

Бычков Сергей, Университет Британской Колумбии, Ванкувер, Канада,  
sergueibychkov@gmail.com

## **Энергия землетрясений и законы гидродинамики**

Ключевые слова: Гидравлический удар, землетрясение, рой подземных толчков, магма.

### **Абстракт:**

Фундаментом изложенного в статье материала служит свойство жидкости при движении по трубопроводу создавать гидравлический удар. Каналы, разломы и трещины в земной коре можно отнести к подземным “трубопроводам”, а магму к жидкости. Следовательно, при движении магмы в земной коре и мантии происходят гидравлические удары. Возникающие при этом ударные волны образуют энергетические импульсы, которые сопровождаются мгновенными перепадами температур, давлений, ускорений и торможений атомов, фазовыми переходами материи и роем землетрясений. Находясь в рамках теории господина Рейда – Упругая отдача ответить на вопрос образования роя землетрясений невозможно, а современная геофизика нерешительно и робко обвиняет в этом магму, которая якобы изменяет температурный фон земной коры, тем самым вызывая объёмное расширение пород и подземные толчки. Мы находим это объяснение правильным, но недостаточным. По нашему мнению механизм образования роя землетрясений заключается в энергии гидравлических ударов магмы при её движении в разломах и трещинах пород.

### **Теоретическая часть:**

Рой землетрясений может возникнуть при землетрясениях различного рода. В данной работе мы исследуем возникновение роя землетрясений при двух видах сейсмических проявлений: тектонических и вулканических.

#### **Рой тектонических землетрясений**

Рассмотрим механизм образования роя подземных толчков на примере тектонических землетрясений 1870 года в южной Греции. Рассматриваемая территория расположена на стыке Африканской и Евразийской тектонических плит, между которыми расположена малая Эгейская плита, на южной части которой и находится Греция. Эгейская плита движется в юго-западном направлении относительно Евразийской плиты, подминая под себя Африканскую плиту. Землетрясение, захватившее Фокиду, Эвбее, Аттику, Пелопоннес началось 29 июля 1870 года со слабых толчков на острове Лисса. К вечеру 31 июля сейсмическая активность заметно усилилась и в 3 часов ночи, 1 августа греческую землю потряс сильнейший толчок. Его сопровождали сильные колебания и вращательные движения грунта. Все это длилось почти 20 минут. За это время были разрушены Дельфы, Кси-ропидаги, Хриссо, Итеа, а также Арахова и Анфисса. После этого землетрясение, говоря медицинским языком, перешло в хронический лихорадочный озноб земной поверхности! Бывали дни, когда в местечке Итеа за сутки происходило от 1700 до 2000 ударов. В некоторые дни колебания почвы происходили каждые 3 секунды! В общей сложности за три года у эпицентра произошло около 86 тысяч колебаний и ударов. Давайте попробуем разобраться, как факт роя подземных толчков может соотноситься с

