

EARTH SCIENCES

ВУЛКАН КАК ГЛУБИННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА (МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И СТОКА МАГМ)

Арсанова Г.И.

*кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

VOLCANO AS A DEEP GEOLOGICAL STRUCTURE (MECHANISMS OF OCCURRENCE AND RUNOFF OF MAGMA)

Arsanova G.

*Ph.D. in Geologo-mineralogical sciences,
senior researcher Officer Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*

Аннотация

Впервые объясняются причины рождения вулканов в недрах планеты и механизм выброса магмы на поверхность.

Итоговый вывод получен как результат интеграции знаний нескольких наук.

Их синтез позволил определить ВУЛКАН как самоорганизующуюся пространственно-временную вихревую диссипативную структуру, форма которой создается и переносится в виде волн, а по нити (керну) структуры идет сток магмы.

Такие структуры сами рождаются на подходящей хаотической среде; соответствующая среда возникает в результате высокого давления, ломающего структуры молекул, и этим создающего множество различных хаотично движущихся частиц.

Необходимое давление, по-видимому, достигается на уровне астеносферы, где и локализуются «корни» вулканов.

Abstract

For the first time the causes of the birth of volcanoes in the depths of the planet and the mechanism of magma ejection to the surface are explained.

The final conclusion was obtained as a result of the integration of knowledge of several sciences. Their synthesis allowed to define VOLCANO as a self-organizing space-time vortex dissipative structure, the form of which is created and carried in the form of waves, and through the thread (core) of the structure is the drain of magma.

Such structures are itself born in a suitable chaotic environment; appropriate environment arises as a consequence of high pressure, which breaks down the structures of molecules and this creates a lot of different moving particles.

The pressure necessary for this, apparently, is reached at the asthenosphere level, where the "roots" of volcanoes are localized.

Ключевые слова: вулкан; возникновение вулканов; прогноз извержений; понятийная модель вулкана; «корни» вулканов; вулкан как диссипативная структура; свойства астеносферы.

Keywords: volcano, the occurrence of volcanoes, the forecast of eruptions, the conceptual model of the volcano, the "roots" of volcanoes, the volcano as a dissipative structure, the properties of the asthenosphere.

*Проблемы не могут быть решены на том же уровне мышления, который создал их.
Альберт Эйнштейн*

Введение

Рождение и эволюция вулканов, их строение, периодичность извержений, степень опасности и перспективы использования их энергии не одно столетие волнуют умы исследователей, но несмотря на накопленный богатейший материал, явление во многом остается загадкой и первопричины его - не известны.

Было предпринято много попыток создания математических моделей вулканических извержений, опирающихся на «простой и понятный» (по мнению некоторых из их авторов) механизм [Слезин, 2001; Давыдов и др., 2005; Мельник и др. 2006;

Нечаев, 2013 и др.]. Однако попытки быстрого решения прикладной задачи прогноза через упрощения в толковании явления, с допущением произвольных форм и параметров глубинных частей структур, привели к созданию математических описаний геологических химер (того, что не может быть). Математическая модель с необходимостью должна предваряться адекватной природе понятийной (содержательной) моделью, но последняя остается проблемой вулканологии.

Традиционно главным методом познания в вулканологии (как и в геологии вообще) является принцип редукции, согласно которому явления любой сложности объясняются законами, управляющими явлениям более простыми. Следуя этому принципу, непрерывно собирается и наращивается

фактический материал по геологии вулканизма, однако его синтез не даёт понимания вулканизма как планетарного явления.

Суть проблемы в следующем:

С одной стороны структуру, конструкцию, процесс и т.п. не понять без их детализации и анализа частных. С другой – объединившись в *ЦЕЛОМ*, свойства частных как бы растворяются, но спаявшись воедино, возникают по-новому как качества *ЦЕЛОГО*. То есть система обладает свойством эмерджентности (emergent – возникающий неожиданно). Поэтому собрать теленка из нарезанных из него стейков (образное выражение Ю.М.Лотмана) - невозможно в принципе, так как *ЦЕЛОЕ* не есть сумма частных.

Очевидней становится и действие в природе таинственного (причины неясны) процесса «самосборки» структур и их саморазвития. Вулканы, как и большинство сложных природных систем, относятся к саморазвивающимся, поэтому анализировать их следует с учетом общих закономерностей таких структур.

Отсюда необходимость обновления познавательной стратегии вулканологии. И прежде – её требуется привести в соответствие с позициями современного естествознания, выраженными во многих работах: [Пригожин, Стенгерс, 1986; Хакен, 1991; Летников, 1992; Горяинов, Иванюк, 2001; Князева, Курдюмов, 1994, 2000, 2002; Князева, Турбов, 2000; Курдюмов, 1994; Эбелинг, 1979; Чернавский, 2001, 2010; Буданов, 2007; и много др.]

Настоящие исследования представляют собой первую попытку понять вулкан как целостный геологический объект, как некую природную самоорганизующуюся конструкцию. Они опираются на данные о вулканах, полученные традиционными геологическими методами, а так же на достижения современной физики, химии, астрономии и философии.

Общие представления о диссипативных структурах (ДС) и их свойствах

подавляющее большинство природных систем относится к самоорганизующимся, поэтому при построении различных геологических гипотез необходимо иметь в виду их общие свойства.

По законам синергетики (или согласно теории сложности - не будем углубляться в тонкости терминов здесь и сейчас) среда сама может возвращать на своем теле то, что соответствует ее собственным природным тенденциям – то есть так называемые диссипативные структуры (или сложные развивающиеся системы), которые возникают без помощи извне и сами себя поддерживают в далеком от равновесия, но устойчивом состоянии [Пригожин, Стенгерс, 1986].

