

УДК 551.5

НОВЫЙ ПОДХОД К ФИЗИКЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ВУЛКАНОВ

В. В. Кузнецов

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
684034, с. Паратунка, ул. Мирная, 7

E-mail: vvkuz38@mail.ru

Автор в последние годы разрабатывает ударно-волновую модель землетрясения. Ударная волна (УВ) в момент землетрясения образуется при реализации структурного фазового перехода в районе гипоцентра, выходит на поверхность Земли и отражается. При этом возникает отраженная волна растяжения (разгрузки), направленная противоположно к УВ. Взаимодействие этих волн приводит к сильным движениям: разрывы поверхности, разуплотнение грунта, его колебательные движения и т.п. Известно, что землетрясения и извержения вулканов - это «родственные явления». Они происходят на Земле, как правило, в одном и том же месте (например, на побережье Тихого Океана). Анализируя сейсмическую волновую картину под очагом вулканов, можно видеть, что в большинстве случаев магматический очаг не имеет корней, уходящих в мантию к внешнему ядру Земли. Возникает вопрос, каким образом создается изолированный от внешнего мира магматический очаг, и как в нем происходит подогрев магмы? Как известно, обоснованного ответа нет. В этой работе предлагается принципиально новая модель вулкана, согласно которой возникновение магматического очага и его регулярная «подпитка» энергией происходят за счет ударных волн точно таких же, какие являются причиной землетрясений. УВ, приводящая к землетрясению, распространяется в упругой среде и приходит к поверхности Земли практически без потерь энергии и при выходе на земную поверхность разрушает ее. Если УВ встречает на своем пути неупругую (например, пористую или жидкую) среду, в которой возникает волна разгрузки, то УВ диссипирует с нагревом среды и образованием магматического очага. Очевидно, что на поверхности Земли в этом случае УВ оставляет совсем другой «след», и это уже будет вулкан.

Ключевые слова: землетрясения, вулканы, ударная волна, сцепленность

© Кузнецов В. В., 2018

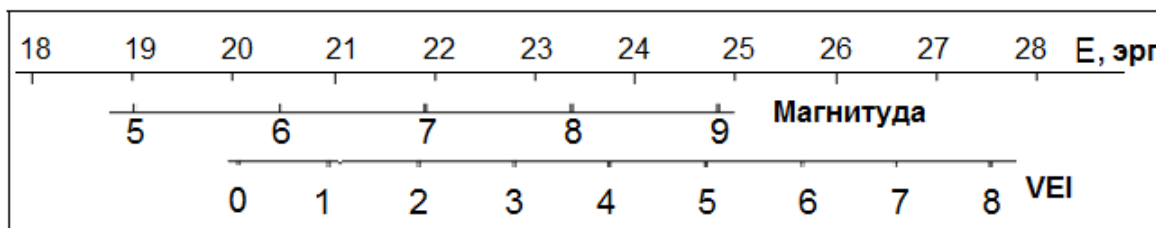
Введение

Природа демонстрирует нам, что между землетрясениями и извержениями вулканов существует некоторая общность, судя по всему, не малая. Посмотрите сами: землетрясения и вулканы располагаются на поверхности Земли в одних и тех же местах, а количество землетрясений и извержений вулканов (в единицу времени) монотонно (из прошлого к будущему) возрастает (рис. 1).



Рис. 1. Землетрясения и вулканические извержения на Земле. Изменение во времени количества извержений вулканов и землетрясений [1]

Частоты повторения землетрясений и вулканов, ранжированных по энергии, ведут себя очень похоже. Это говорит о том, что и землетрясения, и извержения вулканов представляют собой фликкер-шум (1/f-шум, избыточный шум) - аномальные флуктуации, для которых характерна обратно пропорциональная зависимость спектральной плотности мощности от частоты. Этот факт ещё раз подтверждает общность наших явлений. Энергии землетрясения и вулканических извержений меняются в широких пределах, но в диапазоне $E < 10^{24}$ эрг находятся примерно на одном уровне (Таблица).



Магнитуда сильнейшего зарегистрированного землетрясения равна 9, а индекс VEI самого сильного извержения прошлого века равен 5. Нам известно, что раньше происходили извержения вулканов более сильные, но мы не знаем, насколько сильны были землетрясения в те далекие времена. Например, сильнейшее извержение вулкана Йеллоустон происходило примерно 2 млн. лет назад. Следы землетрясений, происходивших на Земле в то время, сейсмологам не известны.

Энергия землетрясений пропорциональна их магнитуде. Различные способы измерения магнитуды землетрясений являются приближениями к «идеальной»

энергетической шкале: $M = 2/3 (\lg E - 4.8)$, где E — энергия землетрясения в джоулях. В Таблице приведена информация о магнитуде землетрясений и их энергии (в эргах). Самое мощное землетрясение, произошедшее и зарегистрированное на Земле, имело магнитуду $M = 9$.