теорией Упругой отдачи? По теории господина Рейда землетрясение возникает в момент скольжения пород тектонических плит относительно друг друга или вдоль разлома, движению которых препятствует сила трения. Вследствие этого, энергия, вызывающая движение пород, накапливается в форме упругих напряжений пород. Когда напряжение достигает критической точки предельной прочности пород, происходит резкий разрыв пород с их взаимным смещением; накопленная энергия, освобождаясь, вызывает волновые колебания поверхности земли — землетрясения [1]. Если следовать в фарватере идей господина Рейда, то в нашем случае первые подземные толчки Греческого землетрясения однозначно продемонстрировали, что критическая точка предельной прочности пород пройдена, Африканская плита потеряла устойчивость и начала своё движение под Эгейскую плиту. Но почему после этого момента возникло ещё 86 тысяч толчков? По сути это должно означать, что критических точек было 86 тысяч, которые последовательно преодолевалась Африканской плитой в течение 3 лет, по несколько тысяч точек в день? Это абсолютно нереально. Рассмотрим другое возможное объяснение, вытекающее из теории господина Рейда, когда Эгейская тектоническая плита в результате развития систем взаимодействующих трещин просто вспарывалась с образованием разлома, крылья которого, смещаясь из первоначального положения, генерировали сейсмические волны. Но, это ещё более непонятный момент в нашем случае, ибо невозможно придумать причину, которая бы заставила Эгейскую тектоническую плиту 86 тысяч раз взмахивать крыльями разлома с частотой в несколько секунд в течение 3 лет! Как мы видим, и это направление исследований роли упругих сил в процессе землетрясений оказывается лишено смысла. Остаётся один путь объяснения причин роя подземных толчков - это воздействие на породы земной коры раскалённой магмы, о которой, как о причине роя подземных толчков очень осторожно говорит современная сейсмология. Но в этом случае мы обязаны выйти из рамок объяснения землетрясений теорией господина Рейда и забыть про энергию упругих деформаций, которая якобы годами и веками накапливается тектоническими плитами и блоками! Следует добавить, что явление роя подземных толчков не является редким событием [2], такие явления в истории нашей планеты происходили и происходят регулярно и особенно часто при извержении вулканов, что ещё более тесно связывает нашу гипотезу гидравлических ударов с появлением и движением в глубинах Земли потоков магмы. К примеру, явление роя подземных толчков было отмечено в октябре 2006 года в заливе Фонсека, воды которого омывают Гондурас, Никарагуа и Сальвадор. Здесь за сутки произошло 691 землетрясение. Более 500 землетрясений и толчков произошло в течение двух недель в феврале 2008 года около города Мехикали, Мексика. В 2014 году, область земли вблизи границ штатов Калифорния, Орегон и Невада пережила более чем 800 подземных толчков в течение трех месяцев. В 2017 году, филиппинская провинция Батангас испытала рой землетрясений (800 толчков).

Секрет механизма образования роя подземных толчков удалось раскрыть благодаря способности жидкого тела преобразовывать кинетическую энергию движущего потока в потенциальную энергию при внезапном прекращении движения. Можно сказать больше, согласно расчетам в работе [3], гидравлические удары магмы могут привести к образованию в недрах планеты плазмы, которая сама по себе в момент разлёта может вызвать сейсмические волны большой мощности, фазовые переходы веществ и другие реакции. История гласит, что гидравлический удар [4], как физическое явление известен с

далёкого 1898 года, когда русский учёный Н.Е. Жуковский исследовал это терроризирующее весь мир явление и описал его в своей работе. В те далёкие времена стоило людям закрыть или открыть в доме водопроводный кран, как водоподводящая труба лопалась со всеми вытекающими из этого неприятного события хлопотами. Жуковскому удалось найти ответ - что происходит с водопроводными трубами, которые, казалось бы, без всяких на то причин, каждый день, в каждом городе мира постоянно рвутся, словно сделаны не из нового и прочного, а прогнившего металла. С тех далёких времён учёные изучили явление гидравлического удара до мельчайших подробностей, придумали для его нейтрализации различные обратные клапаны, установили их на трубах и навсегда забыли эту проблему. На этом история изучения и борьбы с гидравлическими ударами бы и закончилась, если бы сегодня вдруг не выяснилось, что явление гидравлического удара вот уже более ста лет хитро маскирует свою причастность к механизму образования землетрясений и является одной из причин подземных толчков! Возникает закономерный вопрос, каким образом гидравлический удар относится к землетрясениям и в чём его сейсмический секрет? Гидравлический удар как физическое явление [4] - это почти мгновенный скачок давления в системе, заполненной жидкостью, достигающий при определённых условиях чудовищной величины. В основном, это явление вызывается быстрым изменением скорости потока жидкости в трубопроводе вследствие резкого закрытия или открытия крана. Городские водопроводные системы ничем не отличаются от сотворённых природой систем естественных подземных разломов, каналов и трещин, по которым течёт магма, которые внезапно могут быть перекрыты сместившимися блоками. И тут и там течёт жидкость в виде воды и магмы, молекулы которых двигаются с определённой внешней скоростью. Следовательно, никакой разницы в физике процесса нет, ибо магма - это та же жидкость, а каналы, трещины и разломы в породах массива, это обыкновенные магмаподводящие “трубы”. Вся разница заключается в том, что в отличие от людей, природа оказалась не способной установить на подземных “трубопроводах” обратные клапаны и другие устройства компенсирующих силу гидравлического удара. Из этого вытекает однозначный вывод, в глубинах Земли случались, случаются и будут случаться гидравлические удары различной мощности. Одни удары могут быть слабые, другие могут серьёзно потревожить человечество, а третьи могут вызвать рой подземных толчков. Вопрос возможности гидравлических ударов в разломах, трещинах и различных каналах упирается в вопрос строения Земли и конкретно наличия в структурах коры и мантии необходимого количества подвижной магмы, способной с достаточной скоростью перемещаться по трещинам и всевозможным каналам и наличие “подземных трубопроводов” достаточных размеров для пропускания магмы. Согласно современным представлениям геофизиков, жидкая магма присутствует в мантии в небольших количествах в магматических камерах вулканов на относительно небольших глубинах, следовательно, как утверждают сейсмологи, серьёзные гидроудары в мантии Земли невозможны. Геофизики утверждают, что основной объём магмы в коре и мантии находится в виде твёрдого тела, и только малая часть мантии - астеносфера представляет собой сильновязкий расплав. При этом учёные ссылаются на данные сейсморазведки, а именно на непроходимость S волн сквозь жидкие среды. На этом единственном факте строится теория строения Земли и на этом единственном факте покоится фундамент геофизики. Но существуют многочисленные факты, указывающие на то, что подвижная магма может находиться в коре и мантии Земли в виде некоторого количества маленьких и больших бассейнов с её перетеканием из одного подземного хранилища в другие,