ДС представляют собой суперсложные образования, состоящие из множества разнообразных элементов (частиц, подсистем, структур и т.п.), развитие которых идет в направлении необратимого усложнения.

Примеры ДС: планета, океан, река, минеральная система, её отдельные части, стая птиц, толпа

людей, сердце и т.д. Столбчатая отдельность базальтов есть застывший результат существования в еще жидком пласте расплава диссипативной системы, называемой ячейками Бенара.

Наиболее общим свойством самоорганизующихся систем является взаимосвязанность поведения составляющих их элементов.

Их важнейшая характеристика - открытость: энергия течет в них постоянно и они способны к различным взаимодействиям и обмену веществом и энергией непрерывно или дискретно. При этом они локализованы, как пространственно, так и по времени, однако границы их обычно "размыты", то есть от среды они изолированы относительно.

ДС – когерентны: согласованное поведение всех элементов системы разом, как единое целое, может перевести всю систему в новое состояние. Для них характерна функциональная и структурная устойчивость и взаимосвязанность элементов; они всегда «стремятся» к выполнению функции, несмотря на изменения внешней среды, для чего система корректирует структуру или формирует новый порядок и процессы. Адаптация идет непрерывно через усложнение организации, причем за счет собственных внутренних резервов, в качестве которых выступают меняющиеся свойства системы на микроуровне.

Развитие ДС идет нелинейно. Увеличение неравновесности выше некоторого предела, то есть в точке бифуркации, через скачки, пульсации, флуктуации переводит всю систему в новое состояние, реализуя всякий раз новый и случайный путь.

Развитие ДС сопровождается появлением автоволн, принципы функционирования которых, - одни и те же, вне зависимости от типа среды, в которой они возникают (физическая, химическая, биологическая, геологическая и т.д.). Это открывает уникальную возможность переносить закономерности, установленные в одной активной среде, на широкий класс сред иной физической природы, что очень важно при изучении таких опасных и не обозреваемых целиком объектов, как вулкан.

Так как *ВУЛКАН* – один из представителей природных саморазвивающихся диссипативных структур, то ему присущи и их общие свойства.

Вулканическое вещество

Согласно теории ДС, активность материи связана с неравновесными условиями, порождаемыми самой материей, поэтому причины изменения, движения, и эволюции ДС надо искать в закономерностях их собственного развития, и первые шаги в конструировании понятийной модели активного вулкана разумно начать с анализа вулканического вещества.

Используемые в работе определения «вулканическое вещество», «канальное вещество», «канальная субстанция» даются на правах самых общих понятий в отношении продуктов вулканизма и их локализации, оставляя за традиционным термином «лава» её исконное толкование. О термине «магма» поговорим ниже.

К настоящему моменту сделано огромное количество анализов вулканических продуктов, отобранных на поверхности, и они дают представление о том, какие элементы поднимается по вулканическому каналу с глубин и в какие химические соединения они оказываются связанными наверху. Каждый из выброшенных на поверхность вулканических продуктов обладает своими собственными свойствами, которые ныне неплохо изучены, однако канальная субстанция, из которой они образовались, суммой этих свойств не обладала. Даже если бы удалось собрать все её разбросанные взрывами части, смешать, нагреть и воздействовать высоким давлением, оно не стало бы тем веществом, которое поднималось по каналу. Это следует из такого общего свойства природных явлений, как необратимость. «РТ - path» для природного вещества – дорога только в одну сторону. [Чернавский 2010; Пригожин, Стенгерс 1986; Эбелинг 1979, Николис, Пригожин 2014 и много др. работ].

Тогда какими данными о глубинном состоянии вещества мы располагаем?

Экспериментальные работы в области высоких давлений при высоких температурах очень сложны технически, а экстраполяции в этих областях крайне ненадёжны. Реакции, идущие в области сверхкритических параметров, и их промежуточные продукты не просто сложны – они принципиально иные и необычны настолько, что их невозможно предсказывать [Лементовский и др., 2006]. О ненадежности экстраполяций в область высоких давлений предостерегал и физик В. Фортов [2007, стр.357], и геолог И. Яницкий [2005] и ныне это стало уже очевидным.

Общие характеристики ДС позволяют говорить, что поднимающееся вулканическое вещество должно перманентно, не достигая равновесия, с неизбежностью меняться по всей длине канала. Действительно только что извергнутое, оно не равновесно с окружающей средой и продолжает изменяться, приходя в равновесие с поверхностными условиями, а непосредственные наблюдения показывают, что идущие процессы – сложнее, чем просто остывание: какое-то время (иногда – месяцы, если материал не разбросан и лежит кучно) оно еще нагревается изнутри, «своими силами». Явление не может быть следствием реакций с компонентами воздуха: по законам теплофизики горячее вещество внедряется в холодное, но не наоборот.

О веществе в канале ниже кратера и еще глубже (до «корней» структуры) в геологической литературе принято говорить, как о силикатном расплаве, в котором возможны мелкие кристаллические формы, и растворены в качестве добавки вода и газы, называя его общим термином «магма» независимо от глубины. Но расширяющиеся физические знания позволяют утверждать, что вулканическое вещество в канале следует понимать, как некий расплав (условно) сложного состава, непрерывно и кардинально меняющийся с подъемом на микро- и макроуровне. Для удобства рассуждений назовем такую совокупность последовательно изменяющихся расплавов *магма-континуум* (лат.

continuum – непрерывное) или для краткости *магма-с*. Конкретные «позитивные» характеристики магмы-с очень мало известны, но об общих тенденциях её изменения можно говорить с достаточной степенью уверенности. Исконное понятие «магма» правильней использовать в отношении магмы близ поверхности до того, как она еще не стала лавой [Арсанова, 2019, 2020].