Шкала вулканических извержений (VEI – Volcanic Explosivity Index) - показатель силы извержения вулкана, основанный на объеме извергнутых продуктов (тефра) и высоте столба пепла. Индекс предложен Ньюхоллом и Селфом [2] для оценки воздействия извержений на земную атмосферу. Диапазон изменения: от нуля – для извержений, с объемом выбросов менее 10 тыс. м³ (10⁴ м³), до восьми – для извержений, выбрасывающих в атмосферу более 1000 км³ (10¹² м³) пепла и высотой столба пепла более 25 км.

Извержения с показателем $VEI \geq 6$, могут вызывать эффект вулканической зимы – заметного похолодания в планетарном масштабе.

По данным В. И. Влодавца [3], тепловая энергия, освобождаемая при остывании 1 км³ базальтовой лавы с 1400 до 0°С, при условии, что ее удельная теплоемкость равна приблизительно $1.256 \cdot 10^3$ Дж, плотность — 2.8 г/см³ и скрытая теплота кристаллизации — $4.187 \cdot 10^5$ Дж/кг (100 кал/г), составляет примерно $6.096 \cdot 10^{18}$ Дж ($1.456 \cdot 10^{18}$ кал). Исходя из объема извергнутых лав и рыхлых продуктов, с помощью этой величины можно получить представление о тепловой энергии, израсходованной на сооружение некоторых камчатских вулканов, а именно: для вулкана Среднего (объемом 1 км³) приблизительно $5.862 \cdot 10^{18}$ Дж ($1.4 \cdot 10^{18}$ кал), для Безымянного (10 км³) $5.862 \cdot 10^{19}$ Дж ($1.4 \cdot 10^{19}$ кал) и для Ключевской сопки (200 км³) приблизительно $12.142 \cdot 10^{20}$ Дж ($2.9 \cdot 10^{20}$ кал).

Физика землетрясения

Цель нашей работы состоит в сравнении особенностей землетрясений и вулканов и создании принципиально новой модели, выявляющей их т.н. «родственные связи». Таблица показывает, что максимальная энергия землетрясения значительно ниже, чем у мощнейших извержениях вулканов. Но имеется и диапазон примерно равных энергий и вулканов, и землетрясений.

Прежде чем перейти к изложению ударно-волновой модели, остановимся на известном явлении, наблюдаемом в природе и хорошо изученном в лабораторных экспериментах. Речь пойдет об эффекте Бриджмена. К сожалению, до сих пор правдоподобного объяснения этот эффект не нашел. Попытаемся найти объяснение в рамках развиваемой нами модели, базирующейся на ударных волнах.

Эффект Бриджмена

Эффект Бриджмена состоит в реализации низковязкой текучести твердой дисперсной среды при быстром динамическом нагружении образца при высоком давлении в рамках гидродинамического режима [4].

Бриджмен в своей Нобелевской лекции приводит рис. 2а и показывает, что стальной образец (прут) при повышении давления приобретал свойства текучести. Подобных результатов добивались многие последователи Бриджмена.

Наиболее интересные результаты были получены в тех экспериментах, когда испытуемым образцом был лёд и другие образцы, в которых происходил структурный

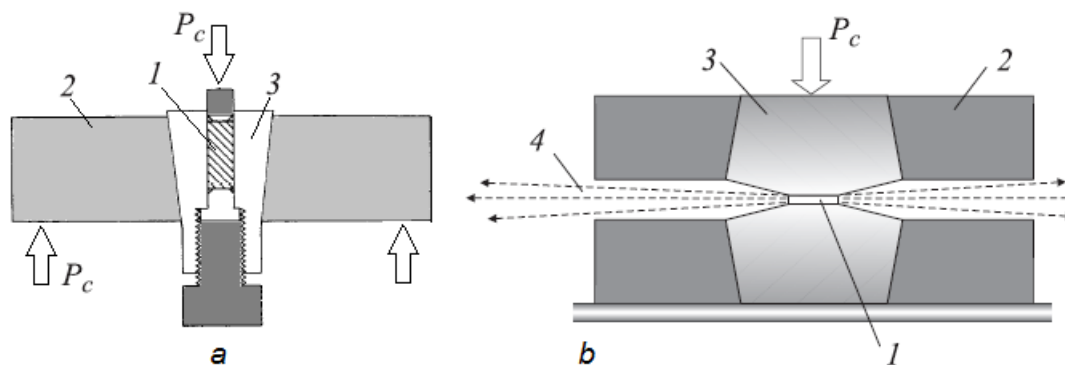


Рис. 2. Схемы получения эффекта Бриджмена: *a* – из Нобелевской лекции Бриджмена 1946г [4]; *б* – Схема сжатия образца (1) между двумя наковальнями Бриджмена (2) со сверхтвердыми вставками (3), необходимыми для получения спонтанного взрывного эффекта с высокоскоростным выбросом (4) части материала за пределы системы [5].