которые ввиду их незначительных размеров по сравнению с размерами Земли попросту неразличимы для S волн. Это подтверждается таким существенным фактом, как наличие в земной коре *Батолитов*[5], объёмы которых могут достигать  $1.8 \times 10^{15} \text{ м}^3$ . (*Андский батолит*). Очевидно, что если раньше природа могла образовывать огромные бассейны магмы, то почему она не может образовывать такие объёмы в мантии сегодня? А вот что нам говорил о подземной структуре подвода магмы к жерлу вулкана Толбачик и о движении магмы по “подземным трубам” один из главных специалистов мировой геофизики по вулканам и магматической геологии академик РАН господин Н.Л.Добрецов [6]. “...в вулканической структуре присутствуют несколько очагов магмы, между которыми все время идет непрерывный обмен веществом. Изменения в вышележащем очаге всегда связаны с изменениями в другом, более глубинном очаге, вплоть до того, что пять таких очагов могут работать как единая проточная колонна ...”. То есть, перефразируя слова уважаемого члена Российской Академии Наук на язык специалиста по гидродинамике, жидкая магма свободно перемещается по подземным проточным колоннам из одного бассейна магмы в другой на большие расстояния с сохранением всех физических свойств жидкого тела. Следовало бы также сказать и о способности магмы подниматься из глубин мантии по каналам Горячих точек [7], ярким примером которых является Гавайская точка и которые способны выдавать на поверхность огромные массы магмы. На рис.1 показаны наиболее известные Горячие точки планеты.