Ныне уже получены надежные (мнение физика акад. В.Фортова) данные о состоянии материи в условиях очень высоких Р и Т. Общая схема изменений с увеличением давления такова:

При экстремально высоких параметрах плотность энергии воздействия становится соизмеримой с энергией электронных оболочек, в результате чего структура материи кардинально меняется, а именно: последовательно теряется её молекулярная форма, что начинается уже при Р 0.5 Мбар. Молекулярные комплексы, определяющие химические связи, – разрушаются, электронные оболочки – деформируются, растёт регулярность заполнения уровней, а часть электронов – вытесняется. Начинается серия полиморфных переходов, включая переходы между экстремальными состояниями разных плотностей, что обеспечивает высокую неоднородность области экстремальных состояний. Единой остается направленность изменений к плотно упакованной объемно центрированной кубической кристаллической решетке. Освободившиеся электроны объединяются в нечто похожее по аналогии с металлами на «электронную жидкость». *Материя переходит в атомарное состояние.* (И не слишком понятно, что это такое?)

Следовательно, такие молекулярные формы, как силикаты, вода, газы на больших глубинах «не живут», будучи неустойчивыми при том давлении, которое там имеет место. Если их горизонтальные подвижки – возможны (с точки зрения целостности их молекул), то значительные вертикальные перемещения – невозможны в принципе, так как должны сопровождаться сломом молекул. Не надо доказывать, что обитатель Марианской впадины не может подняться к поверхности, взглянуть на голубое небо и живым вернуться «домой». Существование и устойчивость неорганических молекул тоже определяется рамками Р.

При еще более высоком давлении неустойчивыми становятся сами атомы, их ядерные оболочки, нуклоны и другие частицы [Киржниц, 1971; Фортов, 2007], но в Земных недрах до такого глубокого уровня перестройки дело не доходит. Параметры в центре Земли (Р – 3.6 Мбар; Т – 6000° К) недостаточны для достижения полностью универсального состояния вещества: его нижняя граница соответствует температуре порядка 10⁵ К и давлению порядка 10² Мбар. Но и вещества в электронно-ядерной форме на глубинах Земли находиться тоже уже не может. Большая часть тела Земли приходится на область переходных смешанных форм состояний и неоднородностей этих состояний.

В физических экспериментах перестройка материи на микроуровне начинается при давлении выше 0.5 Мбар [Фортов, 2009], что соответствует

рассчитанной глубине ~1100 км. Однако, время воздействия используемого метода алмазной навальни очень коротко (10^{-6} – 10^{-9} сек [Фортов, 2007]), что дает основание предполагать, что при длительном и постоянном воздействии реальная глубина начала перестройки будет значительно меньше.

В свете выше изложенного, особое внимание привлекает природа астеносферы, которую геофизики называют волноводом верхней мантии. Её верхняя граница находится под материками по различным данным на глубине ~ 120 км, под океанами ~ 50км. Нижняя граница проходит на глубине ~ 400 км. Слой обладает нерезкими границами, не равномерен по мощности, а в некоторых местах вероятно отсутствует. Для него характерна пониженная скорость сейсмических волн и повышенная электропроводность. Его вязкость ~ 10^{19} – 10^{21} пуаз, в то время как над и под ним она на 3–5 порядков выше.

Такие свойства говорят, что здесь расположен первый глубинный уровень Земли, где плотность энергий достигает уровня ионизации атомов с самым низким его значением, хотя, как сказано выше, - рассчитанное давление еще и не столь велико. Судя по всему – на этом уровне материя, хотя бы частично, но уже переходит в электронно-ионно-плазменное состояние. А электронно-ионная плазма не бывает термодинамически равновесной [Чернавский, 2001, часть 2.2]. В ней возникают не-

стационарные гидродинамические явления, появляются различные типы неустойчивых волн, течения и перемешивание [Киржниц, 2006; Фортов, 2009]. Поэтому характеристики астеносферы дают основание предполагать, что то, что ныне считается «слоем», «сферой», скорее представляет собой область горизонтальных и субгоризонтальных потоков магмы-с в состоянии электронно-ионной плазмы, которые движутся подобно теплым и холодным течениям в Мировом океане, где одна вода течет в «берегах» другой воды.

Стати: существование таких субгоризонтальных потоков может объяснить дрейф материков.

Вулканические каналы выступают в роли скважин, по которым поднимается глубинное вещество, но понятно, что получить его в руки мы можем только в том виде, которое оно принимает на поверхности. Однако не бывает так, чтобы оно не несло следов своей эволюции: эти следы нужно постараться найти и использовать как косвенные признаки.

Так, если представления физиков об ионизации – верны, то ожидаемо, что первыми с глубиной свои внешние электроны должны потерять частицы с их минимальными потенциалами. Таковыми являются щелочные элементы, и лидировать среди них должен цезий как элемент с его самым минимальным значением (рис 1).

