

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ЧАСТОТУ ИЗВЕРЖЕНИЙ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

Бабаев Али-Икрам Шехали, кандидат геолого-минералогических наук

ГНКАР, az 1111, Азербайджан, г. Баку, ул. Сеидзаде 2-26

E-mail: fregat40@yandex.ru

Оценка влияния энергии землетрясений на частоту извержения грязевых вулканов, особенно в районах, где вулканы находятся в непосредственной близости от населенных пунктов, является актуальной задачей. В условиях, когда попытки статистической оценки такого влияния не дают однозначного ответа, особую важность приобретают модели, отображающие физическую сущность воздействия энергии сейсмических волн на структуру грязевого вулкана. Автором разработана модель такого воздействия, учитывающая изменение времени накопления флюидов, несущих энергию в газовый очаг грязевого вулкана, энергии извержения и периода покоя вулканов в результате воздействия землетрясений. Указано, что наибольшее воздействие энергии сейсмических волн может оказывать на силу трения грязевых масс о стенки жерла вулкана при извержении, снижая тем самым энергию извержения и период покоя вулкана. На основе извержения вулкана Локбатан и землетрясения магнитудой в 6,3, произошедших в 1935 г. показано, что снижение энергии извержения составило 1,69 %. Отмечено, что для этого вулкана, средний период покоя которого составляет 7–8 лет, такое незначительное изменение силы трения брекчии о стенки его жерла слабо отразится на периоде покоя и величине энергии извержения. Сделаны следующие основные выводы:

- вибрация, вызываемая сейсмическими толчками, воздействует на энергию необходимую для преодоления трения грязевых масс о стенки жерла вулкана, но не сказывается на остальных компонентах энергии его извержения. В случае, когда грязевой вулкан находится близко к эпицентру землетрясения, а само землетрясение бывает мощным, такое воздействие может стать ощутимым, вызывая преждевременное извержение вулканов;
- извержения вулканов произошедшие под влиянием землетрясений характеризуются меньшими энергиями и объемами выброшенной парогазовой смеси;
- выраженной корреляции между извержениями грязевых вулканов и землетрясениями не наблюдается;
- определяющими параметрами оценки воздействия землетрясения на деятельность грязевых вулканов являются магнитуда, частота сейсмических толчков и расстояние от его гипоцентра до вулкана.

Ключевые слова: грязевые вулканы, вулкан, землетрясение, магнитуда, сейсмические волны

INFLUENCING OF ENERGY OF EARTHQUAKES ON FREQUENCY OF ERUPTIONS OF MUD VOLCANOES

Babaev Ali-Ikram Sh.

C.Sc. in Geology and Mineralogy

SOCAR, Seidzade street 2-26, Baku, az 1111, Azerbaijan

E-mail: fregat40@yandex.ru

The appraisal of influencing of energy of earthquakes on frequency of eruptions of mud volcanoes, specially in areas where volcanoes are in immediate proximity from settlements, is an actual problem. In conditions when attempts of a statistical appraisal of such influencing do not produce an unambiguous answer, special relevance is got by the models imaging physical essence of affecting of energy of seismic waves on pattern of a mud volcano. The author elaborates the model of such affecting allowing for delta time of upbuilding of fluids, bearing energy in the gaseous hearth of a mud volcano, energy of eruptions and a dormant period of volcanoes as a result of affecting of earthquakes. It is pointed that energy of seismic waves can render the greatest affecting on friction force of mud masses about walls of a muzzle of a volcano at eruptions, slashing thereby energy of eruptions and a volcano dormant period. On the basis of eruptions of a volcano of Lokbatan and earthquakes, by magnitude in 6,3, events in 1935 it is demonstrated that drop of energy of eruptions has compounded 1,69 %. It is noticed that for this volcano which one mean dormant period compounds 7–8 years, such minor alteration of friction force of breccia about walls of its muzzle was gentle will be mirrored in a dormant period and magnitude of energy of eruptions. Following basic conclusions are drawn:

- The chattering caused by seismic impacts, affects energy indispensable for overcoming of a friction of mud masses about walls of a muzzle of a volcano, but does not affect other reductants of energy of its eruption. In a case when the mud volcano is close to earthquake epicentre, and earthquake happens powerful, such affecting can become notable, causing premature eruptions of volcanoes;
- Eruptions of volcanoes events under the influence of earthquakes are characterised smaller energies and bulks of the thrown out steam-gaseous mixture;
- The expressed correlation between eruptions of mud volcanoes and earthquakes it is not observed;
- Instituting arguments of an appraisal of affecting of earthquake on activity of mud volcanoes are the magnitude, frequency of seismic impacts and spacing interval from its hypocentre to a volcano.

