфатарной стадии деятельности, расположены главным образом около Кроноцкого озера.

К северо-востоку от него находятся вулканы Комарова и Гамчен, к востоку — Кроноцкий, а к югу расположена целая группа таких вулканов — Узон, Кихпиныч, Бурлящий и Собственно Центральный Семаячик.

Вулкан Комарова (Заповедный) имеет шапкообразную форму. У него два кратера, один из которых расположен на вершине, другой — на юго-западном склоне вблизи вершины.

В последнем находится выемка, через которую происходили излияния лавы. Потоки лавы широко распространялись по южному и восточному склонам.

В настоящее время из кратера выделяются струи газов, причем особенно интенсивно и почти непрерывно — из западной части кратера. В апреле 1941 г. газовые струи поднимались до 200 м над кратером.

В результате воздействия газов, состоящих из сероводорода и, может быть, сернистого газа и, конечно, паров воды, на породы восточной части кратера они превратились в светлосерые, большей частью глинистые или алунитовые породы.

Вулкан Гамчен, вероятно, сдвоенный вулкан. Он состоит из двух конусов, из которых южный более высокий с раздвоенной вершиной поднимается до 2 600 м. У северного конуса вершина как бы срезана.

С западной стороны вулкан окружен кольцеобразным гребнем. С восточной же стороны вулкана находятся шлаковые конусы.

Вулканическая деятельность Гамчена в настоящее время выражается только в выделении струй газа.

Кроноцкий вулкан. Правильная коническая его форма с радиально идущими барронкосами; значительная его высота равна 3 730 м; летом зеленый, а осенью золотисто-красный лесной пояс, окаймляющий его; местонахождение на берегу Кроноцкого озера и недалеко от океана и, наконец, снеговая шапка, которой покрыта вершина вулкана значительную часть года, — все это, вместе взятое — высота, форма и сочетание красок вулкана, леса, моря и неба, — создает чарующую картину.

Особенно красив он ранним утром или под вечер, когда покрытая синевой нижняя часть вулкана сливается с лазоревой далью, и кажется, что этот грандиозный и в то же время грациозный, сияющий на солнце синеваторозовый конус оторвался от земли и реет в воздухе.

Кроноцкий вулкан настолько красив и величественен, что поклонники его считают, что он является вторым по высоте вулканом Камчатки. В действительности его высота равняется высоте вулкана Острый Толбачик, и оба они являются четвертыми по высоте на Камчатке.

И если считают¹, что самым красивым в мире вулканом является Фудзи-сан (Фудзияма), священная гора Японии, то с полным правом можно сказать, что наш Кроноцкий вулкан, не упоминая уже Ключевского вулкана, — не уступает по своей красоте Фудзи-сану.

Кроноцкий вулкан не имеет кратера. Вершина его изобилует скалистыми глыбами, которые, по всей вероятности, являются остатками лавовой пробки, заткнувшей канал вулкана.

Время от времени появляются сведения, что из вершины Кроноцкой сопки выделяются струи газов. Подобная деятельность была замечена в ноябре 1922 г., в апреле 1941 г., в октябре 1946 г.

В ясный и тихий день 13 апреля 1941 г. с 12 до 13 час. 40 мин. Кроноцкий вулкан выделял мощную струю пара, достигавшую порой 600 м высоты над вершиной вулкана. Временами выделялись с южной стороны, немного ниже вулкана, три струи газов. Центральная струя поднималась прямо вверх, а две боковые, высота которых была меньше первой, шли наклонно, в стороны от центральной струи.

Повидимому, Кроноцкий вулкан еще окончательно не потух и изредка проявляет очень слабую деятельность.

Вулкан Узон (Горящий дол) является одним из своеобразных вулканических сооружений. Он представляет собой кальдеру, размером 9×12 км, находящуюся среди слабохолмистой горной равнины, возвышающейся до 1 000 м над уровнем моря. Кальдера как бы врезана в относительно ровную поверхность дола. Только западный край гребня ее выше дола. Здесь возвышаются два пика—Бараний, высотой 1 540 м, и Красный пик—1 320 м, имеющие к западу нормальный склон, а к востоку — обрыв.

Эти пики — остатки возвышавшегося здесь некогда высокого, около 3 000 м высотой, базальтового *стратовулкана*.

¹ Т. К. Тиррель. Вулканы, ОНТИ, 1934; стр. 5

Сложная жизнь была у Узона. Сильные взрывы, провалы, снова взрывы в корне изменили первоначальный конусообразный высокий вулкан. Образовалась кальдера, а затем на ее дне — воронка взрыва — маар, диаметром в 1 км, ныне заполненная озером. На этом взрыве окончилась извергающая деятельность вулкана Узона и началась фумарольная, перешедшая затем в сольфатарную стадию.