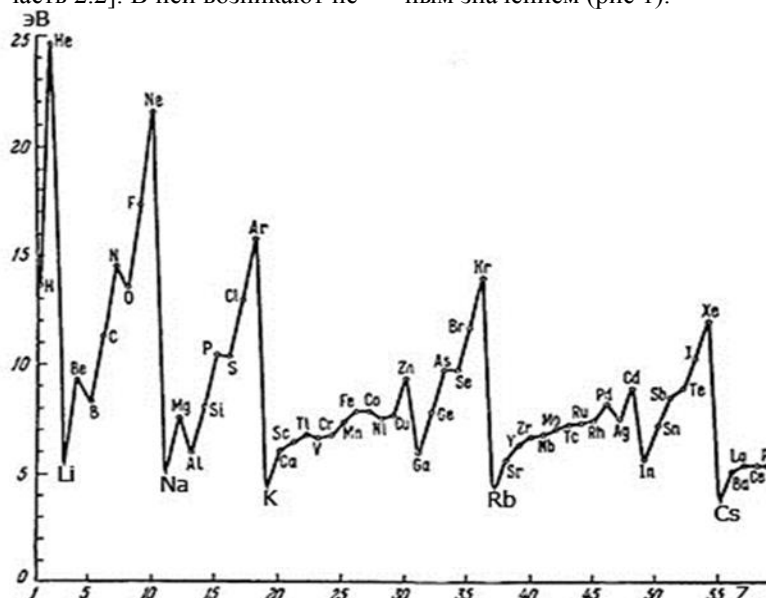


Рис.1 Зависимость потенциала ионизации элемента (эВ) от его порядкового номера (Z) в таблице Менделеева.

Следы явления разумно поискать в особенностях состава вулканических продуктов. И действительно: именно щелочные элементы «засветились» в вулканическом процессе. Они одни, почти без катионов другой валентности, представляют катионную часть самых горячих и мощных термальных вод вулканических областей, так называемых «перегретых», и именно цезия там оказалось особенно много [Арсанова, 2013, 2016]. В анионной части – почти один хлор, Na/K (по массе) ~10. Минерализация 1.5–4 г/л. Все редкие щелочи присутствуют как микрокомпоненты с характерным соотношением

Li:Rb:Cs (по массе) ~ как 10:1:1. Содержания в мг/л: Li 3–4; Rb 0.2–0.3; Cs 0.3–0.4. Это очень высокие содержания, а для цезия – ураганные. Принимая во внимание особенности его геохимии такие содержания можно считать индикатором (маркером) глубинности. В кратерах действующих вулканов и на лавовых потоках были найдены редчайшие цезиевые минералы авогадрит и аверьевит; высокие содержания цезия установлены в парах высокотемпературных (700–900°C) донных кратерных фумарол [там же].

В выброшенном вулканическом материале не так давно были обнаружены очень малые количества монокристаллических минеральных форм углерода (графит, алмаз) и самородных металлов (Fe, Al, Cu, Zn, Sb, Au) [Карпов и др. 2014], [Гордеев и др. 2014], которые очень похожи на реликты атомарных глубинных форм.

Давно известно, что извергающийся вулканический материал - наэлектризован. Извержения сопровождаются многочисленными и очень сильными молниями, возникают огни св. Эльма.

Суммируя полевые геологические наблюдения можно сказать, что представления физиков об ионизации материи, и её частично атомарном состоянии на некоторой глубине они скорее подтверждают.

Кстати. Вышеприведенные представления физиков о структуре материи в области высоких плотностей энергий дискредитируют геологические гипотезы, основанные на вертикальном перемещении вещества в электронно-ядерной форме: плотностная конвекция, подъемы плюмов, потоки флюидизированных систем и т.п. предположения. Однако существование потока обобществленных электронов в этом пространстве, вероятно правомерно: у него есть свойство проникать сквозь вещество [Киржниц, 2006].

Другой вывод из материалов физиков состоит в том, что представляется более вероятным искать причины геосфер в состоянии вещества и его динамике, чем в составе. Тем более, что прямое сопоставление геофизических аномалий с составом по результатам бурения глубоких (но всего 7-12 км!) скважин [Попов, Кременецкий, 1999] показало, что волновая картина, фиксируемая сейсмическими методами, не отражает изменение состава.

Место возникновения вулканов

Предположение о локализации «корней» вулканов на глубине порядка 60 км в районе верхней мантии было впервые высказано Г. Горшковым [1956] на основании сейсмических материалов по вулкану Ключевской и позже по геофизическим данным см. «Действующие вулканы Камчатки» [1991].

Очевидно, что вулканы возникают потому, что их видимые структуры являются поверхностным проявлением каких-то *обязательных* в ходе эволюции планет и их спутников глубинных процессов. Вопрос вопросов вулканологии: Что это за процессы?

Сейчас уже широко известно, что следы былой вулканической активности найдены на ближайших планетах: на Меркурии, Венере, Марсе, на спутниках Юпитера, Сатурна. На Марсе активный вулканизм был совсем недавно, но уже прекратился, и исцезла вода с поверхности, хотя вулканические постройки и рельеф, оставленный водными потоками, всё еще хорошо видны. На спутнике Юпитера Ио даже удалось наблюдать само извержение.

Однако плитовой тектоники на ближайших планетах обнаружено не было, и это свидетельствует о том, что вулканизм, как планетарное явление, с плитовой тектоникой не связан. К тому же

состав вулканического вещества не отвечает переплавленному океаническому илам и не согласуется с содержаниями такого глубинного маркера, как цезий. Им не соответствует состав лав Ключевского вулкана [Kersting A.B., Arculus R.J., ссылка по А.Озерову, 2016 стр.99]. То есть вулканы возникают как-то иначе, и гипотеза плитовой тектоники их появление не объясняет.