Keywords: mud volcanoes, a volcano, earthquake, magnitude, seismic waves

Распространенность грязевого вулканизма во многих районах мира, их частая расположенность в зонах с повышенной сейсмической активностью [2, 8, 9] сделало изучение взаимовлияния сейсмоактивности и деятельности грязевых вулканов весьма актуальным [3, 14, 15]. Особенно важным это направление исследований является для Азербайджана, где большое количество грязевых вулканов находятся в нескольких десятках километров от столицы, а все ее окрестности как на суше, так и в море буквально усеяны нефтедобывающими скважинами. При этом наличие развитой инфраструктуры добычи нефти несет двойственную угрозу населению Баку и его пригородов: с одной стороны активная добыча нефти и закачка в нефтесодержащие пласты воды меняет давление на породы, слагающие эти пласты, вызывая скопление в них напряжений, которые со временем разряжаются в виде сейсмических толчков, а с другой стороны мощные землетрясения часто сопровождаются пожа-

рами, что, учитывая горючесть нефти и ее производных может принести немало бед.

Иллюстрацией к вышеописанному может служить землетрясение 2000-го года, когда 2 толчка силой свыше 6 баллов вызвали трещины в некоторых зданиях г. Баку. Эпицентр этого землетрясения находился в море, а основной причиной стало скопление сейсмических напряжений в результате интенсивной добычи нефти в течение длительного промежутка времени [7].

Однако, несмотря на попытки некоторых специалистов провести статистические параллели между частотой извержений грязевых вулканов и землетрясениями [1, 5], происходящими в то же время, прямая зависимость между ними обнаружена не была. Причиной этому может служить недостаточное для такого рода анализа количество фактического материала. Так, на территории Азербайджана за весь XX век и начало XXI века наряду со многими тысячами мелких сейсмических толчков было зарегистрировано лишь несколько более или менее крупных землетрясения. Вместе с тем, на той же территории ежегодно происходит по 2–3 извержения грязевых вулканов. Часть из них сопровождаются излияниями больших объемов грязи, выбросами столбов горящего газа и другими признаками мощного пароксизма. Очевидно, что если и есть связь между деятельностью грязевых вулканов и сейсмоактивностью в районах их скоплений, а также в прилегающих к этим районам зонах, то она глубже и для выяснения характера этой связи необходим детальный анализ процессов подготовки вулканов к извержению.

Как известно, при любом геологическом процессе расходуется определенное количество энергии. Основным источником энергии грязевых вулканов является тепло, накапливаемое парогазовой смесью в его газовом очаге. Все прочие виды энергии (в частности тектоническая) с учетом высокой частоты извержений некоторых вулканов (Локбатан, Шихзагирли и др.) являются второстепенными. Это подтверждается еще и тем, что в районах, где сумма поступающей от фундамента тепловой энергии и тепла, выделяющегося в результате распада радионуклидов в земной коре, значительно превосходит тепло, рассеиваемое с поверхности Земли, при соответствующих геологических условиях располагаются практически все известные грязевые вулканы Азербайджана.

В этих условиях функционирование вулкана напоминает работу своеобразной «тепловой машины», где накапливающаяся в газовом очаге вулкана парогазовая смесь является рабочим телом, а объемы и массы продуктов извержения всех фаз, находясь в строгом соответствии с законами термодинамики, зависят друг от друга.

Автором была разработана модель деятельности грязевого вулкана и подсчитаны количества энергии, метана, пара и грязи, участвующих в процессе его извержения. В качестве типичного наземного вулкана при расчетах был взят вулкан Локбатан, а подводного – Чигил-дениз. Несмотря на некоторые отличия в механизмах извержения наземных и подводных грязевых вулканов при рассмотрении влияния землетрясений на частоту их извержений мы приводим ниже обобщенную модель подготовки к извержению и собственно извержения грязевого вулкана.

- достижение газом, аккумулирующемся в газовом очаге грязевого вулкана максимального давления и связанное с этим начало движения столба жидкой брекчии [6];

- вжимание брекчии через трещины в стенках жерла вулкана обратно в межпластовое пространство;
- разрушение твердой пробки, связанное с достижением давления газа в жерле вулкана величины, равной сумме давлений остаточного столба жидкой брекчии (рис. 1) (после интродуирования ее части обратно в пласты) и давления, необходимого для разрушения твердой пробки (из-за незначительности внутреннего объема жерла вулкана величина этой суммы давлений будет не больше начального гидростатического давления столба жидкой брекчии);
- выброс на дневную поверхность остаточного столба жидкой брекчии и скопившихся под ним газов. Возгорание газа, если это позволяет его PVT – параметры;
- выдавливание из пластов, окружающих жерло вулкана, в жерло вулкана через трещины на стенках жерла новых порций вязко-текучей грязевой массы;
- уменьшение давления газа в газовом очаге грязевого вулкана до величины, когда выдавливающиеся из боковых пластов грязевые массы уже не успевают выноситься на дневную поверхность, что приводит к заполнению ими жерла вулкана и формированию, таким образом, новой пробки. Активная фаза извержения на этом заканчивается.

