



# ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Процессы внутренней динамики

Вулканы, их типы. Катастрофические извержения, их последствия, прогноз.

## **Вулканизм.**

Если жидкий магматический расплав достигает земной поверхности, происходит его извержение, характер которого определяется составом расплава, его температурой, давлением, концентрацией летучих компонентов и другими параметрами. Одной из самых важных причин извержений магмы является ее дегазация. Именно газы, заключенные в расплаве, служат тем «движителем», который вызывает извержение. В зависимости от количества газов, их состава и температуры они могут выделяться из магмы относительно спокойно, тогда происходит излияние, эффузия лавовых потоков. Когда газы отделяются быстро, происходит мгновенное вскипание расплава и магма разрывается расширяющимися газовыми пузырьками, вызывающими мощное взрывное извержение - эксплозию. Если магма вязкая и температура ее невысока, то расплав медленно выжимается, выдавливается на поверхность, происходит экструзия магмы.

Таким образом, способ и скорость отделения летучих определяют три главные формы извержений: эффузивное, эксплозивное и экструзивное. Вулканические продукты при извержениях бывают жидкими, твердыми и газообразными.

### **Продукты извержения вулканов.**

Газообразные продукты или летучие, как было показано выше, играют решающую роль при вулканических извержениях и состав их весьма сложен и изучен далеко не полностью из-за трудностей с определением состава газовой фазы в магме, находящейся глубоко под поверхностью Земли. Состав газов и их концентрация очень сильно меняются в пределах одного вулкана от места к месту и во времени. Зависят они и от температуры и в самом общем виде от степени дегазации мантии и от типа земной коры. По данным японских ученых, зависимость состава вулканических газов от температуры выглядит следующим образом.

Наиболее высокотемпературные газы являются скорее всего ювенильными, т.е. первичными магматическими эманациями, тогда как при более низких температурах они явно смешиваются с атмосферным воздухом и водой, которая проникает в вулканические каналы по многочисленным трещинам. Такая атмосферная вода называется вадозной (вадозус - неглубокий, лат.). Ниже +100С пары воды превращаются в жидкость, которая реагирует с малорастворимыми соединениями типа HCl, образуя агрессивные кислоты. В газах Ключевского вулкана на Камчатке при 800-300°С преобладали H<sub>2</sub>, HF, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>; при 200-150С - H<sub>2</sub>, HCl, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>; при 100-50С - CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>; при 81-50С - CO<sub>2</sub>. Газы континентальных вулканов отличаются от газов вулканов, расположенных на островах в океанах.

Состав газов очень изменчив, не только в разных типах вулканов, но даже и в пределах одного вулкана, что хорошо показал известный французский вулканолог Г.Тазиев, на примере газовых эманаций вулкана Стромболи в Липарских островах у северного побережья

Сицилии. Содержание и состав газов непрерывно изменялись при опробовании через каждые две минуты. Как уже говорилось, вулканические газы - это главный движитель извержений. Характер выделения газов зависит от состава и вязкости магмы, а скорость отделения газов от расплава определяет тип извержений.

### Жидкие вулканические продукты

Магма, поднимаясь вверх по каналу и, достигнув поверхности Земли, изливается в виде лавы (лаваре - мыть, стирать, лат.), отличающейся от магмы тем, что она уже потеряла значительное количество газов. Термин лава вошел в геологическую литературу после того, как он стал использоваться для излившейся магмы Везувия.

Главные свойства лавы - химический состав, температура, содержание летучих, вязкость - определяют характер эффузивных извержений, форму, структуру поверхности

и протяженность лавовых потоков. Если вязкость у лав низкая, то они могут растекаться, покрывая большие пространства и далеко уходя от центра излияния. Высокая вязкость, наоборот, вынуждает лавы нагромождаться недалеко от места извержения, а кроме того, они текут гораздо медленнее, чем маловязкие лавы.

Температура лав может быть измерена непосредственно при извержении специальными приборами, пирометрами, а также путем экспериментов в лабораторных условиях. Температура извергающихся лав, в целом, более высокая у базальтов постепенно снижается к риолитам.

Характер цвета лавы отражает ее температуру, на чем, собственно и основано действие пирометра, в котором накал нити, регулируемый электрической батареей, должен достичь цвета лавы, после чего температура вычисляется по специально градуированной шкале.

Изменение температуры с помощью этих признаков, можно хорошо наблюдать, например, по кинофильмам, иллюстрирующим извержения базальтовых вулканов на Гавайских островах. Цвет лавы очень быстро изменяется от ярко-желтого до темно-красного, а на поверхности потока остывшая черная корочка, толщиной в 20 см вполне выдерживает вес человека. Но под верхней, остывшей коркой, имеющей очень низкую теплопроводность, лава еще длительное время остается горячей. Некоторые лавовые потоки даже через 30-50 лет сохраняют высокую температуру, явно выше 100°C.

Плотность лав зависит от состава и флюидной динамики потока, но в целом она выше у базальтов - 2,8-2,6 г/см<sup>3</sup>, меньше у андезитов - 2,5 г/см<sup>3</sup> и еще меньше у риолитов - 2,2-2,1 г/см<sup>3</sup>, при этом плотность уменьшается с увеличением температуры. Например, для базальтов с температурой 900°C -  $\rho = 2,8$  г/см<sup>3</sup>, а при 1300 градусах -  $\rho = 2,7-2,6$  г/см<sup>3</sup>

Вязкость лав - важная характеристика, определяющая подвижность лавовых потоков, их мощность и морфологию. Вязкость лав контролируется давлением, температурой, химическим составом, содержанием летучих, в частности, растворенной воды, количеством газовых пузырьков и содержанием кристаллов - вкрапленников. Все эти факторы действуют одновременно и поэтому вклад каждого из них оценивается с трудом. Чем ниже температура, тем выше вязкость. Увеличение содержания летучих приводит к ощутимому снижению вязкости лав. Чем более кислая лавы, тем ее вязкость выше. Количество вкрапленников в лаве влияет на ее вязкость при постепенном увеличении их количества сначала незначительно, но, затем, после порога в 60% возрастает почти мгновенно.