фазовый переход (СФП). В этих случаях из образца выбрасывался высокоскоростной поток мельчайших частиц испытуемого вещества. Наиболее распространенный тип СФП – обязан синхронному изменению длины (или повороту) водородных связей, например, во льду.

Приведем экспериментальные данные, полученные при сжатии льда между наковальнями с открытыми границами. Согласно данным [5], в таком эксперименте, в области высоких давлений ($P \approx 0.1 - 10$ ГПа) между двумя наковальнями происходит высокоскоростной выброс частиц льда, находящегося в мелкодисперсном состоянии. Схема эксперимента изображена на рис. 2-б. Подобные взрывные неустойчивости возникают при переходе упругой энергии сильно сжатого тела в механическую работу со сверхбыстрой объемной разгрузкой системы после достижения в ней некоторых критических P - T параметров. Для каждого материала существует свой характерный порог давления и температуры, при которых он испытывает такой вид неустойчивости, получивший название эффект Бриджмена.

Проявление этого эффекта в природе известно. В подтверждение цитируем работу [6]: «При раздавливании отдельных монолитных образцов льда, не содержащих трещин, пузырьков воздуха или других структурных особенностей, в условиях температур, начиная от 5°C до -11°C , проявляется эффект взрывного разрушения с разлетом осколков и дроблением до состояния «мучной пыли». Подобное свойство байкальского льда проявляется в природных условиях в виде динамического разрушения ледяного покрова, которое мы назвали ледовыми ударами, по аналогии с горными ударами».

В работе [6] исследовалась суточная вариация микросейсмичности (акустической эмиссии) льда. Суточные вариации уровня микроколебаний коррелируют с температурой. Максимум соответствует ночным колебаниям. Авторы зарегистрировали мощные импульсы, которые происходили в дневное время в момент максимальной температуры воздуха. Именно в это время авторами были зарегистрированы динамические деструктивные процессы, названные авторами ледовыми ударами. В работе оценена магнитуда ледового удара $M = 0.3 - 0.8$ ($E = 10^4 - 10^5$ Дж). Длительность цуга колебаний, составляющих удар, равна примерно 0.3 – 0.5 сек. Эти удары получили название квейки [7] (во льду – icequake).

Эффект Бриджмена можно объяснить как генерацию ударной волны за счет реализации СФП, выход УВ на поверхность образца и выброс вещества в результате известного явления движения вещества за фронтом ударной волны. Далее мы перейдем к описанию явлений происходящих на фронте УВ в том случае, если фронт попадает в область изменений реологии среды, в простейшем случае – в пористую среду, но пока вернемся к ударно-волновой модели землетрясения в литосфере [8-10].

Образование УВ в литосфере

Обратимся к экспериментам по сжатию калисинита - минерала гидрокарбоната калия (KHCO_3). Этот материал давно изучается как объект, обладающий водородными связями, в которых проявляются свойства квантовой запутанности. Сжатие калисинита приводит к резкой, одновременной по всему объему образца, перестройке структуры водородных связей (рис. 3 А-В), что вызывает изменение его удельного объема (т.е. плотности) и, соответственно, (согласно нашей модели) генерацию ударной волны (3-Г).

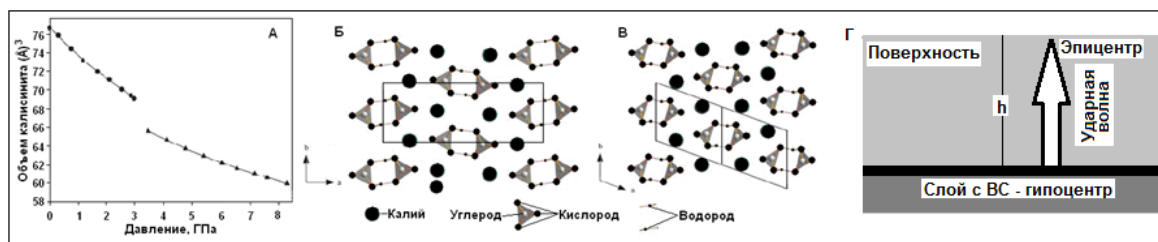


Рис. 3. Изменение удельного объема ($\Delta V/V = 4\%$) при внешнем давлении 3.2 ГПа – А, изменение пространственной структуры калисинита - Б, В. [11]. Формирование ударной волны в слое литосферы с водородными связями – Г [12]

Аналогичные результаты получены и на образцах горных пород, в составе которых находятся атомы водорода и кислорода (азота, фтора и др.). Как отмечалось авторами многих исследований, такие перестройки водородных связей происходят мгновенно в больших объёмах, именно эта особенность и названа их кооперативностью.