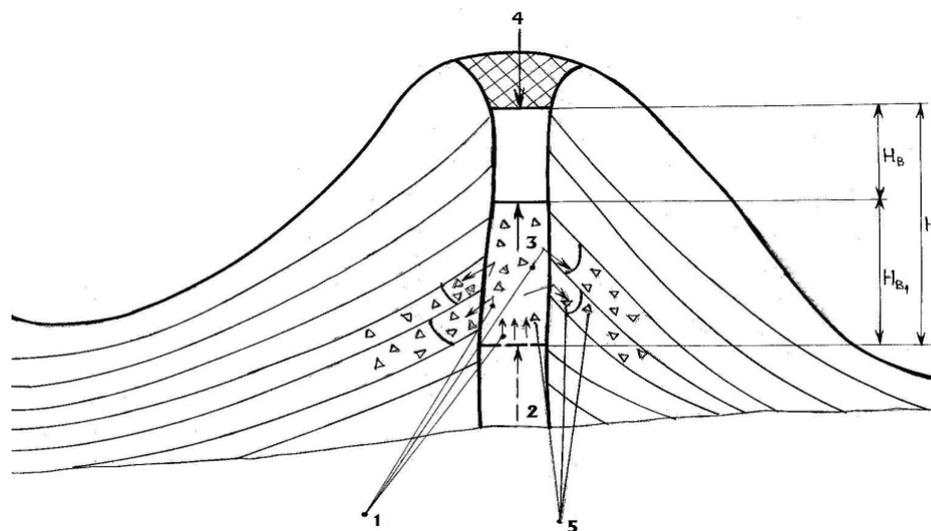


Рис. 1. Схема извержения наземного грязевого вулкана
1 – направление движения грязевых масс перед разрывом пробки; 2 – направление действия силы, с которой газ давит на столб грязевулканической брекчии перед началом извержения; 3 – направление действия силы, с которой газ давит на столб грязевулканической брекчии непосредственно перед разрывом твердой пробки наземного грязевого вулкана; 4 – силы, характеризующие сопротивление твердой пробки вулкана разрушению; 5 – грязевулканическая брекчия

Учитывая вышесказанное, энергия извержения вулкана E_B формируется из следующих составляющих: E_{Tr} – энергия, необходимая для преодоления трения грязевых масс о стенки жерла; E_T – энергия, необходимая для преодо-

ления сил гравитации при подъеме столба грязи до поверхности Земли; $E_{р.пр.}$ – энергия разрушения твердой пробки, возникающей в приповерхностной части жерла вулкана в периоды его покоя. То есть:

$$E_b = E_{тр} + E_r + E_{р.пр.} \quad (1);$$

Ввиду того, что величина $E_{р.пр.}$ по сравнению с другими составляющими E_b невелика, ею в дальнейших построениях можно пренебречь. Однако для разрушения твердой пробки грязевого вулкана требуется большое давление. Наименьшая величина этого давления, вычисленная автором для наземных грязевых вулканов, составила 151 МПа [6].

Характер воздействия землетрясений на частоту извержений грязевых вулканов становится понятнее, если представить себе жерло вулкана, находящегося в покое в виде вертикальной, или наклонной трубы, заполненной вязкой жидкостью с твердой пробкой в верхней части. Так как основными характеристиками воздействия землетрясения на различные объекты являются частота и амплитуда толчков, то его влияние на вулкан может выразиться в случае достаточной мощности и частоты сейсмических колебаний в месте расположения вулкана в разрушении твердой пробки в жерле вулкана и изменении силы трения грязевых масс о стенки жерла. Изменение силы трения часто бывает весьма значительным и в зависимости от указанных характеристик землетрясения может как увеличиваться, так и снижаться.

Иногда мощные высокочастотные колебания приводят к тому, что даже твердые материалы с размером зерен порядка нескольких миллиметров приобретают текучесть жидкости. Это явление привело к серии катастроф сухогрузов в XX в. на Ладожском озере. Когда суда с полными зерном трюмами бурными осенними днями пересекали озеро, груз приобретал текучесть и начинал наваливаться то на одну, то на другую стенку корабля, вызывая его раскачивание. В конце концов, корабль опрокидывался. Только после того, как к зерну начали относиться как к жидкости (разделили трюм на отсеки) катастрофы прекратились [10].