Строение лавовых потоков, как в плане, так и в разрезе сильно зависит от их химического состава и других факторов, рассмотренных выше.

Базальтовые лавовые потоки, как правило, имеют небольшую, в первые метры мощность, и распространяются на многие десятки км, например, на Гавайских островах до 60 км. Миоценовые базальтовые лавовые потоки в долине р. Колумбии на западе США имеют длину до 160 км при максимальной мощности потока до 45 м.

Поверхность базальтовых лавовых потоков формируется за счет быстрого остывания тонкой корочки и пока она еще не потеряла пластичность, происходит ее волочение и сморщивание, наподобие пенки у остывшего киселя. Газовые пузырьки, поднимающиеся сквозь поток, скапливаются под этой корочкой и могут ее даже приподнимать над еще не остывшей лавой. Такая поверхность, напоминающая лежащие канаты называется пахоэхоэ («волнистая», гавайский термин). Эти «канаты» всегда направлены выпуклостью по направлению движения потока.



Канатная лава, Канарские острова  
(фото А.Б. Белоусова)

Так как с поверхности и с боков потока лава остывает быстрее, а в центре еще продолжается движение

поступающих новых порций расплава, то в потоке образуется труба, потому, что последние порции жидкой лавы ушли в головную часть потока.

Поверхность пахоэхоэ осложняется вторичными структурными формами – «пальцами», холмами, грядами, куполами выдавливания, за счет прорыва затвердевшей корки еще жидкой лавы при повышении гидростатического давления. Это же давление ответственно за формирование конусов разбрызгивания - горнитосов, сложенных остывшими брызгами лавы, вырвавшейся под давлением через треснувшую корку.

Другой тип поверхности базальтовых потоков называется аа-лавой и представлен остроугольными обломками лав с многочисленными шипами, отходящими во все стороны от обломков и образующимися при растягивании еще вязкой корки потока, которая неоднократно дробится и вновь возникает. Так формируется поверхность аа-лавы, мощностью в первые метры.



Аа-лава извержения вулкана Неокамени, остров Санторин  
(фото Н.В. Короновского)

В этих двух видах потоков скорость движения нижних горизонтов меньше, чем верхних, поэтому фронтальная часть потока со временем становится круче и с его верхней части скатываются глыбы и целые блоки, образующие осыпь у подножья фронтального уступа, на который постепенно «наезжают», как гусеница у танка, новые порции потока. Так, в основании потока формируется прослой лавобрекчии, т.е. обломки лавы,

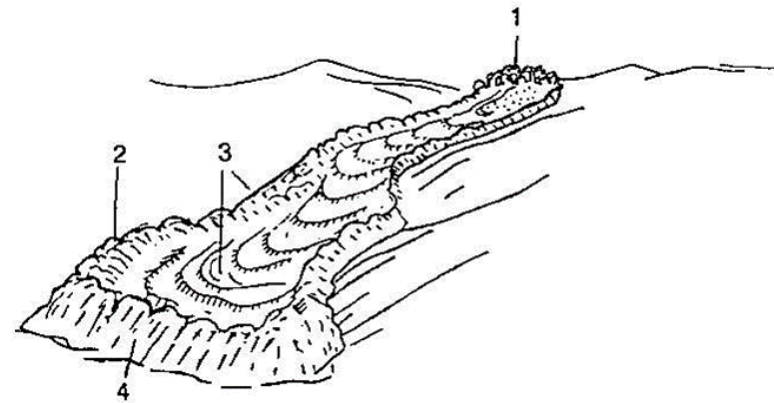
лавой же сцементированные, а его верхнюю часть составляют аа-лавы. Иногда на поверхности аа-лав встречаются шаровидные глыбы - аккреционные лавовые шары, диаметром в 2-3 м, образовавшиеся в результате налипания на глыбу еще вязких кусков лавы, когда глыба перекачивается в верхней части потока.

Глыбовая лава, отличается от аа-лавы только отсутствием шипов на остроугольных обломках и более гладкой поверхностью, иногда почти зеркальной. Классические глыбовые лавы наблюдаются в голоценовых, самых молодых дацитовых потоках Эльбруса, например вдоль канатной дороги от поляны Азау до верхней станции Мир. Глыбовые лавы имеют большую вязкость, чем аа-лавы, поэтому они чаще встречаются в андезитовых, дацитовых и риолитовых лавах. Внутренние части этих потоков нередко обладают слоистой текстурой, связанной с взаимным скольжением слоев разной вязкости. Если фронтальная часть потока уже застыла, а лава продолжает поступать, то слои



начинают изгибаться вверх, образуя тонкопластинчатую отдельность.

В плане и в разрезе лавовые потоки характеризуются наличием бортов или бортовых гряд, обычно возвышающихся над центральной частью потока. Эти гряды возникают из-за более быстрого и раннего охлаждения лавы, последующие порции которой движутся как бы уже в твердых лавовых «берегах». На поверхности потока между боковыми грядами возникают напорные валы, обращенные выпуклостью по движению потока, причем их высота увеличивается к фронту потока. Если лава очень жидкая, то потоки имеют уплощенную форму, хотя бортики и напорные валы сохраняются.