С такими разделами нашей модели как: 1) образование ударной волны на разрыве характеристики среды; 2) оценка энергии землетрясения; 3) выход ударной волны на поверхность и физика происходящих при этом явлений; а также 4) модель очага землетрясения - можно ознакомиться в статье [12]. Эти вопросы не связаны с квантовой механикой, а также с изложением дальнейшего материала, и поэтому мы не включили их в эту работу. Изложение модели афтершоков, как квантовых явлений, имеет продолжение в дальнейшем материале (на сайте www.vvkuz.ru).

УВ как причина возникновения и землетрясения, и вулкана

Рис. 4-а иллюстрирует высказанную ранее идею, согласно которой вулканический очаг обычного конусного вулкана, например, такого как Авачинский (на Камчатке),

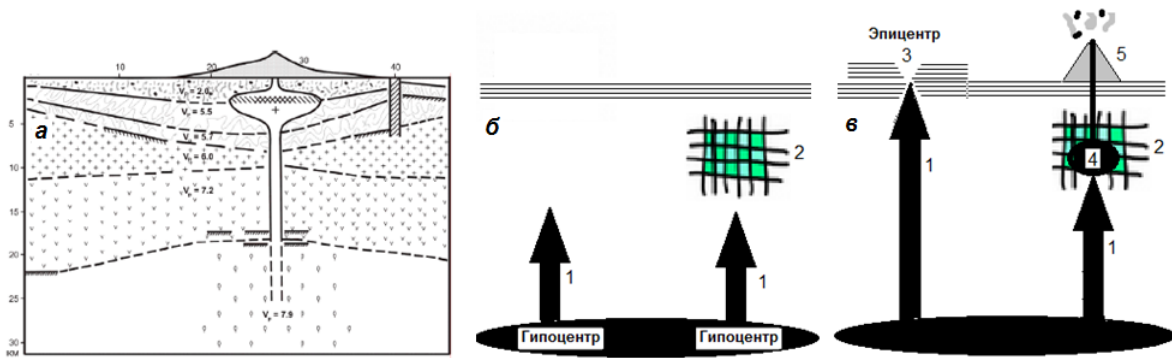


Рис. 4. Геолого-геофизический профиль Авачинского вулкана [13] - *а*. Наша модель (*б* и *в*): Две ударные волны (УВ) (1+1) движутся от гипоцентров к поверхности земли. На пути левой УВ - упругое пространство, а у правой – локальная неупругость (2) - *б*. Левая УВ достигла границы и стала причиной землетрясения (3). Правая УВ привела к образованию магматического очага (4) и вулкана (5) - *в*.

или Попокатепетль (в Мексике), глубокого, подводящего магму к очагу, канала не имеет [13].

В отличие от большинства таких вулканов, подводящий канал, проводящий магму от ядра Земли через всю мантию имеют супервулканы, например, такие как Йеллоустон. Такие каналы имели и всплывающие плюмы [14].

Возникает вопрос, насколько правдоподобна эта картинка? Продемонстрируем ответ на этот вопрос, полученный совсем недавно в Мексике.

Мексиканское совпадение

Землетрясение, произошедшее в Мексике 19.09.2017 магнитудой 7.1, «разбудило» находящийся в зоне очага вулкан Попокатепетль (рис.5).

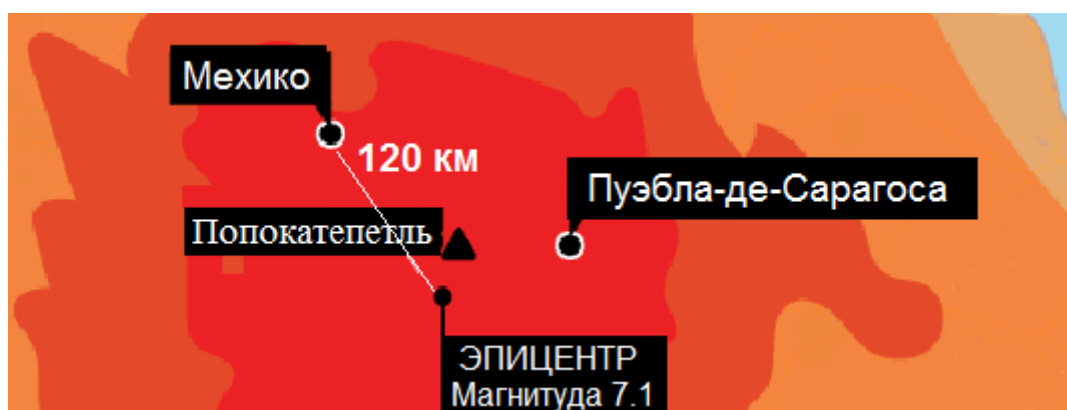


Рис. 5. Город Мехико, эпицентр землетрясения 19.09.2017 и вулкан Попокатепетль (треугольник)