С учетом того, что $E_{тр}$ составляет более половины энергии извержения вулкана ($E_{тр} \approx 1,7 \cdot 10^{14}$ Дж при $E_b \approx 2,8 \cdot 10^{14}$ Дж [6]) становится понятным, что даже незначительное ее изменение заметно скажется на таких характеристиках вулкана, как период покоя и мощность извержения. Ниже мы попытаемся количественно оценить воздействие вибрации на указанные параметры грязевых вулканов.

Так как процесс поступления энергии в газовый очаг грязевого вулкана идет с постоянной, индивидуальной для каждого вулкана скоростью, то:

$$E_b = v_b \cdot T \quad (2),$$

где v_b – скорость поступления энергии в газовый очаг грязевого вулкана, Дж/с;

T – период покоя вулкана, с.

Принимая во внимание сделанное выше допущение о пренебрежении энергией, необходимой для разрушения твердой пробки грязевого вулкана, и объединив выражения (1) и (2), получим:

$$E_{тр} + E_r = v_b \cdot T, \text{ или: } T = (E_{тр} + E_r) / v_b \quad (3)$$

Ввиду того, что E_r не зависит от воздействия внешних факторов, то для случая, когда в процессы подготовки к извержению и собственно извержения вмешивается вибрация, выражения (1) и (3) переписутся следующим образом:

$$E_{в1} = E_{тр1} + E_r \quad (4),$$

где $E_{в1}$ – минимальная энергия извержения вулкана при воздействии вибрации на процессы извержения;

$E_{тр1}$ – энергия, необходимая для преодоления трения грязевых масс о стенки жерла вулкана, при воздействии вибрации на процессы извержения;

При воздействии вибрации на процессы извержения изменится и период покоя вулкана T_1 .

$$T_1 = (E_{тр1} + E_r) / v_b \quad (5),$$

где T_1 – период покоя вулкана, подвергнувшегося действию вибрации во время землетрясения.

Изменение же периода покоя и мощности извержения в процентах по отношению к таковым без воздействия сейсмических толчков будет таким:

$$\eta_E = (E_b - E_{в1}) * 100 \% / E_b \quad (6);$$

$$\eta_T = (T - T_1) * 100 \% / T_1 \quad (7).$$

Например, если средний период покоя вулкана был 50 лет, то снижение $E_{тр}$ на 10 % приведет к тому, что следующее извержение произойдет через 46,96 лет, а энергия его извержения будет приблизительно равна $2,63 * 10^{14}$ Дж.

Однако на практике определение влияния вибраций на частоту извержений грязевых вулканов сопряжено со значительными, порой непреодолимыми трудностями. Это связано с тем, что некоторые индивидуальные не только для каждого вулкана, а часто даже каждого извержения одного и того же вулкана характеристики различны. К числу таких характеристик можно отнести:

- количество и реологические свойства извергнутой брекчии;
- форма жерла грязевого вулкана;
- тип извержения.

Сложность определения указанных характеристик извержений вулканов состоит не только в несовершенстве современных методов их измерений, но и во влиянии на точность измерения сторонних факторов: при огненном извержении, например, часть влаги из грязевых масс испаряется, вызывая ее загустевание, а дожди наоборот разжижают грязь. Понятно, что в таких условиях оценка величины снижения трения грязевых масс о стенки жерла вулкана за счет воздействия вибрации превращается в очень трудную задачу, требующую учета множества сторонних факторов.

Вместе с тем, иногда связь землетрясения с извержением вулкана бывает бесспорной. Одним из таких случаев является разрушительное Шемахинское землетрясение 1902 г., которое пробудило грязевой вулкан, расположенный около деревни Маразы, к востоку от города. Энергия основного сейсмического толчка здесь была такова, что прочность твердой пробки в устье жерла вулкана значительно снизилась. А последовавшая за этим серия толчков послабее ослабила силу трения брекчии о стенки жерла вулкана вызвав тем самым, его извержение, сопровождающееся обильным излиянием брекчии (рис. 2).

Однако в большинстве случаев сейсмические толчки играют лишь роль спускового крючка, вызывающего извержение уже накопивших достаточную для этого энергию грязевых вулканов. При этом часто складывается на первый взгляд нелогичная ситуация, когда во время землетрясения начинают извергаться вулканы, удаленные от эпицентра землетрясения на десятки, а то и сотни километров, а те вулканы, что находятся значительно ближе к нему, остаются в покое. Это происходит оттого, что энергии, накопленной в газовых очагах близлежащих вулканов недостаточно для начала извержения даже с учетом влияния вибрации, вызываемой сейсмическими толчками. С другой

стороны, удаленный вулкан, практически полностью восстановивший свою энергию к началу землетрясения, под влиянием вибрации пробуждается.