Андезитовый голоценовый лавовый поток на Кельском плато (Большой Кавказ): 1 – моногенный лавовый купол, 2 – борт потока, застывший раньше других его частей, 3 – напорные валы на поверхности потока, 4 – фронт потока

Столбы есть не что иное, как часть вулканической породы, но уже не лавы, ограниченной поверхностями трещин. Столбчатая отдельность лучше всего выражена в однородных базальтовых потоках в т.н. флуд-базальтах, но встречается в андезитах, дацитах и риолитах. Идеальная форма для столба в поперечном разрезе - это шестигранник, однако чаще встречаются четырех- и пятигранники. В разрезе лавового потока столбчатая отдельность занимает все



внутреннее пространство от верхней глыбовой корки до лавобрекчии в основании потока, располагаясь по отношению к ним, а, соответственно, и к субстрату - перпендикулярно. Всегда в столбчатой отдельности можно увидеть неровную линию, находящуюся примерно в 1/3 расстояния от кровли до подошвы, но ближе к последней. Вдоль этой линии ( в разрезе) и поверхности ( в плане) происходит как бы смыкание столбов, что обусловлено процессом их роста. На каждом столбе в той или иной степени различимы поперечные трещины, либо выступы, неровности и др. формы, разделяющие столб как бы на ряд шашек из которых он и сложен.

Во многих потоках можно наблюдать наклонные, изогнутые и даже закрученные вокруг своей оси столбы.

Когда лавовый поток останавливается и начинает остывать, то быстрее всего он охлаждается сверху и медленнее снизу. Охлаждение захватывает некоторую внешнюю зону и в ней возникают термонапряжения в силу уменьшения объема пород, образовавшихся из лавы.

Но, т.к. они связаны с неподвижным субстратом, то в породе возникают растягивающие напряжения и если они превысят прочность породы, то она растрескается, но не беспорядочно, а по определенным направлениям. Они возникают вследствие «выживания» только определенных центров охлаждения из многих, возникших первоначально в одном слое охлаждения. К этому центру и происходит как бы стягивание материала, а перпендикулярно этим линиям образуются плоскости трещин отрыва. Однако, они проникают только на такую глубину, на которой термонапряжения превысили прочность остывшей породы. Этот интервал глубины и выражен на столбах поперечными структурами - «следами зубила» (chisel marks - англ.). Следовательно, отдельность формируется как прерывистый процесс, причем столбы “растут” как сверху вниз, так и снизу вверх, но т.к. охлаждение сверху сильнее, то и столбы растут быстрее. Где-то столбы, растущие снизу и сверху встретятся и тогда возникнет неровная поверхность их встречи. Плоскость трещины всегда перпендикулярна

поверхности охлаждения, т.е. субстрату, что позволяет реконструировать древний рельеф, на который изливались лавы. Точно также возникает и столбчатая отдельность в интрузивных субвулканических телах.



Столбчатая отдельность в голоценовом лавовом потоке дацитов.  
Долина р. Азау, Эльбрус (фото Н.Л. Фроловой)

В глубоководных океанических рифтовых зонах, где гидростатическое давление препятствует эксплозивным извержениям, из трещин происходит выдавливание базальтовой лавы, как зубной пасты из тюбика. Как только порция лавы в виде капли попадает в воду, поверхность лавы мгновенно охлаждается и

превращается в стекловатую корочку, в то время как центральная часть образовавшейся лепешки еще расплавлена. Эта капля или, скорее «подушка», уплощается, т.к. она еще пластична, а на нее перемещается новая порция «подушек» и так возникает толща, называемая пиллоу или подушечными лавами.



Образование пиллоу лав. Из лавовой «кишки» выдавливаются новые порции лавы и тут же покрываются стекловатой корочкой

В разрезе остывших «подушек» хорошо видна раскристаллизованная внутренняя часть и стекловатая корочка, а сама «подушка» нередко нарушена радиальными и концентрическими трещинами, образовавшимися в результате сокращения объема при

остывании. Нижняя поверхность у подушек уплощена, а верхняя выпуклая. Это позволяет в древних толщах уверенно определять кровлю и подошву пластов, сложенных пиллоу-лавами.

Т.к. базальтовые пиллоу-лавы образуются в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов, впоследствии они входят в состав 2-го слоя океанической коры и в этом смысле крайне важны для геологических реконструкций, как порода-индикатор определенной глубоководной обстановки.

Более кислые и более вязкие, лавы андезитов, дацитов и риолитов, образуют, в отличие от базальтовых, короткие потоки, обладающие всеми признаками, описанными выше - бортами, напорными валами, крутым и высоким фронтом и, как правило, глыбовой поверхностью.

Если лава почти не способна к течению ввиду высокой вязкости, то выдавливаясь из жерла она образует экструзивные купола. Иногда они растут за счет

поступления новых порций лавы, нагромождающихся одна на другую; в других случаях напор лавы приподнимает уже застывшую первую порцию расплава.

Вулканические экструзивные купола достигают в высоту сотен метров, например, знаменитый купол Лассен-Пик в Калифорнии, в Каскадных горах США имеет высоту в 600 м. Очень характерны риолитовые, в том числе обсидиановые купола в Армении, в Мексике и в других местах. Для кислых лав экструзивных куполов типична тонкая флюидальность, как следствие ламинарного вязкого течения расплава. По периферии растущих куполов всегда образуются шлейфы мощных осыпей. Если экструзивный купол формируется в воде, то он окружен шлейфом гиалокластитов.