Традиционно в геологии в рамках линейной причинности ищутся внешние силы, заставляющие среду принимать те или иные формы и структуры. Так в гипотезе мобилизма вулканизм рассматривается как следствие субдукции, а причину поступления («выдавливания») магмы на поверхность через жерла вулканов некоторые геологи усматривают в давлении вышележащих пород коры. В диссертации А.Озерова [2016] причины появления волн двух типов – дрожания и sister events – тоже ищутся вовне. (И не находятся.) Сборник «Вихри в геологических процессах» [2004] весь (порядка 20 статей) пронизан поиском физически обоснованных механизмов внешних причин образования вихрей и признанием того, что удовлетворительная причина не найдена.

Однако если понимать *ВУЛКАН* не как «неоднородность литосферы», а как саморазвивающуюся диссипативную структуру, то автоволны есть её свойство. Волны дрожания и sister events очень похожи на спиральные автоволны, которые представляют собой главный тип элементарных самоподдерживающихся структур [Лоскутов, Михайлов 1990; Лоскутов, 2007; Слепнев, Вадивасова, 2012 и др.].

Чтобы мыслить адекватно Природе, необходимо научиться анализировать не только отдельные части структур и явлений (как это обычно делается в геологической практике), но *ВСЕ* их целиком как *ЕДИНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ*. Так как процессы образования диссипативных структур подчинены некому всеобщему закону, то и процесс рождения вулкана есть его вариант.

Из общих положений о ДС следует, что вулкан должен родиться на подходящей среде, причем изначально - на микроуровне. Причиной его рождения должны быть свойства этой среды. Определяющим свойством среды должно быть присутствие огромного количества различных сложных частиц, пребывающих в возбужденном неорганизованном состоянии. Условия для появления такой среды создаются внешними силами.

В качестве конкретной среды для рождения ДС-вулкан наиболее подходит область астено-сферы. Здесь (см. выше) материя теряет своё «полноценное» молекулярное строение: начинается её ионизация. Выше астено-сферы подходящих условий не создается – давление еще недостаточно для «слома» молекул и отрыва валентных электронов, поэтому различных активных радикалов еще не возникает.

Сам процесс диссоциации и ионизации молекул под действием высокого давления протекает через промежуточные формы ионов-фрагментов материнской молекулы [Завилопуло и др. 2005].

Это обеспечивает не только большое количество, но и большое *разнообразие* видов частиц, что есть необходимое условие образования будущих структур. Возникает активная, возбужденная, хаотичная среда, отвечающая условиям рождения ДС, и они с неизбежностью появляются здесь, причем сначала на микроуровне. Появившись, вступают в конкурентную борьбу, поглощают друг друга, растут и выходят на макроуровень. Выживают те, энтропия которых растет быстрее. Простые формы ступенчато усложняются путем самоорганизации [Хакен, 1991]. Свойства хаоса на микроуровне в дальнейшем определяют механизм самоорганизации на макроуровне.

Затем наступает момент, когда количество перемен переходит в качество, и процесс локализуется на среде в виде макроструктур определенной формы.

Какой она может быть?

Наиболее вероятно, что такой макроструктурой окажутся спиральные волны, потому что они представляют собой главный тип элементарных самоподдерживающихся и очень устойчивых структур в возбудимых средах. Математические модели, исследующие хаотическое движение, показывают, что подобного рода явления *обязательны* на всех средах [Лоскутов, Михайлов, 2007].

Известно, что самоподдержание небиологических систем обеспечивается возникновением нелинейных объемных стоков [Курдюмов, 1994]. Иными словами: для действующей неорганической ДС ток вещества - обязателен. ДС вулкан постоянно или дискретно выносит на поверхность магму.

Судя по всему, - глубина, где создаются условия для возникновения ДС на астеносферном потоке, соответствует «корням» вулканов согласно традиционным геологическим методам. Магнитотеллурическое зондирование Камчатки показало, что крупные центры современного вулканизма Камчатки приурочены к поднятию астеносферного выступа, вытянутого вдоль полуострова [Мороз и др., 2008].

То есть физические и геофизические данные - коррелируют. Объясняется и линейное расположение вулканов на поверхности.

Родившаяся ДС должна «проткнуть» много километров каменной коры и выбросить вещество из астеносферы на поверхность планеты. То есть возникающая структура *должна обладать соответствующими свойствами*. Что может представлять собой такая конструкция?

Казалось бы, исследователь волен в своих предположениях, и в вулканологии существует много «очевидных» гипотез, являющихся, по сути, согласованными мнениями. Но со временем становится всё более понятна *СЛОЖНОСТЬ* Природы, а *СЛОЖНОЕ* построено чрезвычайно избирательно и привлечение простых «очевидных» механизмов не ведет к её адекватному пониманию. Всякое усложнение идет через реализацию всё менее вероятных событий, и, «найдя» оптимальный механизм или форму, Природа далее его только варьирует [Князева, Курдюмов, 1994].

Или по Г.Хакену [1991]: Природа всегда использует одни и те же принципы.

Поэтому на самом деле, - способы объединения в *СЛОЖНОЕ* – весьма ограничены. И это – плюс, так как сужается выбор. Но процессы в открытых системах по их природе настолько сложны, что пока не находится адекватный Природе математический язык для их описания. Не достаточен и привычный анализ вертикальных причинно-следственных связей в геологических процессах. Обращаясь приходится к методологии междисциплинарных исследований (что и делается настоящим исследованием). А «методология междисциплинарных исследований – это горизонтальная, как говорит Э.Ласло, трансдисциплинарная, ассоциативная связь реальности, с метафорическими переносами» [ссылка по В.Буданову, 2009].

Из вышесказанного следует, что нужный принцип действия следует искать не только среди геологических процессов и структур, но во *ВСЕЙ* окружающей Природе, причем он должен быть одним из самых обычных, часто реализуемых.