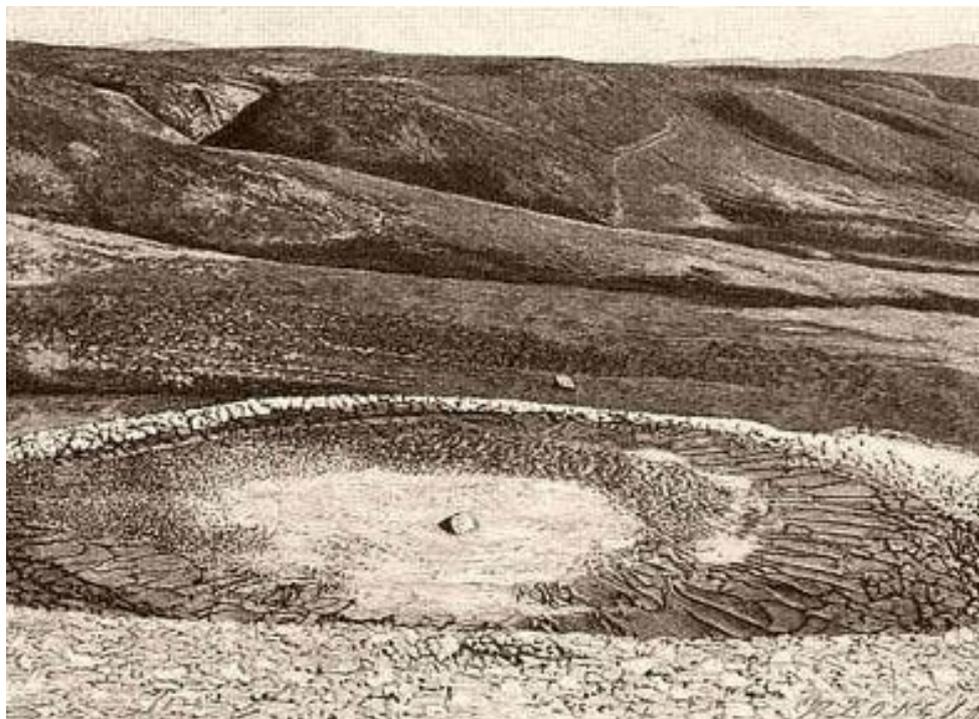


Рис. 2. Грязевой вулкан, расположенный неподалеку от деревни Мараза к востоку от Шемахи после извержения 1902 г. [11]

Таким образом, при учете влияния землетрясений на частоту извержений грязевых вулканов необходимо в первую очередь оценивать скорость накопления флюидов в их газовые очаги. Эту, индивидуальную для каждого вулкана характеристику можно приблизительно рассчитать исходя из его среднего периода покоя и средней энергии извержения. К сожалению, систематическое наблюдение за деятельностью грязевых вулканов на протяжении длительного промежутка времени (столетия) проводилось лишь в тех случаях, когда они располагались неподалеку от населенных пунктов и для многих вулканов такая информация отсутствует. Поэтому, мы можем пользоваться данными только для 2–3 наиболее часто извергавшихся вулканов. Одним из таких вулканов является Локбатан, расположенный в 15 км от Баку, неподалеку от одноименного поселка. Ниже представлена таблица его зарегистрированных извержений, охватывающая период со второй половины XIX в., до начала XXI в.

Таблица 1

Извержения грязевого вулкана Локбатан за период 1810–2001 гг. [4]

№№ п/п	Дата извержения	Продолжительность извержения, ч	Подземный гул	Взрыв	Высота пламени, м	Образование трещин	Объем брекчи, м ³
1	1864	–	–	–	–	+	–
2	1884	–	–	–	–	–	–
3	1887	24	+	+	400–500	+	120000
4	1890	–	–	–	–	–	–
5	1900	–	–	–	–	–	–
6	1904	–	–	–	–	–	–
7	1915	1	+	–	60	+	–
8	1918	–	–	–	–	–	–
9	1923	1,5	+	–	40–45	+	–
10	1926	3,5	+	–	200–210	–	12200
11	1933	–	–	–	–	–	–
12	1935	–	–	–	–	+	–
13	1938	–	–	–	–	–	–
14	1941	–	–	–	–	–	–
15	1954	0,25	+	+	400–500	+	120000
16	1959	0,17	+	+	200–300	–	140000
17	1964	–	–	–	–	–	–
18	1972	1	+	+	200	+	121800
19	1977	2,5	+	+	200–300	+	200000
20	1980	0,32	–	+	100	–	50000
21	1990	–	–	–	–	+	–
22	2001	0,5	+	+	50–60	–	304000