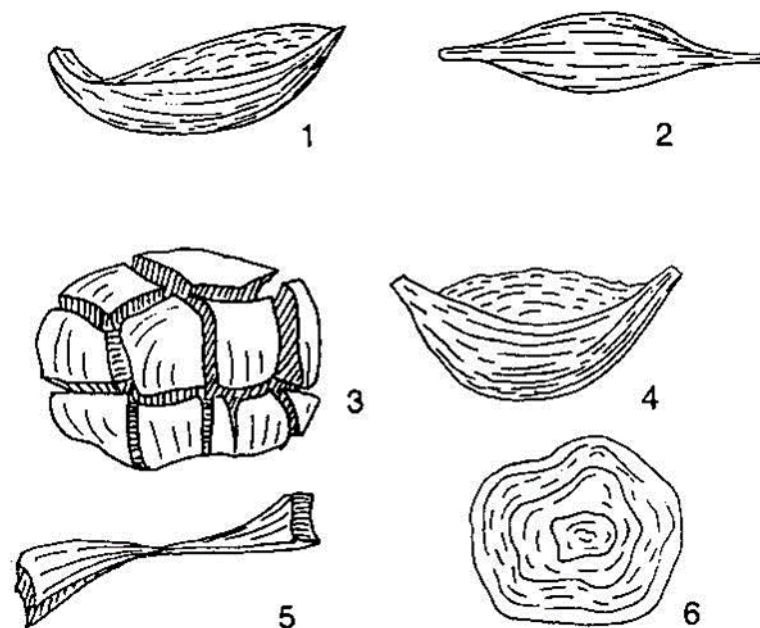
### **Твердые продукты эксплозивных извержений**

Помимо жидких продуктов - лав, при извержении вулканов, особенно эксплозивных, выбрасывается огромное количество твердого обломочного материала - тефры, как назвал его когда-то Аристотель. Сюда же

включаются выбросы жидкой лавы, в процессе полета быстро остывающей и падающей на склоны вулкана уже твердой.

Классификация тефры может основываться на различных признаках, в частности на размерах обломков. Наиболее крупными из них являются вулканические бомбы (более 7 см в диаметре). Выбрасываясь из жерла вулкана фрагменты разорванной газами магмы, обладая пластичностью, изменяют свою форму. Вращаясь в воздухе они приобретают веретенообразную форму, причем наветренная сторона бомбы отличается от противоположной. Жидкая лава дает струи, которые превращаются в ленточные или цилиндрические бомбы. Отдельные куски лавы, разорвавшись в воздухе, образуют сферические бомбы. Ряд бомб, сформировавшись, вновь падают в расплав, тогда формируются бомбы обволакивания. Если бомба падает, еще не полностью остыв, она сплющивается, называясь бомбой типа коровьей лепешки. Ряд бомб, остыв в полете с поверхности еще выделяют газы из внутренних частей,

которые разрывают уже почти твердую поверхность и называются бомбами типа хлебной корки.



Типы вулканических бомб: 1 – веретеновидная, односторонняя, 2 – веретеновидная; 3 – типа хлебной корки, 4 – двухполюсная веретенообразная, 5 – ленточная, 6 – типа «коровьей лепешки»

При взрывах выбрасываются не только фрагменты и хлопья лавы, но и куски и глыбы ранее затвердевших пород, в том числе и субстрата, захватываемых со стенок жерла. Тогда образуются бомбы типа глыб, с

неправильными гранями и более мелкие обломки, называемые лапилли (лапиллус - маленький камень, лат.).

Если лава фонтанирует, особенно во время извержения жидких базальтов, то образуются быстро застывающие капли, называемые слезы Пеле (богиня Гавайских вулканов), а если лава разбивается на тонкие стекловатые нити - они получают название волос Пеле.

Любое скопление глыб или лапиллей называется агломератом. Когда обломки лавы цементируются такой же лавой, получается порода, называемая лавобрекчией.

### **Вулканические постройки**

Вулканические постройки подразделяются на простые и сложные.

Простые или моногенные постройки представлены относительно небольшими вулканическими конусами разного генезиса, сформировавшиеся за одно или несколько извержений. Наиболее распространенные из них — это шлаковые конуса, на вершине которой

находится кратер (чашевидное углубление, кратер – чаша, греч.). Подобные вулканы образуются при выбросе обломков во время эксплозивных извержений и угол склона таких конусов чаще всего 30 градусов, т.е. близок к углу естественного откоса сыпучих тел. Высота конусов достигает 500 м.

Подобных конусов много на острове Гавайи. Иногда возникают конусы разбрызгивания, когда хлопья жидкой лавы шлепаются около жерла и постепенно образуют конусовидный небольшой вулкан. Существуют также пепловые конусы.

Неоднократные извержения базальтовой жидкой лавы создают вокруг центра излияния пологий, но обширный лавовый конус, который может превратиться в щитовой вулкан, столь характерный для районов базальтовых излияний: в Исландии, в Каскадных горах США, на Гавайских островах.

Сложные полигенные вулканические постройки состоят из конусов, образованных потоками лавы и

толщами тефры и называются стратовулканами (стратум – слой, лат.). Образуются они при чередовании эффузивных и эксплозивных извержений, при которых лавовые потоки и покровы тефры неравномерно наслаиваются на склоны растущего вулкана, нередко создавая правильные, изящные конусы, такие как у вулкана Фудзияма в Японии, Кроноцкого и Ключевского на Камчатке или Майон на Филиппинах. Высота стратовулканов достигает 3-4 км, считая от основания. На вершине вулкана располагается кратер, в донной части которого находится жерло – выводное отверстие подводящего канала.