Выбор формы вулканической структуры

Наиболее подходящей случаю искомой структурной формой видится спиральная структура – вихрь. Она является одной из самых простых, наиболее часто встречающихся типов структур самоорганизации. Состояния среды в ней обеспечиваются не только материальными частицами, но и волнами, имеющими жесткую пространственную структуру [Николис, Пригожин, 2014]. При этом сама ДС оказывается локальным автоволновым источником [Локтев, Михайлов, 2007].

Физика учит, что в двумерном пространстве волна вращается вокруг некоторой точки и её называют ядром; в трехмерном – центры вращения образуют ось вращения, называемую нитью вихря, или его керном. Нить может быть прямой, но может быть искривлена или замкнута, и в этом случае вихрь превращается в вихревое кольцо – тор (бублик). Возможны самые различные по сложности вихревые формы, но чтобы оценить возможность вихревой формы в качестве вулканической структуры, надо поискать в окружающем нас мире его подходящий тип, уже «одобренный» Природой.

Следы существования спиралевидных объектов ранее уже были обнаружены среди геологических образований [Сб. Вихри в геологических процессах, 2004; Масуренков, Собисевич, 2010]. Форма вулканических построек при взгляде сверху (из космоса) и замеры по времени координат точек на них показывают, что перемещение идет, хотя измеряется всего несколькими см в год [Мелекесцев, 2004]. Механизм образования таких геологических форм – не ясен; интересен сам факт их существования, хотя он и не помогает в поиске природных конструкций, похожих на аналог вулканической структуры.

Мощные вихревые формообразования рождаются в атмосфере Земли (циклоны и антициклоны), в космосе (спиральные галактики), как структуры при термоконвекции, как формы раковин, рогов,

перьев и других органических образований. Простейший вихрь возникает над отверстием ванной, в которое вытекает вода, или образуется как водоворот в реке. Рождение и рост спиральной самоподдерживающейся структуры на астеносферном потоке ионизированной плазмы пойдет по тем же физическим законам.

Циркуляционное движение, будучи самым распространенным во Вселенной, – остается одним из самых загадочных явлений в Природе. Все природные вихревые конструкции обязаны своим существованием наличию вращательного момента (правого и левого спина) в микромире. В.Пакулиным [2011] была разработана гипотеза вихревой структуры материи, хотя и ранее вихревые формы связывали с отражением свойств *самой материи*. Масштабная инвариантность природных форм (фракталы) делает возможным изучение их свойств через сравнение с другими вихревыми образованиями, которые возможней или удобней наблюдать, например, с вихрями в атмосфере.

Атмосферные вихри представляют собой спиралевидно закрученную движущуюся воздушную массу с центром посередине, который называют глазом циклона. Скорости в плоскости вращения на далекой периферии относительно небольшие, но нарастают к центру. Недалеко от центра есть узкая зона, где скорость резко поднимается до 200 км/ч и даже до 400-500 км/ч, а в самом центре – глазе – наблюдается полный штиль и низкое давление. Между зонами контрастных скоростей фиксируется что-то вроде разрыва, которой иногда называют облачной стеной. Облачная стена ограничивает центральную полость – kern (нить).

Существуют менее мощные вихревые массы: специфические по структуре облака, названные смерчевыми. В их нижней части рождаются, исчезают и вновь возникают своеобразные вихревые формы, похожие на гибкие шнуры, трубы, рукава или хоботы. Само облако наэлектризовано, пронизано молниями, и помимо опускающихся хоботов, в нем иногда можно видеть сложные вращения в форме протяженных субгоризонтальных изогнутых труб и торов. Многие из хоботов не доходят до поверхности; они истончаются и «рвутся». Хобот, доставший до земли, имеет вихревое облачное кольцо, где наблюдается круговое завихрение с затягиванием в kern различных предметов. Последние поднимаются по kernу до облака и переносятся на многие километры [Наливкин, 1969]. Те из людей, над кем прошел такой хобот и при этом оставил им жизнь, сообщают, что изнутри стенка kernа (облачная стена) похожа на полированный металл (из газет).

Явление затягивания в kern возникает и вблизи водоворотов на реках, и на «устье» хоботов и под «глазом» циклона у вихревого облачного кольца, и у горизонта событий «черных дыр» спиральных галактик. Сила всасывания (антигравитация) – огромна: в узел скручиваются металлические опоры мостов и передвигаются многотонные конструкции.

Вихревое движение таит в себе много свойств, особенностей и странностей, которые полностью не объясняются ни по одной из принятых гипотез. Не ясны многие особенности энергетики вихрей, способы их проникновения в среду, явления в пограничном слое, электрические явления и т.д. Есть предположения, что в kernе меняется структура материи и, «пропитанная» энергией, она совершенно иначе взаимодействует с окружающей средой [Верин, 2016; Викулин, 2004 и много других работ].

Так как геологические породы являют собой конденсированную среду, то едва ли в них возможен скоростной вихрь с перемещением частиц, имеющих массу. Более вероятно для такой среды – колеблющееся распространение её состояния, то есть перенос не вещества, но энергии в форме волны. Волна имеет фронт, который в трехмерном пространстве принимает вид вращающихся спиралей, вихрей. У вихря есть kern (нить) и свойство (пока не вполне понятное) создавать в нем антигравитацию. Логично предположить, что вулканический канал — это kern волновой вихревой структуры.

Тогда - что есть вулкан?