По свидетельствам очевидцев, в момент сейсмического толчка на вершине горы наблюдалась взрывоподобная вспышка, после чего вулкан извергнул столб дыма, который выделяется из вентиляционного отверстия до сих пор. Вулкан

Попокатепетль в центральной Мексике засыпал пеплом два соседних города в субботу 4 ноября 2017. Пепловые осадки стали результатом серии слабых извержений: 200 низко интенсивных испарений пара и газа и три взрыва были зафиксированы с утра пятницы по утро субботы - 4 ноября 2017. Т.о. первое после толчка 19 сентября извержение вулкана Попокатепетль, произошло на полтора месяца позже удара землетрясения.

Оценить индекс VEI этого «извержения» можно как $VEI = 0$, что соответствует $E = 10^{20}$ эрг. Энергия землетрясения с $M = 7.1$, равна 10^{22} эрг. Т.о. энергия вулкана равна примерно 1% от энергии землетрясения, что равно примерно отношению площади вулкана к площади относительно сильных движений грунта при землетрясении, выделенной ярко красным цветом на рис. 5.

По всей видимости, вспышка на вершине вулкана в момент удара и появление столба дыма - вызваны выходом УВ из жерла, породившей это землетрясение. После этого вулкан «молчал» примерно полтора месяца. Какие процессы вызвали такую задержку и какова скорость протекания этих процессов? Время задержки мы знаем, оно равно примерно $5 \cdot 10^6$ секунд. Расстояние грубо можно оценить по высоте вулкана, которая чуть больше 5 км ($5 \cdot 10^6$ мм). Отсюда скорость нарастания возмущения 1 мм/с.

За фронтом УВ движутся частицы среды с существенно меньшими скоростями, чем скорость УВ. Распространение УВ в среде приводит к её перемешиванию, что вызывает неустойчивость Рэлея-Тейлора, следствием которой является неустойчивость Рихтмайера - Мешкова.

Неустойчивости в магматическом очаге

Неустойчивость Рихтмайера — Мешкова (НРМ) возникает между двумя контактирующими сплошными средами различной плотности, когда поверхность раздела испытывает импульс ускорения, например при прохождении ударной волны.

Неустойчивость РМ

В случае развития классической гидродинамической неустойчивости Рихтмайера-Мешкова (НРМ) при прохождении УВ через контактный разрыв, из „тяжелого“ материала в „легкий“ вещество границы приобретает приращение скорости, противоположное по фазе профилю начального возмущения. Развитие возмущений границы носит инерционный характер и определяется начальными условиями задачи. Оценить скорость роста возмущений контактной границы на линейном этапе можно с помощью выражения Рихтмайера:

$$V_{RM} = Aak \cdot U,$$

где A – число Атвуда; a – амплитуда возмущений поверхности после прохождения через нее УВ; k – волновое число; U – увеличение скорости контактной границы под действием УВ в отсутствие возмущений.

При выходе УВ на искривленную свободную поверхность (СП) конденсированного материала может реализоваться иной сценарий развития возмущений. От точки контакта УВ с косой границей материала отходит волна разрежения (ВР). Поток на скачках сжатия и разрежения разворачивается, в

материале за фронтом волны появляется компонента скорости, направленная в сторону впадин первоначального возмущения.

В этом случае локальное изменение угла наклона СП к оси симметрии отдельного возмущения незначительно и не приводит к смене знака возмущений, как это имеет место в НРМ. Возникающая поперечная составляющая скорости приводит к эффектам кумуляции потока на ось, что, в свою очередь, может привести к образованию струй.

Для проверки высказанных выше предположений был выполнен ряд расчетов по программе NUT преимущественно для случая газов Ar-Xe и числа Маха $M = 3,5$ при начальном давлении 0,5 атм. [15].

Мы воспользовались результатами расчетов [15], перенесли эти результаты на нашу ситуацию, и получили рис. 6, который демонстрирует общую картину эволюции "фундаментальных событий".