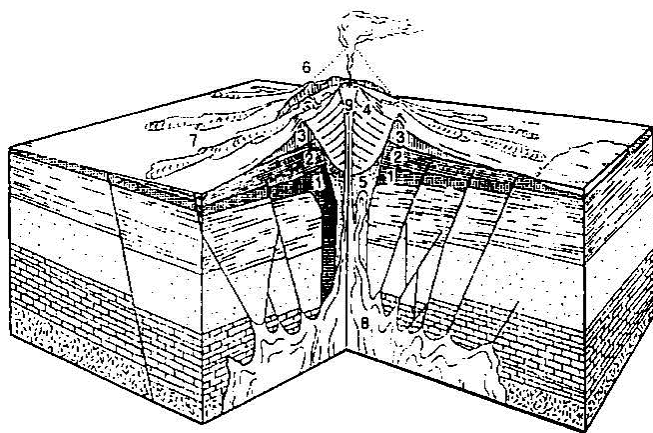
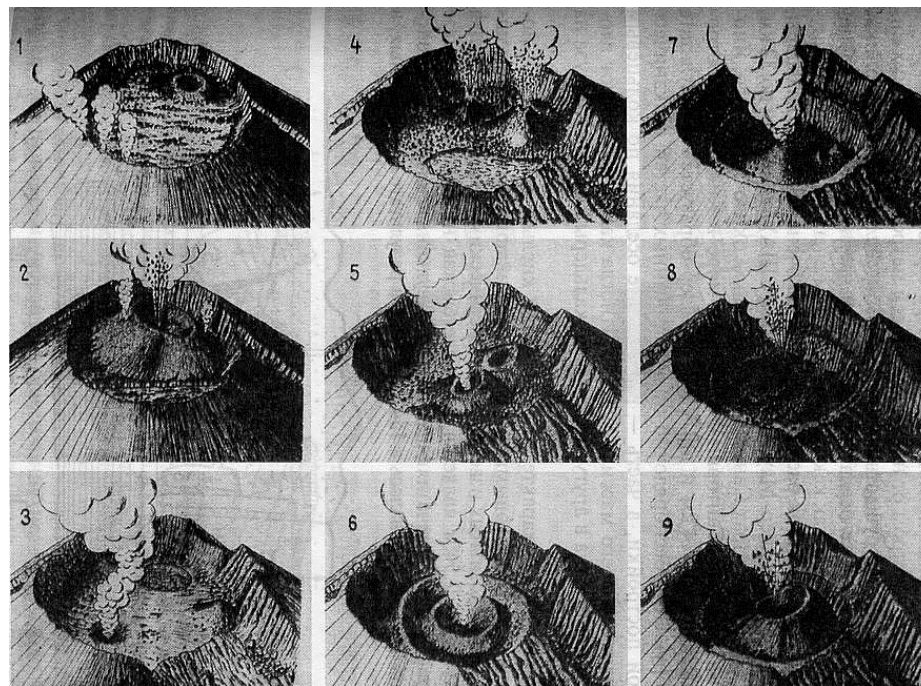


Схема строения стратовулкана: 1, 2, 3 – разные вулканические толщи, образующие конус вулкана, 4 – молодой вулканический конус, выросший после взрывного извержения и образования кальдеры, 5 – широкое жерло, образовавшееся во время взрыва, 6 – край кальдеры, 7 – молодые лавовые потоки, 8 – близповерхностный магматический очаг, 9 – молодой вулканический канал, заканчивающийся кратером



Стадии изменения кратера Ключевского вулкана с 1936 по 1966 г.

Сам вулканический конус состоит из чередующихся толщ лав и различной тефры, в которую на разных уровнях могут внедряться пластовые интрузивы – силлы

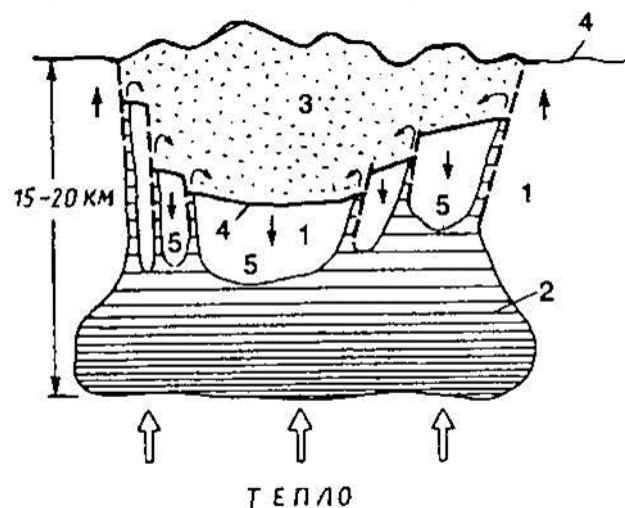


или появляться боковые подводящие каналы, открывающиеся на склонах, где возникают побочные кратеры. Формирование новых подводящих каналов происходит после длительного периода покоя вулкана и магме легче пробить новый путь вверх, нежели следовать по старому, закупоренному каналу. Так возникают новые жерла и новые кратеры, которые нередко оказываются сложенными друг в друга. При формировании вулкана нередко образуются радиальные и кольцевые трещины, также заполняющиеся магмой и формирующие новые побочные кратеры.