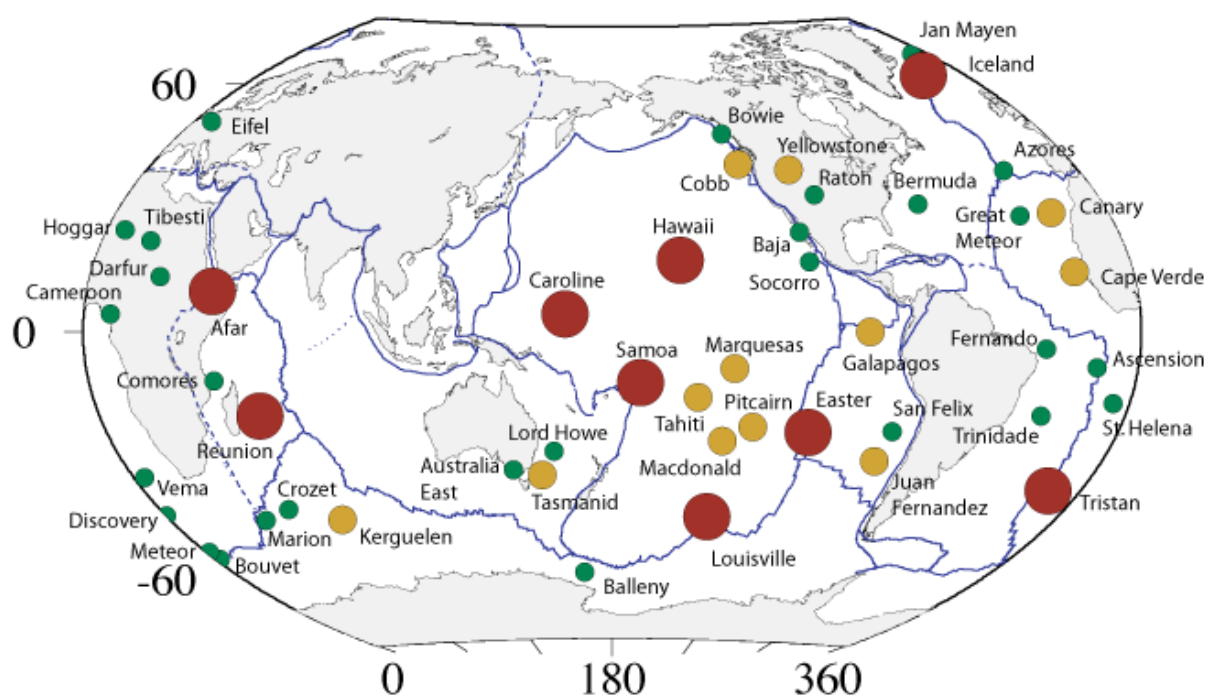


Рис. 1. Горячие точки планеты. Круги красного цвета наиболее активные точки

Также можно привести образец мантийных плюмов на примере Йеллоустонского супервулкана. Известен интересный факт, показывающий, что магма может путешествовать по подземным магистралям на десятки, а возможно и на сотни километров. Так 19 сентября 2017 года в Мексике произошло землетрясений с эпицентром в 55 километрах от вулкана Попокатепетль. В момент подземного толчка на вершине вулкана появилась вспышка, после чего вулкан выстрелил в атмосферу газы в виде пара,

дыма и пепла. Очевидно, что газовый выхлоп вулкана был связан с ударной волной магмы, которая за несколько секунд прошла по подземным магистралям 55 км. Плюс, хорошо известно, что жидкая магма может образоваться из раскалённых блоков тектонических плит в результате сброса давления при их подвижках. Анализируя изложенные факты можно заключить, что жидкой магмы, способной вызвать гидравлический удар в глубинах Земли, имеется достаточное количество, и запрет гидравлического удара, связанный с якобы отсутствием необходимого количества жидкой магмы в глубинах, Земли отсутствует. Естественно, магма в первую очередь будет присутствовать в зонах разломов тектонических плит, подъёмов, субдукций, спрединга, сдвигов, ибо там происходят резкие сбросы давлений, изменения температур и огромные скачки напряжений. Особенно ярко это проявляется в так называемом Огненном кольце по краям Тихоокеанской тектонической плиты. Именно там расположены вулканы и там происходят значительное количество всех землетрясений. Существует подозрение, что магма путешествует тысячи километров по подземным каналам Огненного кольца, рис. 2 отмечаясь гидравлическими ударами в различных его местах в виде землетрясений!

