

Типотезы

ГРАВИТАЦИЯ И СЕЙСМИЧНОСТЬ

До последнего времени исследователи стремились раскрыть главным образом взаимодействие между сейсмичностью Земли и геологическими процессами, происходящими внутри планеты. Связаны ли землетрясения и вулканические процессы с внешними, космическими явлениями?

Своего рода «геоцентрическая» точка зрения господствует в физике Земли более столетия. Частично по этой причине многие проблемы тектонических землетрясений и вулканических извержений до настоящего времени недостаточно исследованы.

Явление сейсмичности Земли нужно рассматривать в целом не только с точки зрения изменения геолого-геоморфологических условий, но и учитывать изменения гравитационного поля Земли, например, лунно-солнечных приливных явлений, поступательного

и вращательного движения Земли и Луны, прецессионного качания и т. д. Нам представляется неправильным, что ряд важных работ, выполненных в середине прошлого столетия в области изучения влияния изменения гравитационного поля Земли на ее сейсмичность, незаслуженно забыт современниками.

ТРИ ЗАКОНА ПЕРРЕ

Еще в период становления сейсмологии, начиная с 1848 по 1879 г., в сообщениях французской Академии наук появились весьма интересные статистические работы дижонского профессора А. Перре о частоте землетрясений и их связи с фазами Луны, расстоянием Луны от Земли и ее кульминацией.

В первой своей работе французский ученый детально рассмотрел 6596 дней с землетрясениями и их распределение во времени (1801 — 1850) по сизигиям, квадратурам¹,

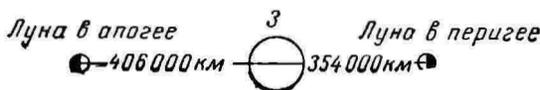
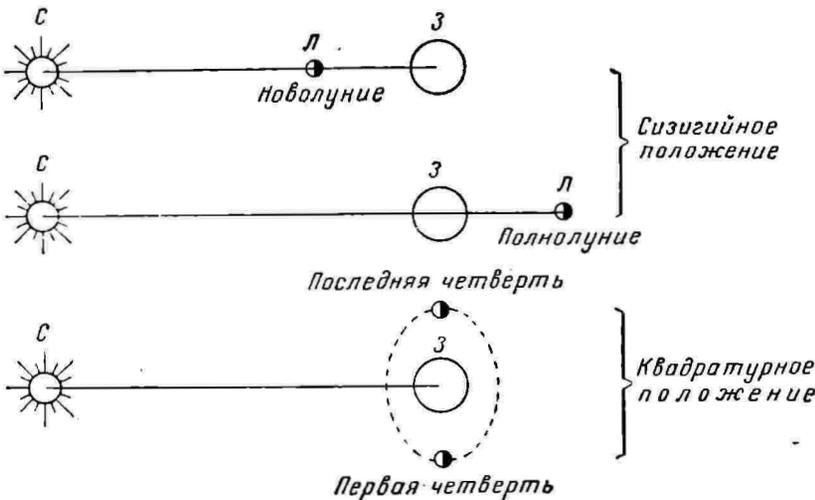


Рис. 1. Различные взаимные расположения Солнца (С), Земли (З) и Луны (Л)

¹ Сизигии — общее название новолуния и полнолуния, когда Солнце, Земля и Луна располагаются примерно на одной прямой; квадратуры Луны — такие ее положения, при которых видимое угловое расстояние Луны от Солнца составляет 90°.

Таблица 1

Увеличение числа дней с землетрясениями в сизигиях по сравнению с квадратурами (в %)

1843—47	1848—52	1853—57	1858—62	1863—67	1868—72	1843—72	1801—45	1801—50	1751—1800
12,8	5,8	3,4	4,3	5,9	3,3	5,1	11,7	8,6	8,5

Таблица 2

Увеличение числа дней с землетрясениями в перигее по сравнению с апогеем (в %)

Перигей — апогей	Периоды		
	1751—1801	1801—1850	1843—1872
За три дня	20,0	9,5	11,5
Накануне	13,0	6,5	8,6
В тот же день	10,0	16,9	11,6
На следующий день	11,6	9,8	2,7
На третий день	7,2	6,9	11,4

перигеям и апогеям. «Заканчивая эту главу,— писал он о результатах исследования,— я отмечаю, что землетрясения происходят чаще в перигее, чем в апогее... В течение полувека землетрясения являются более частыми в сизигиях, чем в квадратурах. Этот результат не противоречит научным мыслям большинства астрономов, физиков и геологов о жидкой природе внутренней части планеты и является необходимым следствием великого закона всемирного тяготения»¹.

Для проверки работ А. Перре Французская Академия наук назначила комиссию, в которую вошли астроном Араго, математики Ляме и Лиувиль и геолог Элли де Бомон (председатель). Комиссия пришла к выводу, что Перре установил в трех различных и совершенно независимых друг от друга формах влияние движения Луны на землетрясения. Он показал, во-первых, что частота землетрясений повышается к сизигиям; во-вторых, что частота их увеличивается к перигеям Луны и, наоборот, уменьшается к апогеям; и наконец, что толчки землетрясений происходят чаще, когда Луна находится вблизи меридиана, чем когда она отдалена от него на 90°.

В 1861 г. исследователь публикует еще одну работу, где рассматривает дополнительно 3655 дней с землетрясениями за период с 1751 по 1800 г., и подтверждает установленные им ранее законы.