Внутренние склоны кальдеры крутые, местами отвесные, изрезанные многочисленными оврагами. Дно кальдеры, высота которого над уровнем моря 600—700 м, имеет в разных своих частях различный характер. Первоначально вся кальдера была заполнена озером, пока вода не пропилила себе в борту кальдеры ущелье, по которому и потекла река, называемая ныне рекой Шумной.

Дно кальдеры, особенно между Бараньим ликом и озером, заполнившим воронку взрыва, изобилует сольфатарами, горячими источниками, грязевыми ключами и грязевыми коническими и котлообразными вулканчиками.

Газы, преимущественно пары воды и сероводород, интенсивно выделяются из сольфатар и имеют температуру 70—97°. Сероводород частично окисляется, и образуется серная кислота, которая действует многие и многие годы на вулканические породы и превращает их в глины, часто пропитанные кристаллами серы, гипса и других минералов типа квасцов.

Узон представляет собой интересную и своеобразную картину, особенно осенью, когда травяной покров уже стал коричневым и вся окружающая горная равнина (дол) приняла холодную однотонную окраску. Подойдя к краю кальдеры Узона, на смену отживающей природе, непосредственно окружающей вас, открывается вид на расположенный в кальдере зеленый оазис, затерянный среди коричневой пустыни.

Обилие теплых источников и сольфатар на дне кальдеры, защищенных отчасти высокими ее стенками, создало условия, благодаря которым растут на дне не только кустарники, но и деревья, а также теплолюбивые ковроводобные растения. Кроме того, листва деревьев и кустарников долго остается зеленой.

Кихпинич представляет собой сильно разрушенный вулканический массив, состоящий из трех составных

сооружений: гребнеобразных скал — остатков древнего конуса, Белой вершины и конуса Савича.

Остатки конуса представляют собой длинный гребень, вытянутый на северо-северо-восток. Его западный склон достаточно крутой, а восточный представляет обрыв, разделенный тремя поперечными короткими гребнями на четыре цирка. Нижние части этого вулкана сложены дацитовой лавой, а верхние — дацитовыми туфами, которые под воздействием газов сильно изменены.

Последовавшее затем возобновление вулканической деятельности привело к образованию нового вулкана — *Белая вершина*. По форме она представляет большой холм с пологими очертаниями, рассеченный долиной. Этот холм с востока и юго-востока окружен гребнем.

Последующая фумарольная и сольфатарная деятельность сильно изменила породы. Они изменили и свой состав и свою окраску, стали светложелтыми, почти белыми.

Последнее проявление вулканической деятельности выразилось в образовании в северо-восточной части Кихпиныча, на остатке самого древнего конуса, — нового конуса Савича. Его относительная высота 115 м, а абсолютная — 1 554 м. На вершине конуса — кратер диаметром 70 м и глубиной 30 м. Состав пород, составляющих этот конус, андезитовый и такой же состав лав, излившихся из него в недалеком прошлом.

Последующая сольфатарная деятельность также сильно изменила породы около кратера. Они превратились в глинистые породы, окрашенные в красные цвета различных оттенков.

Деятельность конуса Савича выражается только в выделении струй газа из кратера и у вершины вулкана. Выделения газа не постоянны. Они то усиливаются, то ослабевают. Иногда эти тонкие струи газа поднимаются на высоту около 200 м над кратером.

Вулкан Собственно Центральный Семячик. К юго-западу от вулкана Кихпиныч расположена группа вулканов Большого Семячика. Вулканическая деятельность вулканов Центрального Семячика и Бурлящего, входящих в эту группу, еще не окончилась. Остальные потухли.

Центральный Семячик представляет собой очень сложный вулкан. Он состоит из 16 вулканических со-

оружений, расположенных на площади в 40 кв. км. Сольфатарная деятельность наблюдается только в двух-кратерном разрушенном андезито-базальтовом стратовулкане, который будем называть Собственно Центральным Семячик. Кратеры расположены в северной и южной частях вулкана. Они отделены друг от друга гребнем и открыты: северный — в северную сторону, а южный — к югу. Последнему сейчас же по выходе преграждает путь высокий, более молодой, лавовый хребет.

Дно южного, так же как и северного кратера, усеяно оврагами и хребтиками. Благодаря энергичному и продолжительному сольфатарному воздействию, породы дна обоих кратеров сильно изменены и превращены в глины и в другие, богатые опалом (минералом, состоящим из кремнезема и воды), белые и светложелтые породы с многочисленными выделениями кристаллов гипса.

В южном кратере много выходов сольфатар, температура которых достигает 90°. Кроме действующих сольфатар, много потухших. Как первые, так и вторые представляют собой бугры, выложенные блестящими желтовато-зелеными кристаллами серы.