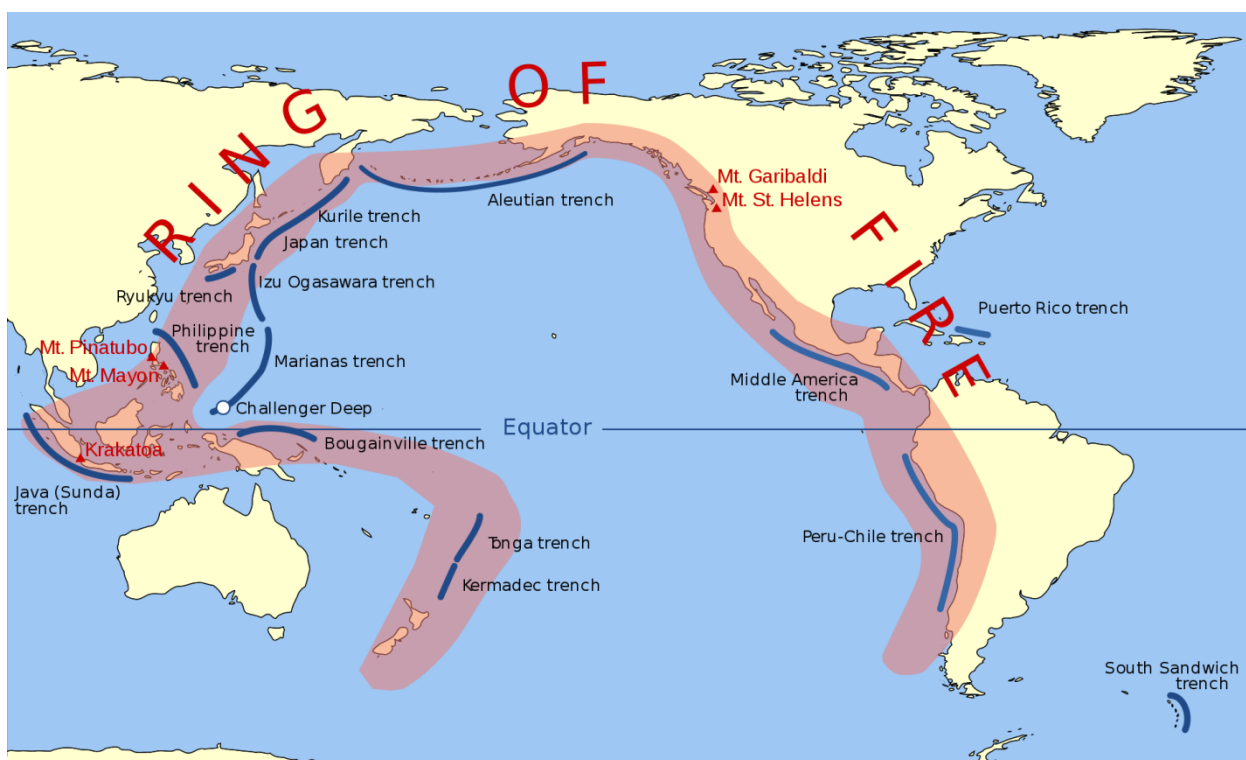


Рис.2. Огненное кольцо

Исходя из физико-химических условий существования материи в недрах Земли, модель образования роя подземных толчков, а также отдельных землетрясений будет выглядеть так: - Гидравлический удар магмы, при изначальном большом давлении и высоком температурном фоне на глубине очага землетрясения, где вещества уже находятся и приобретают экстремальные и экзотические свойства и претерпевают необычные метаморфические и магматические трансформации, ставит окружающее породы в экстремально неравновесные условия. Энергия ударной волны гидроудара вызовет мгновенный скачок давления и разогрев и так уже довольно горячих пород и магмы в районе события на сотни и тысячи градусов, а, следовательно, мгновенное увеличение объёма окружающих пород. Плюс ко всему во время гидроудара вследствие малой

сжимаемости магмы и высокой жёсткости окружающих пород, скачок давления будет воздействовать практически на весь объём, участвующий в процессе, то есть сконцентрирует всю кинетическую энергию, которой обладал поток магмы, объёмы которой могут быть довольно значительны. Мгновенное повышение давления возможно на тысячи атмосфер. Плюс, таким резким скачкам давления будут соответствовать гигантские ускорения и торможения частичек вещества при прохождении через них фронта ударной волны, которая будет смещать породные блоки, создавая из них или разрушая пробки в мантийных каналах. Каждый последующий гидравлический удар будет вызывать дальнейшую дестабилизацию и разрушение породного массива, образование новых пробок, которые будут перекрывать трещины и разломы, создавая последовательно цепочку (рой) толчков.

В соответствии с расчетной формулой Жуковским, энергия гидравлического удара будет зависеть от минерального состава магмы, плотности, состава окружающих пород, параметров движения магмы и его объема. Пользуясь этой простой формулой, не только специалист по гидродинамике, но и любой человек легко рассчитает параметры скачка давления при гидравлическом ударе:

$$\Delta P = \rho \cdot \Delta v \cdot C$$

Где  $\Delta P$  - скачок давления;  $\rho$  - плотность жидкости;  $\Delta v$  - изменение скорости жидкости;  $C$  - скорость распространения ударной волны.

Давайте в качестве примера воздействия ударной волны на земную кору, определим выброс кинетической энергии гидравлического удара в произвольно выбранной трещине с небольшими размерами. Расчёт кинетической энергии потока жидкости:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Где,  $m$  – масса потока магмы,  $v$  - скорость потока магмы.