Сопоставим данные из этой таблицы с датами наиболее сильных землетрясений, произошедших в Азербайджане за тот же период (табл. 2 [12, 13]):

Таблица 2

**Сильные землетрясения, произошедшие на территории
Азербайджана в 1850–2000 гг.**

Даты землетрясений	Район
1859	Шемаха
1868	–““–
1872	–““–
1902	–““–
1852	Каспий
1911	–““–
1935	–““–
1961	–““–
1963	–““–
1986	–““–
1989	–““–
2000	–““–

Как видно из таблиц 1 и 2, только одно извержение вулкана Локбатан произошло в том же году, что и землетрясение (1935 г.), т.е. выраженной связи между извержениями этого вулкана и землетрясениями не прослеживается. Причина этого становится понятнее, если учесть количество энергии землетрясения, поглощаемое структурой вулкана, и сопоставить это количество с энергией извержения вулкана. Проиллюстрируем это на примере Каспийского землетрясения 1935 г., которое имело следующие характеристики: $M - 6,3$; глубина очага – 14,93 км. Расстояние от эпицентра землетрясения до вулкана Локбатан составило примерно 200 км.

Для вычисления энергии данного землетрясения воспользуемся формулой Рихтера для связи энергии землетрясений и их магнитуды:

$$\lg E = 1.5M + 11.8 \quad (8),$$

где E – энергия землетрясения;

M – магнитуда землетрясения.

Подставив в формулу значение магнитуды M получим:

$$E = 10^{21.25} \text{ эрг} \approx 1,78 \cdot 10^{14} \text{ Дж.}$$

Ввиду того что сейсмические волны распространяются из гипоцентра во все стороны, то находящийся на удалении вулкан получает лишь часть энергии землетрясения, проходящую через его структуру. В таких условиях большое значение приобретают геометрические характеристики вулкана (форма и размеры газового очага, наклон жерла и т.д.) и его пространственная ориентированность по отношению к линии, перпендикулярной фронту сейсмической волны в точке ее максимального контакта с вулканом. Так, если газовый очаг вулкана вытянут вдоль этой линии, а его длина значительно больше ширины, то воздействие землетрясения будет значительно выше (рис. 3). Однако в большинстве случаев для оценки воздействия землетрясения на вулканы достаточно представить газовые очаги этих вулканов в виде круга. Тогда максимальная длина линии, через которую проходит фронт волны, будет диаметром этого круга.

Далее, приняв площадь накопления энергии, необходимой для извержения грязевых вулканов за площадь их газового очага, а само извержение – огненным, вычислим длину D линии контакта фронта сейсмической волны и газового очага вулкана.

$$D = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (9),$$

где S – площадь газового очага грязевого вулкана для огненного извержения ($3,26 \cdot 10^8 \text{ м}^2$) [6].

Как уже отмечалось выше, энергия землетрясения, выделившаяся в его гипоцентре, разносится сейсмическими волнами во все стороны. Поэтому, через вулкан пройдет лишь та ее часть E_1 , которая ограничена линией контакта волны со структурой вулкана.

$$E_1 = \left(\frac{D}{\pi D_1}\right) E \quad (10),$$

где E – энергия землетрясения ($1,78 \cdot 10^{14}$ Дж);

D_1 – диаметр окружности, с центром в гипоцентре землетрясения пересекающей в начале и конце линию контакта D с грязевым вулканом (400 км);

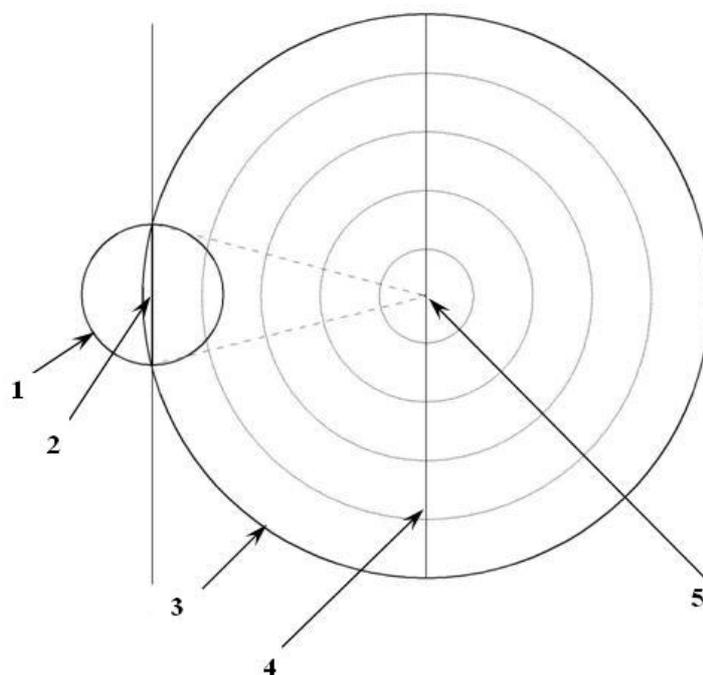


Рис. 3. Схема воздействия землетрясения на грязевой вулкан:
 1 – грязевой вулкан; 2 – линия контакта фронта сейсмической волны и газового очага вулкана (D); 3 – фронт сейсмической волны; 4 – диаметр фронта сейсмической волны в момент максимального контакта с газовым очагом грязевого вулкана (D_1); 5 – гипоцентр землетрясения