Деятельность северного кратера более интенсивная и разнообразная. Здесь выделяется много струй сероводорода, бьют кипящие ключи, расположенные в нишах, на стенках и сводах которых образуются кристаллы серы. Окружающая котлы порода превращается в сметанообразную густую жидкость светложелтого цвета. Живописными узорами на почве образуются квасцовые минералы, которые возникают в результате окисления сольфатарных газов и взаимодействия их с почвой. Здесь же бурлят и временами изливают маленькие грязевые потоки и образуются грязевые вулканчики. И, наконец, здесь же находятся горячие источники и горячее Черное озеро, размером 30 × 10 м; оно представляет собой непериодически действующий гейзер, о котором в дальнейшем будет сказано более подробно. Все это вместе взятое говорит о еще достаточно интенсивной деятельности этого кратера.

Бурлящий вулкан находится в двух километрах к северу от северного кратера Собственно Центрального Семячика. Это невысокий вулкан, абсолютная высота которого 1 100 м, а относительная с юга 30—50 м, а с севера около 200 м. Западная часть ниже восточной.

Наружные склоны его сложены из лавы и вулканических туфо-брекчий андезито-базальтового состава. Центральная же часть вся изменена. Первоначальные темно-серые породы ее превратились в белые, светложелтые, желтые, светлорозовые и другие разнообразных оттенков опаловые породы, а также в серо-синие глины и глиноподобные породы.

Со дна кратера этого вулкана и особенно с внутреннего восточного склона поднимаются многочисленные струи, главным образом, водяного пара и сероводорода. Особенно много их на ровной площадке дна кратера, где эти струи создают временами сплошную газовую завесу.

Газы из наиболее сильной сольфатары выдуваются из отверстия диаметром около 0,5 м. Температура ее вблизи отверстия равняется 150°. Сольфатара дает обычно очень мощную струю пара и иногда настолько сильную, что газы поднимаются в высоту на 500 м и выше.

На дне кратера много небольших грязевых вулканчиков различной формы: конусы, массивчики, грязевые котлы. Сольфатарная деятельность в этом вулкане настолько интенсивна, и так много в нем выходов струй газа, что ее можно назвать «долиной тысячи дымов».

Вулкан Кошелева поднимается на юге Камчатского полуострова и имеет высоту в 1900 м. Он представляет собой конический вулкан, сложенный базальтовой и андезитовой лавами. В дальнейшей жизни северная часть его опустилась и образовалась кальдера.

Однако вулканическая деятельность продолжалась. Признаками недавних извержений служат свежие лавовые потоки, шлаковый конус, две большие сольфатары, выделяющие водяной пар и сернистый газ, а также большое количество горячих источников. Кроме того, существует указание, хотя и не подтвержденное, что в конце XVII в. произошло сильное извержение этого вулкана.

Вулкан Опала расположен к западу от главной восточной линии вулканов (от вулканов Горелый хребет и Мутновский). По форме он представляет правильный конус с радиальными барранкосами на его склонах. Высота его 2470 м.

Состав его лав андезитовый, но на северо-восточном склоне вулкана находится впадина, похожая на боковой кратер, заполненная кислой лавой — дацитом или риолитом.

Непосредственно к конусу Опалы примыкает с юга хребтообразная масса глыбовой андезитовой лавы. В ней много ям. Из трех ям в 1894 г. выделялись пары и газы. Кроме того, у подножия вулкана выделяются струи пара с запахом серы.

Имеется также неподтвержденное указание на сильную его вулканическую деятельность в XVIII в.

Таким образом, к числу затухающих вулканов на Камчатке, — вулканов, находящихся в сольфатарной стадии — относятся девять вулканов, из них в наиболее активной сольфатарной стадии находятся: Узон, Бурлящий и Собственно Центральный Семячик. К наименее активным, почти совсем потухающим — Кроноцкий и Опала. Остальные занимают по своей активности промежуточное между ними положение.

Потухшие вулканы

По сравнению с числом действующих и затухающих вулканов число потухших значительно больше.

Они находятся не только в восточной полосе полуострова и в Срединном хребте, но и частично вдоль западного побережья Камчатского полуострова.

Среди потухших находятся также вулканы, которые действовали в недалеком прошлом и которые окончили свою жизнь в более отдаленные времена. Первые распознаются по неизмененному виду вулканов, по свежим лавовым потокам, не покрытым еще ни растительностью в более низких местах, ни мхом в более высоких, да и по ряду других признаков.

К числу недавно потухших относятся вулканы Безымянный, Крашенинникова, Тауншиц, Юрьевский и некоторые другие.

Среди потухших вулканов самыми высокими, но различными по своей форме и по своей вулканической жизни являются вулканы Камень и Плоский.

Вулкан Камень имеет высоту 4 617 м, — он немного ниже Ключевского. Камень — конусообразный андезито-базальтовый *стратовулкан*. Он очень похож по форме и по своей бывшей вулканической деятельности на Ключевскую сопку и расположен рядом с последней. Нижняя половина его северо-восточного склона соприкасается со склоном Ключевского вулкана. Образовался Камень,