Структура вулкана

(рабочая гипотеза)

Вулканическая конструкция представляет собой само организовавшуюся на астеносферном потоке магмы-с пространственно-временную вихревую диссипативную структуру (ДС), форма которой создается и переносится в виде волн, а по её kernу идет сток магмы. Kern (нить вихря) в вулканологии известен как вулканический канал.

Как диссипативная система вулкан сам является источником волн дрожания и «sister events».

Область, на глубине порядка 30 км, обнаруженная под Ключевским вулканом и имеющая форму приплюснутой сферы [Озеров, 2016], представляет собой структурную часть ДС в форме протыкаемого kernом тора, которая действует как автоволновой источник «sister events». Волны дрожания и «sister events» – стабильны и зависят только от движения по kernу, то есть имеют характерные свойства автоволн.

Казалось бы - мы знаем о вулканах уже очень много, однако данных для перехода к эффективному компьютерному моделированию работы вулкана всё еще недостаточно.

Чтобы его провести, надо прежде построить его корректную математическую модель, а чтобы построить таковую - надо иметь описание системы, а для описания системы требуется знать её параметры порядка. Параметры порядка, в свою очередь, согласно единому для всех природных явлений принципу подчинения, определяются некоторыми отдельными частями системы [Самарский, Михайлов, 2005]. Предстоит определить - что это за отдельные части ДС-вулкан, столь важные для его эволюции, в чём их функциональная роль и как они связаны друг с другом? Затем надо «сжать» всю эту

информацию и выразить её через параметр порядка, то есть осуществить процедуру, которую специалисты относят к искусству.

Осуществить всё это под силу только команде разнопрофильных специалистов. Данные исследования предлагают смысловую модель возникновения и работы вулкана как наиболее вероятную при настоящем уровне знаний.

Заключение

Междисциплинарный подход к проблеме рождения вулканов в недрах планет впервые позволил взаимосвязано объяснить причины их появления, механизм подъема их магм, их ленточное расположение на поверхности.

В ходе образования планет протовещество аккумулируется и сжимается. Если на поверхности оно находится в молекулярном состоянии, то на некоторой глубине увеличивающееся давление разрушает молекулы, и вещество переходит в состояние ионизированной плазмы. В этом состоянии оно крайне неспокойно: возникает множество разнообразных частиц и типов движений, то есть рождается хаос, причем сначала - на микроуровне. Затем самоорганизуются течения, похожие на внутрипланетарные субгоризонтальные «реки» ионизированной плазмы, являющиеся оптимальной средой для возникновения вихревых структур, которые отсюда и вырастают. Формы вихревых структур обеспечиваются волнами, а магма поднимается (сливается) по керну (нити) структуры и создает на поверхности лавовые потоки и конусовидные горы с каналом в центральной части, которые мы называем вулканами.

Как сказал Конрад Лоренц [1977, р.240] - всякое новое начинается как ересь и кончается как ортодоксия. Мету истинности предлагаемой гипотезы покажет время.

Список литературы

1. Арсанова Г.И. К геохимии цезия: источник цезия в термальных водах и кислых вулканитах. // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2013 Т. 4. Вып. 1. Специальный выпуск Система планета земля. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_e-ast4-1.2013.23.
2. Арсанова Г.И. Цезий как индикатор ювенильного флюида и многофункциональность флюида. // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2016 Т.11. Вып.1. Система планета Земля. Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_e-ast4-1.2013.23.
3. Арсанова Г.И. Роль воды в вулканизме. // Вулканология и сейсмология. 2019, № 4. С. 69–80.
4. Арсанова Г.И. Сверхкритическое состояние воды как причина вулканических явлений. // The scientific heritage. 2020, No.45. P.7-17.
5. Буданов В.Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. М.: Изд. ЛКИ, 2009. 240 с.
6. Верин О.Г. Идеальный вихрь (воронка, вихревой шнур, тороидальный вихрь). 2016. URL nauka.info/files/files/1450991403.pdf.

7. Викулин А.В. Взгляд физика: вращательное движение как характерное свойство пространства-времени Вселенной. Сб. Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский. 2004. С. 4-13.

8. Вихри в геологических процессах» Сб. 2004. Петропавловск-Камчатский. 297с.

9. Гордеев Е.И., Карпов Г.А., Аникин Л.П., Кривовичев С.В., Филатов С.К., Антонов А.В., Овсянников А.А. Алмазы в лавах трещинного Толбачинского извержения на Камчатке. // ДАН. 2014. Т. 454. № 2. С. 1–3.

10. Горшков Г.С. О глубине магматического очага Ключевского вулкана. // ДАН. 1956. Т.106. № 4. С.703-705.

11. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Самоорганизация минеральных систем. Синергетические принципы геологических исследований. Москва. ГЕОС. 2001.312 с.

12. Давыдов М.Н., Кедринский В.К., Чернов А.А., Такаяма К. Зарождение и развитие кавитации в магме при динамической разгрузке. // Прикладная механика и техническая физика. 2005. Т. 46. N 2. С.71-80.

13. Действующие вулканы Камчатки. Отв. ред. Федотов С., Масуренков Ю. Т.1,2. М.: Наука,1991.

14. Завилопуло А.Н., Чипев Ф.Ф., Шпеник О.Б. Ионизация молекул азота, кислорода, воды и двуокиси углерода электронным ударом вблизи порога. //Журнал технической физики. 2005. Т. 75. вып. 4. С.19-24.

15. Карпов Г.А., Силаев В.И., Аникин Л.П., Ракин В.И., Васильев Е.А., Филатов С.К., Петровский В.А., Флеров Г.Б. Алмазы и сопутствующие минералы в продуктах Трещинного Толбачинского извержения 2012–2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2014, № 6. С. 3–20.