Подставляя значения в формулы (9) и (10) получим:

$$D \approx 20,38 \text{ км};$$

$$E_1 \approx 2,88 \times 10^{12} \text{ Дж.}$$

Указанная величина E_1 в процентах от $E_{\text{тр}}$ составит:

$$\eta_{E_1} = \frac{E_1}{E_{\text{тр}}} \times 100\% \quad (11), \text{ или:}$$

$$\eta_{E_1} = \frac{2,88 \times 10^{12}}{1,7 \times 10^{14}} \times 100\% \approx 1,69\%$$

Нетрудно заметить, что для вулкана Локбатан, средний период покоя которого составляет 7–8 лет, такое незначительное изменение силы трения брекчии о стенки его жерла слабо отразится на периоде покоя и величине энергии извержения.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

- вибрация, вызываемая сейсмическими толчками, воздействует на энергию, необходимую для преодоления трения грязевых масс о стенки жерла вулкана, но не сказывается на остальных компонентах энергии его извержения. В случае, когда грязевой вулкан находится близко к эпицентру земле-

трясения, а само землетрясение бывает мощным, такое воздействие может стать ощутимым, вызывая преждевременное извержение вулканов;

- извержения вулканов, произошедшие под влиянием землетрясений, характеризуются меньшими энергиями и объемами выброшенной парогазовой смеси;
- выраженной корреляции между извержениями грязевых вулканов и землетрясениями не наблюдается;
- определяющими параметрами оценки воздействия землетрясения на деятельность грязевых вулканов являются магнитуда, частота сейсмических толчков и расстояние от его гипоцентра до вулкана.

Список литературы

1. Алиев А. А. Влияние сейсмичности на грязевой вулканизм Азербайджана и некоторые парадоксы. / А. А. Алиев, А. А. Байрамов // Труды ИГНАНА – Баку : Nafta-Press, 2008. – № 35. – С. 40–51.
2. Алиев А. А. Грязевые вулканы и сейсмичность Шемахино-Гобустанского района. / А. А. Алиев, А. Г. Гасанов, А. Я. Кабулова // Материалы юбилейной сессии, посвященной 50-летию ИГНАНА. – Баку : Элм, 1989. – С. 215–217.
3. Алиев А. А. Землетрясения и активизация грязевулканической деятельности (причинная связь и взаимодействие) / А. А. Алиев, А. Г. Гасанов, А. А. Байрамов // Труды ИГНАНА – Баку : Nafta-Press, 2001. – С. 26–39.
4. Алиев А. А. Каталог зафиксированных извержений грязевых вулканов Азербайджана (1810–2001 гг.) / А. А. Алиев, И. С. Гулиев, И. С. Белов – Баку : Nafta-Press, 2002. – 94 с.
5. Ахмедбейли Ф. С. Современная активность грязевых вулканов восточной части Азербайджана и ее связь с сейсмичностью / Ф. С. Ахмедбейли // ДАН АН Азерб. ССР. – 1975. – Т. 31, № 8. – С. 61–64.
6. Бабаев А. Ш. Моделирование деятельности грязевых вулканов в связи с прогнозом нефтегазоносности / А. Ш. Бабаев – Баку : МВМ, 2007. – 122 с.
7. Гасанов А. Г. Каспийское землетрясение 25.11.2000 г. / А. Г. Гасанов, Б. М. Панахи, Г. Д. Етирмишли, С. Т. Агаева, Р. Р. Абдуллаева // Известия НАНА: Науки о Земле. – 2005. – № 1. – С. 43–51.
8. Панахи Б. М. Грязевулканические землетрясения. Вулканизм и сейсмология / Б. М. Панахи, Р. Р. Рахманов. – Москва, 1993. – № 2. – С. 98–102.
9. Панахи Б. М. Сейсмичность областей развития грязевых вулканов (Азербайджан и регион Каспия) / Б. М. Панахи. – Москва, 1998. – 36 с.
10. Первозванский А. А. Трение – сила знакомая, но таинственная / А. А. Первозванский // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 2. – С. 129–134.
11. Режим доступа: http://www.family-stories.net/html/l_earthquake1902.html, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Режим доступа: <http://www.gia.az/view.php?lang=ru&menu=45&id=575>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Султанова З. З. Землетрясения Азербайджана. Каталог землетрясений Азербайджана (с 1139 по 1969 гг.) / З. З. Султанова – Баку : Гянджлик, 1969. – 86 с.
14. Aliyev Ad. A. Influence of seismicity and mud volcanoes on the hydrogeochemical regime of the fluids of Azerbaijan (On an example of the Caspian-Baku earthquake 25.11.2000 year) / Ad. A. Aliyev, R. A. Keramova // IRI, 5-th International Symposium. – 2007.
15. Aliyev Ad. A. Mud volcanism and earthquakes. Mud volcanism, geodynamics and seismicity / Ad. A. Aliyev // Advanced Research Workshop. – Baku, 2003.