В результате мощных взрывов, вершинная часть стратовулкана может быть уничтожена и тогда образуется обширная и глубокая округлая котловина – кальдера (кальдера – котел – исп.), диаметром от нескольких сотен метров до нескольких км. Это, т.н. кальдеры взрыва. Но существуют и кальдеры провала, которые образуются в результате оседания вершинной части вулкана по кольцевым разломам, т.к. в магматическом очаге под вулканом ощущается недостаток расплава. Кальдер

образуется в результате обрушения беспорядочно ориентированных частей вулканической постройки, а часть в результате оседания по кольцевым разломам всего массива вулкана. Иногда кальдеры бывают вложенными одна в другую.

Кальдеры очень характерны для полей кислых игнимбритов, порождаемых пепловыми потоками, возникающими во время мощных взрывных извержений.

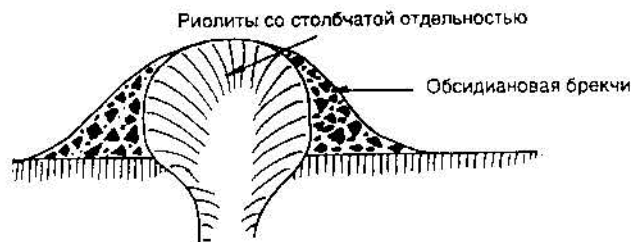




Образование вулканотектонической впадины (вне масштаба): 1 – вмещающие породы, 2 – магматический очаг, 3 – игнимбриты, 4 – подошва игнимбритов, 5 – опущенные блоки

Следует отметить, что отток магмы из близповерхностного очага может вызвать опускание территории, намного превышающую размер вулканической постройки. Такие впадины называются вулcano-тектоническими.

Если магма очень вязкая, например, риолитового состава или дацитового, то при извержении она выдавливается из подводящего канала, как паста из тюбика и не может образовывать лавовых потоков. В этом случае формируется экструзивный купол, по краям которого располагается вулканическая брекчия из обломков пород купола.



Экструзивный купол миоценовых риолитов. Берегово, Закарпатье. В риолитах хорошо выражена столбчатая отдельность, а по краям купола – шлейф из обломков черных обсидианов

### Типы вулканических извержений.

Вулканические извержения разнообразны. В одних случаях жидкая магма спокойно переливается через край кратера, в других – с огромной силой вырывается из жерла, в третьих – распыляется газами с образованием туфов и пеплов.

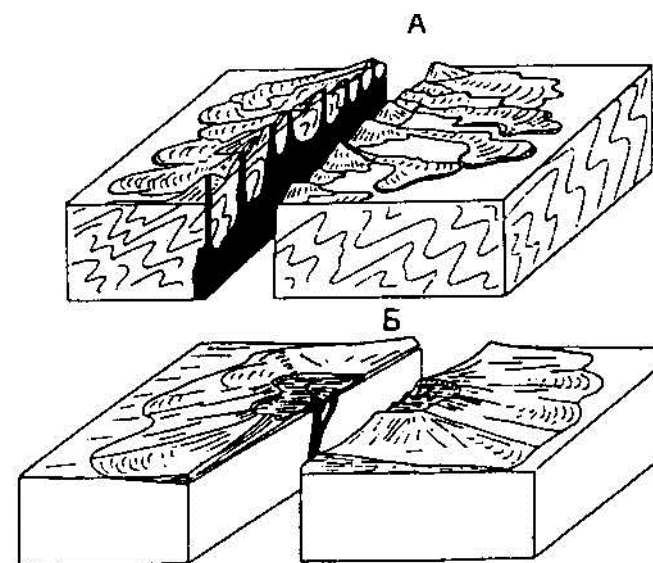
Тип извержений зависит от состава и газонасыщенности магмы. Чем больше в ней оксида кремнезема, тем магма более вязкая, густая и содержит большее количество газов. Именно такая магма и будет взрываться сильнее всего. В зависимости от характера извержений выделяют различные их типы чаще по названиям вулканов, в которых какая-либо из черт его активности выражена ярче всего.

Гавайский тип извержения – это относительно слабые выбросы очень жидкой базальтовой лавы,

образующей невысокие фонтаны, большие пузыри и тонкие, обширные покровы лавовых потоков, наслаивающихся один на другой, образуя крупные, но плоские щитовые вулканы. Благодаря тому, что извержения сопровождаются фонтанированием лавы, ее разбрызгиванием, то образуются валы и пологие конусы, образованные хлопьями жидких базальтов. Наиболее характерными типами извержений такого рода обладают вулканы Гавайских островов в Тихом океане - Килауэа, Мауна-Лоа, Мауна-Кеа, Хапемаумау и другие. Извержения обычно происходят из открытых жерл спокойно, изредка сопровождаясь слабыми взрывами.

Извержения покровных базальтов или трещинного типа отличаются очень большими объемами излившихся лав и слабой взрывной деятельностью. Как правило, извержения начинаются из протяженных трещин и объем разлившихся лав может достигать десятков км<sup>3</sup>, а площадь - сотен км<sup>2</sup>. Характер излияния лав спокойный, сопровождающийся слабым фонтанированием жидкой магмы, от чего над трещиной образуется как бы огненная

завеса, как, например, часто бывает в Исландии. По мере развития извержений трещина постепенно закупоривается, излияния идут на убыль и сосредотачиваются в многочисленных, а потом все более редких отдельных жерлах.



Вулканы трещинного (А) и щитового центрального (Б) типов

Стромболианский тип извержения назван по характеру деятельности вулкана Стромболи, расположенного в юго-восточном углу Тирренского моря у побережья Италии. Извержения обладают

ритмичностью и в воздух периодически выбрасываются вулканические бомбы и туфы. Высота выбросов редко превышает 100-300 м потому, что газы отделяются от сравнительно жидкой магмы у края жерла. Если магмы много, она изливается в виде лавовых потоков. Извержения стромболианского типа образуют обычно шлаковые конусы.