Примем поперечное сечение разлома –  $D = 100 \text{ м}^2$ , длину потока магмы (разлома) -  $L = 5000 \text{ м}$ . скорость потока магмы -  $v = 2 \text{ м/с}$ . удельную плотность магмы -  $\rho = 3000 \text{ кг/м}^3$ .

$$m = D \cdot L \cdot \rho = 100 \text{ м}^2 \cdot 5000 \text{ м} \cdot 3000 \text{ кг/м}^3 = \mathbf{1\ 500\ 000\ 000 \text{ кг}}$$

$$E_k = 150\ 000\ 000 \cdot 2^2 / 2 = \mathbf{3000\ 000\ 000 \text{ Дж}}$$

$$1 \text{ кг. TNT} = 4,184 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Эквивалент выделенной энергии, выраженный через TNT, будет равен:

$$E_k / 4,184 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3000\ 000\ 000 \text{ Дж} / 4184000 \text{ Дж} = \mathbf{717 \text{ кг}}$$

При сравнении данных приведённым в расчётной таблице американской сейсмической лаборатории (The Nevada Seismological Laboratory) [8], таблица 1, с полученным нами значением эквивалента TNT 717 кг. Получается, что эта цифра соответствует

сейсмическому толчку  $M_I$  1,5-2,0, что соответствует взрыву большого заряда взрывчатки в каком-либо карьере.

Richter Magnitude	TNT for Seismic Energy Yield	Example (approximate)
-1.5	6 ounces	Breaking a rock on a lab table
1.0	30 pounds	Large Blast at a Construction Site
1.5	320 pounds	
2.0	1 ton	Large Quarry or Mine Blast
2.5	4.6 tons	
3.0	29 tons	
3.5	73 tons	Small Nuclear Weapon
4.0	1,000 tons	
4.5	5,100 tons	Average Tornado (total energy)
5.0	32,000 tons	
5.5	80,000 tons	Little Skull Mtn., NV Quake, 1992
6.0	1 million tons	Double Spring Flat, NV Quake, 1994
6.5	5 million tons	Northridge, CA Quake, 1994
7.0	32 million tons	Hyogo-Ken Nanbu, Japan Quake, 1995
7.5	160 million tons	Landers, CA Quake, 1992
8.0	1 billion tons	San Francisco, CA Quake, 1906
8.5	5 billion tons	Anchorage, AK Quake, 1964
9.0	32 billion tons	Chilean Quake, 1960
10.0	1 trillion tons	(San-Andreas type fault circling Earth)
12.0	160 trillion tons	(Fault Earth in half through center,

Table1. Richter magnitude for seismic example

Отвечая на второй вопрос возможности гидравлического удара в недрах Земли связанного с наличием “подземных трубопроводов” достаточных размеров, мы хотели бы привести в качестве примера “подземных трубопроводов” хорошо известные геологам образования – Дайки. Это геологическое понятие означает вертикально стоящее (или близкое к вертикали) интрузивное геологическое тело застывшей магмы, ограниченное параллельными стенками и секущее вмещающие породы. Мощность дайки изменяется от долей до сотен и даже тысяч метров, протяжённость от 1 метра до 500 километров, рис. 3. Например, всемирно известная Великая дайка Зимбабве. Она возвышается над окружающей местностью на 50—300 м, протягиваясь на 560 километров при мощности от 3,2 до 12,3 км, рис. 4 Можно легко подсчитать тот гигантский уровень энергии, который может образоваться при гидроударе магмы в системе крупных дайк, жил, трещин, тектоническом разломе. Следовательно, никаких запретов на возникновение гидравлических ударов связанных с магматическими каналами в недрах Земли не существует.



Рис.3. Три дайки на Varanof Cross-Island Trail, Аляска.