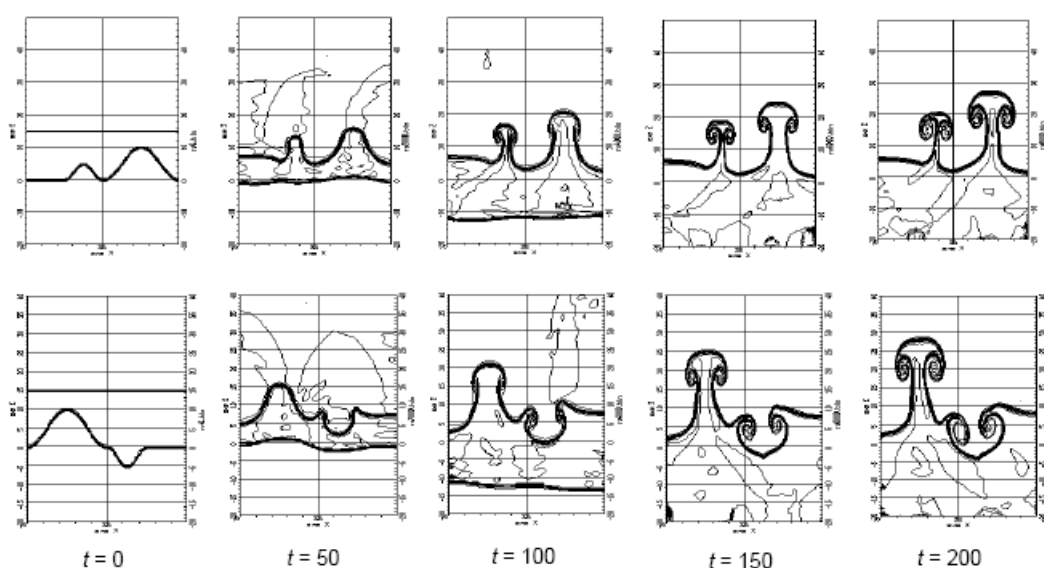


Рис. 6. Развитие двух режимов гидродинамических неустойчивостей в очаге вулкана после прохождения УВ: $t = 0$ – изменение плотности магмы после прохождения УВ (за счет развития неустойчивости Рэлея – Тейлора); $t > 0$ этапы развития неустойчивости Рихтмайера – Мешкова [15]. Время $t = 200$ соответствует нашей оценке $t = 5 \cdot 10^6$ секунд

Число Атвуда

A – критерий подобия, используемый в задачах гидродинамики с двумя взаимодействующими жидкостями различной плотности. Оно выражается следующим образом: $A = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$, где ρ_1 – плотность более тяжелой жидкости; ρ_2 – плотность более легкой жидкости. Число Атвуда используется для оценки развития нестабильностей на границе раздела жидкостей, таких как неустойчивость Рихтмайера – Мешкова и неустойчивость Рэлея – Тейлора.

Скорость развития неустойчивости РМ V_{RM} , согласно нашей модели, эта скорость равна 1мм/с, т.е. она очень мала. Величина V_{RM} зависит от числа Атвуда, которое,

по нашей модели, в которой $\rho_1 \geq \rho_2$ – плотности почти раны – тоже мало. Это, конечно, качественные оценки, но пока других нет.

Заключение

Высказанная идея о «родственных связях» между землетрясением и вулканом не слишком нова и революционна, принято считать, что это всего лишь два разных способа поглощения энергии «трущихся друг о друга плит». Принятые на сегодня модели этих процессов полны противоречий и неясностей и настоятельно требуют ясности в таких важных вопросах, касающихся не столько их физики, сколько надежного прогноза. Прогноз землетрясения за последние 100 лет поглотил в мире такое огромное количество денег, что наверняка их невозможно подсчитать.

Ещё 25 лет тому назад, начиная заниматься физикой землетрясения, я написал: «землетрясение, уже начавшись, само не знает, каким получится». Все эти годы, работая над физикой землетрясения вулканизма, я убеждался в справедливости этой фразы. Полная убежденность в этом пришла после того, как я понял, что проблемы физики землетрясения и физики вулкана невозможно решить без привлечения квантовой механики [12, 16]. Как известно, квантовая механика наука вероятностная и дать строгий детерминированный прогноз не может.

И ещё одно замечание. Многие страны используют магматические очаги в станциях для тепло- и электроснабжения [13] и, как я слышал, удивляются, почему источник тепла не охлаждается со временем. Может быть именно потому, что ударные волны (как землетрясения) попадают в этот очаг и нагревают его. Если это так, то имело бы смысл контролировать землетрясения, происходящие в зоне таких очагов.