Извержения Вулканского типа характерны для вязкой магмы, насыщенной газами, что определяет умеренные или мощные взрывы, выбрасывающие высоко вверх обломки лав, иногда еще раскаленных, но быстро остывающих и образующих туфовые, пепловые и глыбовые вулканические конусы. Сам остров Вулькано, где по преданию находится кузница бога огня Гефеста, располагается вблизи побережья юго-западной Италии. Извержения вулканского типа обычно не сопровождаются излияниями лавовых потоков.

Пелейский тип извержений, названный так по вулкану Мон-Пеле на о. Мартиника в Карибском море, сопровождается не только мощными взрывами, наподобие вулканических, но и образованием раскаленных газовой-пепловых лавин, с огромной скоростью скатывающихся со склона вулкана. Магма, как правило, вязкая, сравнительно низкой температуры, закупоривающая жерло вулкана. Когда давление газов превышает прочность этой пробки, происходят взрывы вулканского типа и выбросы лавин пелейского типа.

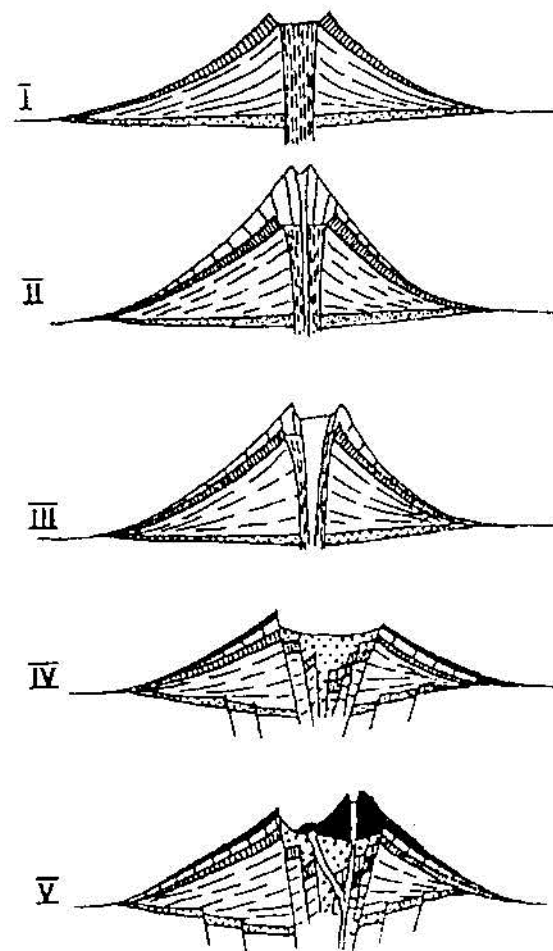
Плинианские извержения названы в честь древнеримского естествоиспытателя Плиния Старшего, погибшего во время извержения Везувия в 79 г.н.э., погубившего Помпеи, Геркуланум и другие города в окрестностях Неаполитанского залива.

Плинианские извержения представляют собой, по существу, очень мощный вулканический тип. Внезапные взрывы и следующий за ними длительный пепло- или пемзопад связан с тем, что к кратеру вулкана поднимается

вязкая, насыщенная газами магма. Газовые пузырьки расширяясь, разрывают магму, вспенивая ее, образуя кусочки пемзы и стекловатый пепел, разносящийся ветром на большие расстояния. Выброшенные вверх газопопелловые облака «растекаются» на высоте нескольких км в разные стороны, напоминая крону средиземноморской сосны-пинии. В результате плинианских извержений привершинная часть вулканического конуса обрушивается и образуется чашевидное углубление - кальдера с крутыми стенками. Этот тип извержения так же представляет большую опасность для населения.

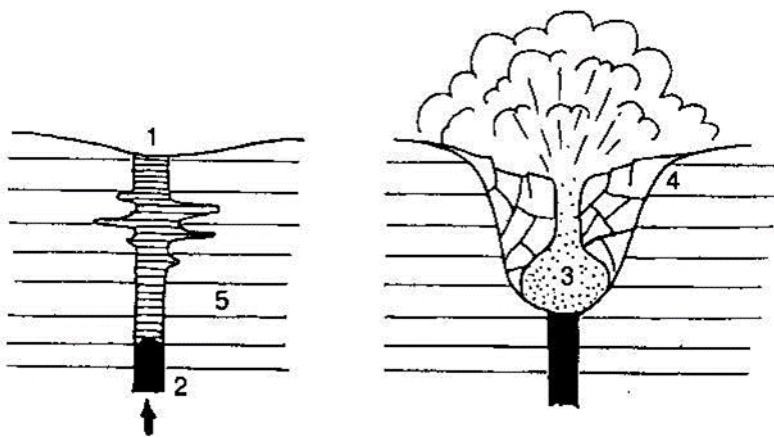
Эволюция вулкана Везувий (по Аритману, с изменениями). I – формирование конуса до VIII в. до н. э.: сначала в нем образовался обширный кратер, а потом начал расти новый конус. II – в начале VIII в. до н.э. конус достиг высоты 3 000 м, вулкан стал одноглавым. III – мощные извержения разрушили конус. На вершине вновь образовался широкий кратер с выровненным дном за счет обвалов пород со стенок. IV – после извержения 24 - 25 августа 79 г. вершинный конус исчез. На его месте образовалась обширная кальдера с более высоким северным краем (современная Монте- Сомма). V - в дальнейшем в южной части

кальдеры сформировался новый конус (современный Везувий) с небольшим кратером на вершине



Газовые извержения относятся к особому типу, когда магма практически отсутствует и в обломках,

выбрасываемых при взрывах, присутствуют лишь горные породы того фундамента через которое проходит взрывное жерло. Если магма подходит близко к поверхности Земли, в отдельных местах она может соприкаться с водой, которая, превращаясь в пар, вырывается со взрывом наверх. При этом образуются воронки, диаметром в десятки и сотни метров, называемые в Германии маарами. После взрыва, они обычно заполняются водой и превращаются в озера.