References

1. Aliev A. A., Bayramov A. A. Vliyanie seysmichnosti na gryazevoy vulkanizm Azerbaydzhana i nekotorye paradoksy [Effect of seismicity in mud volcanism in Azerbaijan and some paradoxes]. Baku, Nafta-Press, 2008, no. 35, pp. 40–51.
2. Aliev A. A., Gasanov A. G., Kabulova A. Ya. Gryazevye vulkany i seysmichnost Shemakhino-Gobustanskogo rayona [Mud volcanoes and seismic activity Shemakhino-Gobustan region]. Baku, Elm, 1989, pp. 215–217.
3. Aliev A. A., Gasanov A. G., Bayramov A. A. Zemletryaseniya i aktivizatsiya gryazevulkanicheskoy deyatel'nosti [Earthquakes and activation of mud volcanic activity]. Baku, Nafta-Press, 2001, pp. 26–39.
4. Aliev A. A., Guliev I. S., Belov I. S. Katalog zafiksirovannykh izverzheniy gryazevykh vulkanov Azerbaydzhana [Catalog recorded eruptions of mud volcanoes of Azerbaijan]. Baku, Nafta-Press, 2002, 94 p.
5. Akhmedbeyli F. S. Sovremennaya aktivnost gryazevykh vulkanov vostochnoy chasti Azerbaydzhana i ee svyaz s seysmichnostyu [Modern Active mud volcanoes in the eastern part of Azerbaijan and its relationship with seismic]. DAN AN Azerb. SSR, 1975, vol. 31, no. 8, pp. 61–64.
6. Babaev A. Sh. Modelirovanie deyatel'nosti gryazevykh vulkanov v svyazi s prognozom neftegazonosnosti [Simulation of mud volcanoes in relation to the forecast oil and gas]. Baku, MVM, 2007, 122 p.
7. Gasanov A. G., Panakhi B. M., Yetirmishli G. D., Agaeva S. T., Abdullaeva R. R. Kaspiyskoe zemletryasenie 25.11.2000 g. [The Caspian earthquake 25.11.2000]. Izvestiya NANA: Nauki o Zemle [], 2005, no. 1, pp. 43–51.
8. Panakhi B. M., Rakhmanov R. R. Gryazevulkanicheskie zemletryaseniya. Vulkanizm i seysmologiya [Mud volcanic earthquake. Volcanism and seismology]. Moscow, 1993, no. 2, pp. 98–102.
9. Panakhi B. M. Seysmichnost oblastey razvitiya gryazevykh vulkanov (Azerbaydzhan i region Kaspiya) [Seismicity areas of mud volcanoes (Azerbaijan and the Caspian region)]. Moscow, 1998, 36 p.
10. Pervozvanskiy A. A. Trenie – sila znakomaya, no tainstvennaya [Friction - the power of a friend, but mysterious]. 1998, no. 2, pp. 129–134.
11. Mode of access: http://www.family-stories.net/html/1_earthquake1902.html, freely. – Title screen. – Rus.
12. Mode of access: <http://www.gia.az/view.php?lang=ru&menu=45&id=575>, freely. – Title screen. – Rus.
13. Sultanova Z. Z. Zemletryaseniya Azerbaydzhana. Katalog zemletryaseny Azerbaydzhana (s 1139 po 1969 gg.) [Earthquakes in Azerbaijan. The catalog of earthquakes of Azerbaijan]. Baku, Gyandzhlik, 1969, 86 p.
14. Aliyev Ad. A., Keramova R. A. Influence of seismicity and mud volcanoes on the hydrogeochemical regime of the fluids of Azerbaijan (On an example of the Caspian-Baku earthquake 25.11.2000 year). 2007.
15. Aliyev Ad. A. Mud volcanism and earthquakes. Mud volcanism, geodynamics and seismicity. Baku, 2003.