Список литературы

- [1] Kuznetsova N., Kuznetsov V., “Plausible cause of enhanced volcanism”, *New Concept Glob. Tect. Newsletters*, 2012, №62.
- [2] Newhall C. A., Self S., “The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism”, *J. Geophys. Res.*, **87**:2 (1982), 1231-1238.
- [3] Влодавец В.И., *Вулканы мира*, М., 2007. [Vlodavec V.I., *Vulkany mira*, М., 2007].
- [4] Bridgman P. W., *General Survey of Certain Results in the Field of High-Pressure Physics*, Nobel Lecture, December 11, 1964, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1964.
- [5] Фатеев Е.Г., “Влияние сверхнизкочастотного электрического поля на порог взрывной неустойчивости льда”, *ЖТФ*, **73**:4 (2003), 43-48. [Fateev E.G., “Vliyanie sverhnizkochtotohnogo ehlektricheskogo polya na porog vzryvnoj neustojchivosti l'da”, *ZHTF*, **73**:4 (2003), 43-48].
- [6] Ружич В.В., Псахье С.Г., Черных Е.Н. и др., “Деформации и сейсмические явления в ледяном покрове озера Байкал”, *Геол. и геофиз.*, **50**:3 (2009), 289-299. [Ruzhich V.V., Psah'e S.G., CHernyh E.N. i dr., “Deformacii i sejsmicheskie yavleniya v ledyanom pokrove ozera Bajkal”, *Geol. i geofiz.*, **50**:3 (2009), 289-299].
- [7] Csermely P., *WEAK LINKS. The Universal Key to the Stability of Networks and Complex Systems*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2009.
- [8] Кузнецов В. В., *Ударно-волновая модель очага землетрясения*, Препринт ИГиГ, №8, Новосибирск, 1990, 18 с. [Kuznecov V. V., *Udarno-volnovaya model' ochaga zemletryaseniya*, Preprint IGiG, №8, Novosibirsk, 1990, 18 pp.]
- [9] Кузнецов В. В., *Введение в физику горячей Земли*, КамГУ, Петропавловск-Камчатский, 2008, 367 с. [Kuznecov V. V., *Vvedenie v fiziku goryachej Zemli*, KamGU, Petropavlovsk-Kamchatskij, 2008, 367 pp.]

- [10] Кузнецов В. В., “Ударно-волновая модель землетрясения (I). Сильные движения землетрясения, как выход ударной волны на поверхность”, *Физическая мезомеханика*, **12:6** (2009), 87-96. [Kuznetsov V. V., “Udarno-volnovaya model’ zemletryaseniya (I). Sil’nye dvizheniya zemletryaseniya, kak vyhod udarnoy volny na poverhnost’”, *Fizicheskaya mezomekhanika*, **12:6** (2009), 87-96].
- [11] Allan D. R., Marshall W. G., Pulham C. R., “The high-pressure crystal structure of potassium hydrogen carbonate (KHCO₃)”, *American Mineralogist*, **92** (2007), 1018-1025.
- [12] Кузнецов В. В., “Ударная волна в ионосфере в момент землетрясения”, *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*, 2016, №3(14), 64-71. [Kuznetsov V. V., “Udarnaya volna v ionosfere v moment zemletryaseniya”, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*, 2016, №3(14), 64-71].
- [13] Федотов С. А., Сугробов В. М., Уткин И. С., Уткина Л. И., “Возможности использования тепла магматического очага Авачинского вулкана и окружающих его пород для тепло- и электроснабжения”, *Вулканология и сейсмология*, 2007, №1, 32-46. [Fedotov S. A., Sugrobov V. M., Utkin I. S., Utkina L. I., “Vozmozhnosti ispol’zovaniya tepla magmaticheskogo ochaga Avachinskogo vulkana i okruzhayushchih ego porod dlya teplo- i ehlektrosnabzheniya”, *Vulkanologiya i sejsmologiya*, 2007, №1, 32-46].
- [14] Кузнецов В. В., “К вопросу о физике плюма”, *Геофизический журнал*, **30:6** (2008), 76-92. [Kuznetsov V. V., “K voprosu o fizike plyuma”, *Geofizicheskij zhurnal*, **30:6** (2008), 76-92].
- [15] Никишин В. В., Прочнева Н. Г., Тишкин В. Ф. и др., “Анализ «фундаментальных событий» в развитии неустойчивости Рихтмайера-Мешкова”, *Экстремальные процессы и состояния: Труды V Забабихинских научных чтений*, 20-25 сентября 1998 г. [Nikishin V. V., Prochneva N. G., Tishkin V. F. i dr., “Analiz «fundamental’nyh sobytij» v razvitii neustojchivosti Rihtmajera-Meshkova”, *EHkstremaal’nye processy i sostoyaniya: Trudy V Zababahinskih nauchnyh chtenij*, 20-25 sentyabrya 1998 g].
- [16] Kuznetsov V., “Geophysical field disturbances and quantum mechanics”, *E3S Web of Conferences*, **20** (2017), 02005.