Образование маара: 1 – вода, 2 – магма, 3 – взрыв вскипевшей воды, образование воронки и раздробление пород, 4 – воронка, 5 – коренные породы

Иногда трубки взрыва заполнены туфами или туфобрекчией. Тогда они называются диастремами. Их сечение изменяется с глубиной, но, как правило, становится уже.

### Поствулканические явления

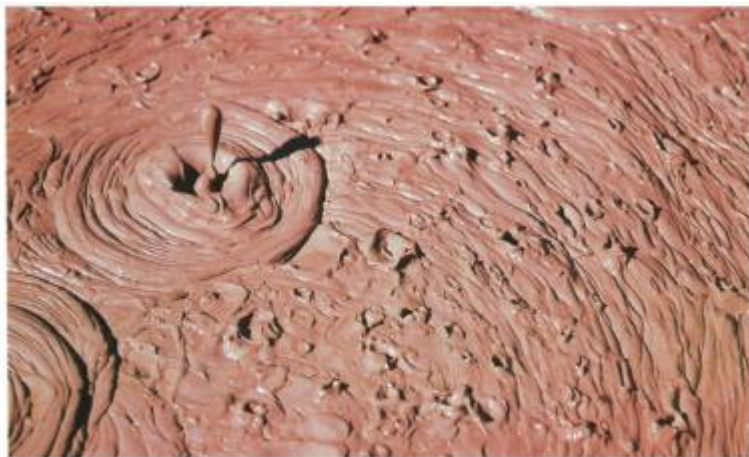
После извержений, когда активность вулкана либо прекращается навсегда, либо он только «дремлет» в течение тысяч лет, на самом вулкане и в его окрестностях сохраняются процессы, связанные с остыванием магматического очага и называемые поствулканическими.

Выходы вулканических газов на поверхность называются фумаролами (от лат. «фумо»-дым). Очень часто фумаролы приурочены к радиальным и кольцевым трещинам на вулканах. Фумарольные газы связаны как с первичными эманациями из магматического расплава, так и с нагреванием грунтовых вод и превращением их в пар. Фумаролы подразделяются на сухие высокотемпературные, кислые, щелочно-нашатырные,

сернистые, или сероводородные ( сольфатары, итал. «сульфур» - сера), углекислые ( мофеты, от итал. «мофетта»- место зловонных испарений). Знаменитые фумаролы вулкана Сольфатара около Неаполя действуют уже тысячи лет без изменения. Мофеты, располагающиеся в котловинах, опасны для жизни, так как, газ CO<sub>2</sub> будучи тяжелее воздуха, скапливается в их придонной части, что служит причиной гибели людей и животных.

Горячие источники, или термы, широко распространены в областях современного и новейшего (плиоцен-четвертичного) вулканизма. Однако не все термы связаны с вулканами, так как с глубиной температура увеличивается и в районах с повышенным геотермическим градиентом циркулирующая атмосферная вода нагревается до высоких температур. Горячие источники вулканических областей, например в Йеллоустонском парке США, в Италии, Новой Зеландии, на Камчатке, на Кавказе, обладают изменчивым составом воды и разной температурой, поскольку грунтовые воды

смешиваются в разной пропорции с вулканическими газами и по-разному реагируют с вмещающими породами, через которые они просачиваются на глубину. Воды бывают натриево-хлоридными, кислыми сульфатно - хлоридными, кислыми сульфатными, натриево- и кальциево- бикарбонатными и др. Нередко в термальных водах содержится много радиоактивных веществ, в частности радона. Горячие воды изменяют окружающие породы, откладывая в них окислы и сульфиды железа и изменяя их до глины, превращающейся в кипящую грязь, как, например, в районе Паужетки на Камчатке, где известны многочисленные булькающие “котлы” с красноватой грязью температурой около +100С. Часто вокруг источников накапливаются отложения кремниевой накипи - травертина, а если воды содержат карбонат кальция, то откладывается известковый туф.



Поствулканическая деятельность. Кипящие грязевые котлы. Камчатка  
(фото А. Нечаева)

Гейзеры - это горячие источники, вода которых периодически фонтанирует и выбрасывается вверх на десятки метров. Свое название такие источники получили от Великого Гейзера в Исландии, струя которого 200 лет назад била вверх на 60 м каждые полчаса. Ряд гейзеров несомненно связан с вулканическими районами, например, в Исландии, на Камчатке, в Индонезии, Кордильерах Северной Америки, Японии и других местах. Высота фонтана у гейзеров, так же как и температура воды на выходе, сильно различается, но последняя обычно колеблется в пределах от +75 до

+100°C. Характерной чертой гейзеров является их короткая жизнь, часто они “умирают” за счет обвалов стенок канала, понижения уровня грунтовых вод и т.д. Наиболее грандиозным гейзером был Уаймангу ( что значит «Крылатая вода») в Новой Зеландии, существовавшей всего 5 лет и выбрасывавший мощный фонтан почти на полкилометра вверх. Интервалы между извержениями у гейзеров варьируют от первых минут до многих часов и дней. Большое количество растворенных веществ в горячей воде гейзеров откладывается вокруг их устья, образуя скопления гейзеритов.