Рис.4. Великая дайка Зимбабве

**Рой землетрясений вулканического характера**



Принципиально рои землетрясений вулканического характера ничем не отличаются от роя землетрясений тектонического характера. Это те же гидравлические удары вызванные движением магмы по каналам в недрах Земли. Главной характерной особенностью роя вулканических землетрясений является изменение глубины их очагов с чётко выраженным уменьшением глубины. Если при тектоническом рое землетрясений глубина их очагов остаётся примерно на одной глубине, то согласно наблюдениям вулканологов за извержениями вулканов, при вулканическом рое глубина очагов землетрясений всё время уменьшается. И это легко объясняется постепенным поднятием магмы к земной поверхности по путям миграции, и дополнительно подтверждает связь движения магмы по каналам с образованием гидравлических ударов. Из многочисленных геологических источников известно, что вулканы обладают разветвлённой подземной сетью подводящих каналов, трещин, даек, которые в силу своих размеров и большого давления магмы могут пропускать через свои сечения большие объёмы расплавленных пород. Причём, согласно выше приведённому исследованию [6], магма может поступать в корневую систему вулкана из различных бассейнов с различным химическим и физическим составом магм и разными скоростями излияния, рис.5. где: 3. главное жерло вулкана, 1,2,4,5 боковые жерла, 6 магматический очаг или несколько очагов, 7 подводящие каналы, 8 граница Мохоровича, 9 зона основного плавления пород, значок молнии – гидравлический удар.