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Kuznetsova N., Kuznetsov V. Plausible cause of enhanced volcanism // *New Concept Glob. Tect. Newsletters*, 2012. no.62.
- [2] Newhall C.A., Self S. The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism // *J. Geophys. Res.* 1982. vol. 87. no 2. P. 1231-1238.
- [3] Влодавец В.И. Вулканы мира. 2-е изд. М.: 2007.
- [4] Bridgman P.W. General Survey of Certain Results in the Field of High-Pressure Physics // *Nobel Lecture*, December 11, 1946. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1964.
- [5] Фатеев Е.Г. Влияние сверхнизкочастотного электрического поля на порог взрывной неустойчивости льда // *ЖТФ*. 2003. Т. 73. №4. С. 43-48.
- [6] Ружич В.В., Псахье С.Г., Черных Е.Н. и др. Деформации и сейсмические явления в ледяном покрове озера Байкал // *Геол. и геофиз.* 2009. Т. 50. №3. С. 289-299.
- [7] Csermely P. WEAK LINKS. The Universal Key to the Stability of Networks and Complex Systems. Springer-Verlag Berlin: Heidelberg, 2009.
- [8] Кузнецов В.В. Ударно-волновая модель очага землетрясения // Новосибирск. 1990. Препринт ИГиГ. №8. 18 с.
- [9] Кузнецов В.В. Введение в физику горячей Земли. Петропавловск-Камчатский: КамГУ, 2008. 367 с.
- [10] Кузнецов В.В. Ударно-волновая модель землетрясения (I). Сильные движения землетрясения, как выход ударной волны на поверхность // *Физическая мезомеханика*. 2009. Т. 12. № 6. С. 87-96.
- [11] Allan D.R., Marshall W.G., Pulham C.R. The high-pressure crystal structure of potassium hydrogen carbonate (KHCO₃) // *American Mineralogist*. 2007. vol. 92. P. 1018-1025.

- [12] Кузнецов В. В. Ударная волна в ионосфере в момент землетрясения // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2016. № 3(14). С. 64-71.
- [13] Федотов С.А., Сугробов В.М., Уткин И.С., Уткина Л.И. Возможности использования тепла магматического очага Авачинского вулкана и окружающих его пород для тепло- и электроснабжения // Вулканология и сейсмология. 2007. № 1. С. 32-46.
- [14] Кузнецов В.В. К вопросу о физике плюма // Геофизический журнал. 2008. Т. 30. №6. С. 76-92.
- [15] Никишин В.В., Прочнева Н.Г., Тишкин В.Ф. и др. Анализ «фундаментальных событий» в развитии неустойчивости Рихтмайера-Мешкова // Сб. Экстремальные процессы и состояния: Труды V Забабахинских научных чтений (20-25 сентября 1998 г.).
- [16] Kuznetsov V. Geophysical field disturbances and quantum mechanics // E3S Web of Conferences **20**, 02005 (2017) Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors. DOI: 10.1051/e3sconf/20172002005.

Для цитирования: Кузнецов В. В. Новый подход к физике землетрясений и вулканов // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2018. № 2(22). С. 100-111. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-22-2-100-111

For citation: Kuznetsov V.V New approach to physics of earthquakes and volcanoes, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2018, **22**: 2, 100-111. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-22-2-100-111

Поступила в редакцию / Original article submitted: 04.04.2018

DOI: 10.18454/2079-6641-2018-22-2-100-111

MSC 86A17

NEW APPROACH TO PHYSICS OF EARTHQUAKES AND VOLCANOES

V. V. Kuznetsov

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, 684034,
Paratunka, Mirnaya str., 7, Russia
E-mail: vvkuz38@mail.ru

The author in recent years is developing a shock-wave model of the earthquake. The shock wave (SW) at the time of the earthquake is formed when the structural phase transition is realized in the hypocentre region, it comes to the surface of the Earth and is reflected. In this case, a reflected wave of expansion (discharge) appears, directed opposite to the shock wave. The interaction of these waves leads to strong movements: surface ruptures, decompaction of the ground, its vibrational movements, and so on. It is known that earthquakes and volcanic eruptions are "related phenomena". They occur on Earth, as a rule, in the same place (for example, on the coast of the Pacific Ocean). Analyzing the seismic wave pattern under the source of volcanoes, one can see that in most cases the magmatic source does not have roots that go into the mantle to the outer core of the Earth. The question arises, how is an magma chamber isolated from the outside world created, and how does magma preheat it? As you know, there is no sound answer. In this work, a fundamentally new model of the volcano is proposed, according to which the origin of the magma chamber and its regular "feeding" by energy occur due to shock waves exactly the same as those that cause earthquakes. The shock wave, which leads to an earthquake, spreads in an elastic medium and comes to the Earth's surface with practically no loss of energy and when it leaves the earth's surface it destroys it. If the hydrocarbon meets in its path an inelastic (eg porous or liquid) medium in which an unloading wave occurs, then the shock wave dissipates with heating of the medium and the formation of a magmatic source. It is obvious that on the surface of the Earth in this case the SW leaves a completely different "trace and this will already be a volcano.

Key words: earthquakes, volcanoes, shock wave entanglement

© Kuznetsov V. V., 2018