16. Киржниц Д.А. Лекции по физике. Москва. Наука. 2006. 244с.

17. Киржниц Д.А. Экстремальные состояния вещества. // Успехи физических наук. 1971. Том 104, вып. 3. С.489-508.

18. Князева Е.Н. Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М. Наука. 1994. 236 с.

19. Князева Е.Н. Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. Алтай. 2002.

20. Князева Е.Н. Туробов А.А. Единая наука о единой природе. // «Новый мир». 2000.№ 3. С.161-178.

21. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Жизнь неживого с точки зрения синергетики. Сб. Синергетика. Т.3. М.: МГУ, 2000. С.39-61.

22. Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. Сб. Пути духовного и экологического преобразования планеты.1994. Алтай. С.48-57.

23. Леменовский Д.А., Бруслова Г.П., Тимофеев В.В., Юрин С.А., Баграташвили В.Н., Попов В.К. Вторая молодость известного явления. // Природа №6. 2006.С. 42-48.

24. Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 228 с.
25. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. М. Наука. 1990. 272с.
26. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Основы теории сложных систем. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2007. 620 с.
27. Лоскутов А.Ю. Нелинейная динамика, теория динамического хаоса и синергетика: идеи и перспективы. 2007. Сб. Синергетическая парадигма. Синергетика образования. М. Прогресс-Традиция. С.346-368.
28. Масуренков Ю.П., Собисевич А.Л. Пульсионно-вихревое развитие Эльбрусской вулканической области. Док.РАН. 2010.Т.432, №1 С.105-109.
29. Мелекесцев И.В. Роль вихрей в происхождении и жизни земли. Сб. Вихри в геологических процессах. Петропавловск-Камчатский. 2004. С.17-53.
30. Мельник О.Э., Бармин А.А., Спарк С. Беспокойная жизнь лавовых куполов. // Природа. №3 (1087). 2006.С.46-55.
31. Мороз Ю.Ф., Лагута Н.А., Мороз Т.А. Магнитотеллурическое зондирование Камчатки // Вулканология и Сейсмология. 2008. № 2. С. 1—13.
32. Наливкин Д.В. Ураганы, смерчи, бури. 1969. Л.: Наука. 487с.
33. Нечаев А.М. О механизме извержения вулкана. Докл. в ИФЗ РАН 15.05.2013 http://istina.msu.ru/media/publications/articles/858/603/3417291/Volcanoes_eruption_-rus-MGU-size9.pdf
34. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. 2014. "Ленанд". 360 с.
35. Озеров А. Ю. Динамика эруптивной деятельности, эволюция магм и модели базальтовых извержений (на примере Ключевского вул.). Дисс. на соис.уч.ст.док.г.-м.н. 2016. М. 410с.
36. Пакулин В.Н. Структура материи. Вихревая модель микромира. 2011.СПб. НПО «Стратегия будущего».120 с.
37. Попов В.С., Кременецкий А.А. Сверхглубокое научное бурение. // Соровский образовательный журнал. 1999.№11. С.61-68.
38. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из Хаоса: Новый диалог человека с Природой. 1986 М.: Прогресс. 432 с.
39. Самарский А.А. Михайлов А.П. Математическое моделирование. М. Физ-матлит. 2005. 320с.
40. Слэзин Ю.Б. Природа и механизм резких изменений режима вулканических извержений. В кн. Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. 2001. Петропавловск-Камчатский. ИВГиГ ДВО РАН. 428с.
41. Слепнев А.В., Вадивасова Т.Е. Два вида автоколебаний в активной среде с периодическими граничными условиями. // Нелинейная динамика. 2012. Т. 8. № 3. С.497–505.
42. Фортов В.Е. Мощные ударные волны и экстремальные состояния вещества. // УФН, 2007. Т.177. №4. С. 347-368.
43. Фортов В.Е. Экстремальные состояния вещества на Земле и в космосе. 2009.УФН. Т.179. № 6. С. 653–687.
44. Хакен Г. Синергетика. 1991.М. Мир. 419с.
45. Чернавский Д.С. Методологические основы синергетики и ее применения. Методологические основы синергетики и ее социальные приложения. Научный эксперт. 2010. М. Вып. 1. М. С. 6-29.
46. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М. Наука. 2001.105с.
47. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. М.: Мир.1979. 279с.
48. Яницкий И.Н. Состав и свойства вещества в недрах земли. М.: «Гелиос». 2005.104 с.
49. Lorenz K. Behind the Mirror. A Search for a Natural History of Human Knowledge. London.1977. 261 p.

ОБ ЭТАЛОННЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ СТРУКТУРАХ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРО- И ЛИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ

Соколова Н.В.

*ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН
старший научный сотрудник Центра инновационных нефтегазовых технологий*

ON MODEL NATURAL STRUCTURES OF HYDRO- AND LITHODYNAMIC FLOWS MANAGEMENT

Sokolova N.

*FGBUN Oil and Gas Research Institute of RAS
(Senior researcher-researcher Center for innovative oil and gas technologies)*

Аннотация

В статье отражены уровни естественного управления гидро-и литодинамическими потоками (узел слияния рек, объединения четырех управляющих узлов одного ранга и формирование области денудации, объединение пяти областей денудации в одну область денудации более высокого ранга). Рассмотрены особенности выделения эталонных динамических участков (областей денудации) разного ранга с использованием информации о системах тальвегов и относительно независимых гидро-и литодинамических потоков. Показаны восемь эталонных динамических участков разного ранга, отражены режимы их развития, которые благоприятны для формирования залежей нефти и газа.