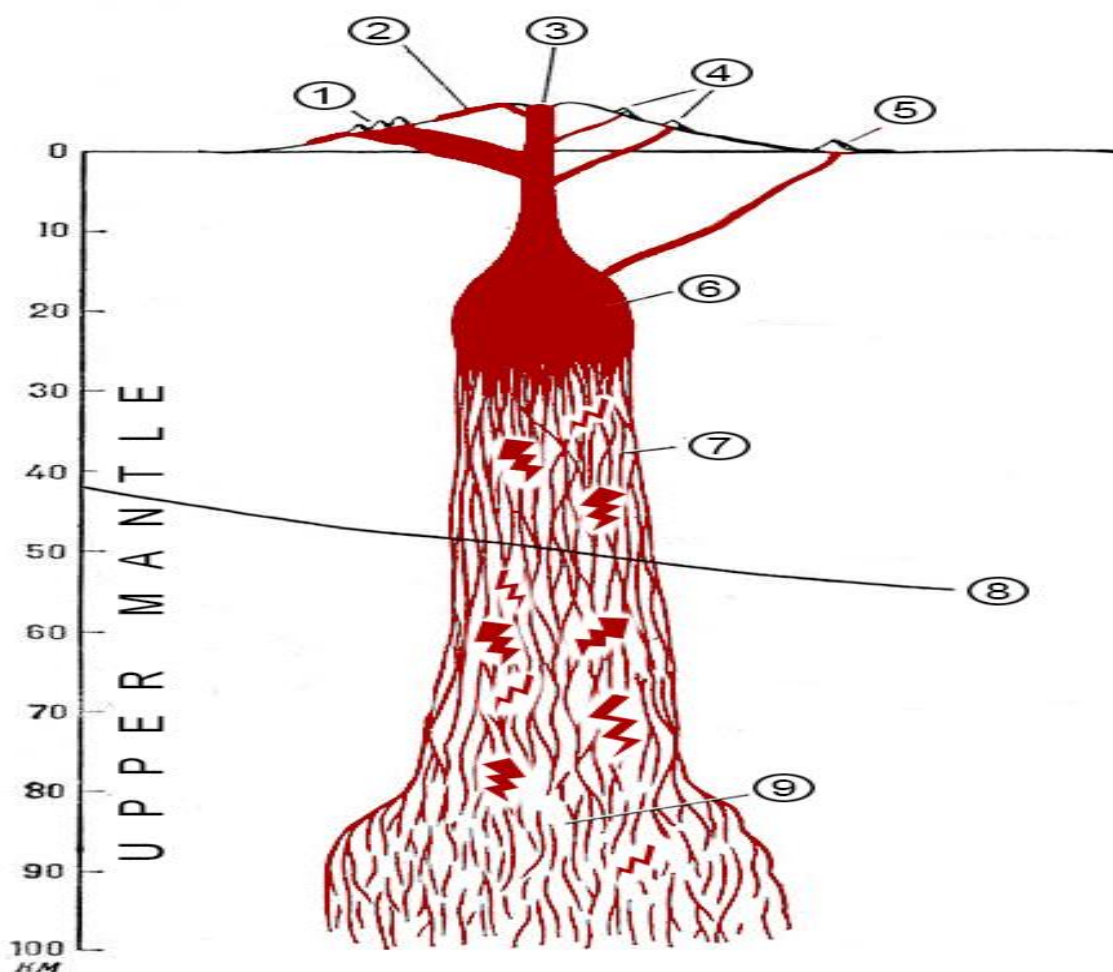


Рис.5 Строение вулканов. <https://geography-a.ru/menu-3-21/277-vulkan.html>

## Заключение

1. В результате воздействия гидравлического удара в породах земной коры возникнет неравновесное состояние пород в месте удара и скачком увеличится кинетическая энергия движения молекул с хаотическим их распределением по внутренним степеням свободы, вследствие чего в породах возникнут огромные тангенциальные напряжения и мощные деформации сдвига. Время развития таких деформаций чрезвычайно мало и составляет  $10^{-7}$  с. В породах мантии и земной коры возникнут экстремально высокие концентрации всевозможных дислокаций и дробление кристаллических решёток. В последующие  $10^{-12}$  -  $10^{-9}$  с. произойдёт разрыв химических связей, резкое увеличение давления, температуры и плотности с образованием возбужденных состояний молекул с последующей их диссоциацией и возможно, ионизацией. Спустя  $10^{-6}$  с, произойдёт "разгрузка" очага волны, однако вследствие необратимых процессов, место гидравлического удара останется нагретым, что будет способствовать образованию в породном массиве последующих смещений, образованию новых разломов и трещин, их перекрытие, а, следовательно, и повторение гидравлических ударов и роя сейсмических волн.
2. Мощность гидравлического удара будет зависеть от размеров разломов и может достигнуть больших величин.
3. Время и место будущих гидравлических ударов носит случайный характер, следовательно, краткосрочный прогноз подземных толчков принципиально невозможен.
4. Рой вулканических землетрясений однозначно указывает на начало движения магматических масс к земной поверхности и активизацию вулкана
5. Механизм образования роя землетрясений является убедительным доказательством ничтожности сил упругих деформаций в процессах землетрясений.

## Литература:

1. Рейд Х. Ф. Теория землетрясений упругая отдача. Кафедра геологии. Университет Калифорния, 6 (19), 1910 с. 413-444.
2. Рой землетрясений - [https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake\\_swarm](https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_swarm)
3. Бычков С.В. Конденсированная плазма как генератор землетрясений? Вестник Научно-исследовательского центра безопасности в угольной промышленности // Промышленная безопасность № 2.2019. п. 87-94 ISSN 2072-6554 [https://ind-saf.com/sviezhii\\_nomier](https://ind-saf.com/sviezhii_nomier)
4. Гидравлический удар - [https://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_hammer](https://en.wikipedia.org/wiki/Water_hammer)
5. Батолит - <https://en.wikipedia.org/wiki/Batholith>
6. Добрецов Н.Л. Толбачик - геохимическое явление. Из первых рук. Научный журнал. 29.07.2018. <https://scfh.ru/papers/tolbachik-geokhimicheskiiy-fenomen/>
7. Горячая точка - [https://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot\\_\(geology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot_(geology))
8. Невада Сейсмологическая Лаборатория. Что такое величина Рихтера? <http://www.seismo.unr.edu/ftp/pub/louie/class/100/magnitude.htm>

## References

1. Reid, H. F. The elastic-rebound theory of earthquakes. Department Geology. Univ. Calif., 6(19), 1910 c. 413-444.
2. Earthquake swarm - [https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake\\_swarm](https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_swarm)
3. Bychkov S.V. Condensed plasma as an earthquake generator? *Bulletin of Research Center for Safety in Coal Industry//Industrial Safety* # 2.2019. p. 87-94 ISSN 2072-6554 [https://ind-saf.com/sviezhii\\_nomier](https://ind-saf.com/sviezhii_nomier)
4. Water hammer - [https://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_hammer](https://en.wikipedia.org/wiki/Water_hammer)
5. Batholith - <https://en.wikipedia.org/wiki/Batholith>
6. Dobretsov N.L. Tolbachik - geochemical phenomenon. First-hand science journal. 29.07.2018. <https://scfh.ru/papers/tolbachik-geokhimicheskiy-fenomen/>
7. Hotspot - [https://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot\\_\(geology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot_(geology))
8. Nevada Seismological Lab. What is Richter Magnitude?  
<http://www.seismo.unr.edu/ftp/pub/louie/class/100/magnitude.html>