В последней из известных нам работ А. Перре подводит итог своим тридцатидвухлетним исследованиям о связи частоты землетрясений с положением Луны за период с 1751 по 1872 г. Всего было обработано более 23 тыс. землетрясений в течение 17 249 дней.

Результаты всех этих исследований можно кратко свести к двум таблицам.

Как показали последние наблюдения, процент увеличения частоты землетрясений в перигее по сравнению с апогеем и в сизигиях по сравнению с квадратурами мог бы быть значительно больше, если бы А. Перре

учитывал не дни с землетрясениями, а число землетрясений и их интенсивность.

К сожалению, замечательные работы А. Перре были забыты. В дальнейшем в журналах эпизодически появлялись публикации, которые на большом новом наблюдательном материале «вновь открывали» или подтверждали законы А. Перре, дающие в какой-то степени возможность прогнозировать проявление сейсмичности Земли.

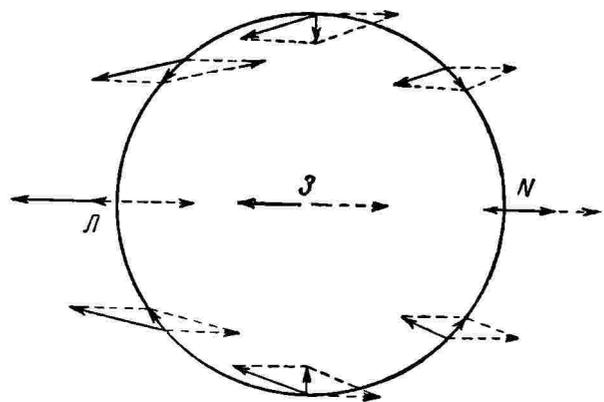


Рис. 2. Направление приливообразующих сил. Сплошные стрелки — сила притяжения Луны; пунктирные — инерциальная центробежная сила; равнодействующая — приливообразующая сила: Л — под Луной, N на противоположной стороне

¹ Al. Perrey. Mémoire sur les rapports qui peuvent exister entre la fréquence des tremblements de Terre et l'age de la Lune. «Comptes Rendus des séances de l'Académie de Sciences», v. XXXVI, 1853, № 12, pp. 534—540.

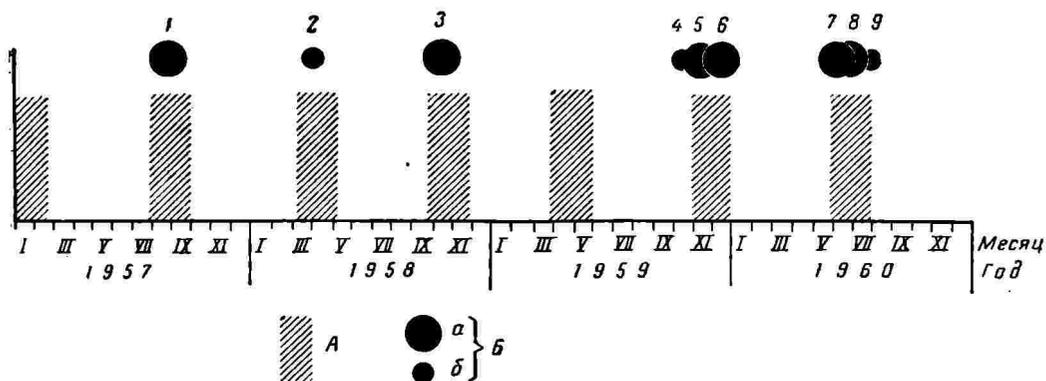


Рис. 3. Сопоставление прогноза наиболее вероятного времени извержений грязевых вулканов Азербайджана с фактическими данными (составил Г. П. Тамразян). А — интервалы времени наиболее вероятных извержений в 1957—1960 гг., в течение которых космические условия более содействовали извержениям вулканов (прогнозировано в 1955 г.), Б — действительно происходившие извержения грязевых вулканов (а — интенсивные и мощные извержения, б — слабые); 1 — Боздаг-Кобийский вулкан, 2 — Дишгиль, 3 — банка Макарова, 4 — о-в Булла, 5 — Локбатан, 6 — банка Кумани, 7 — банка Ливанова, 8 — Дурандаг, 9 — о-в Булла

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЖАЮТСЯ

Японский геофизик К. Кнотт в 1897 г. на примере 7 тыс. япопских землетрясений за восьмилетний период показал¹, что сейсмичность по неделям в сизигиях выше, чем в квадратурах на 7,7%, для перигея по сравнению с апогеем на 10,3%, а по трехдневкам соответственно на 12% и 13%. Английский геофизик Л. Коттон в 1922 г. подтвердил выводы Кнотта.

Ф. А. Перетт, изучивший извержения вулкана Стромболи в 1907 г., пришел к выводу, что влияние Луны и Солнца интенсивно воздействует на увеличение и уменьшение вулканических извержений, связанных с внутренними причинами. Пики почти совпадают с сизигиями. Любопытно отметить, что Ф. А. Перетт во время извержения вулкана Этна в 1923 г., несмотря на уже намечающееся затухание, заранее предсказал усиление извержения 27 июля, так как к этому времени приближалось максимальное влияние Луны и Солнца, что в действительности и вызвало новую вспышку активности.

Испанский геофизик Л. Родес в 1934 г. рассмотрел 2242 землетрясения, зарегистрированных в Эрбинской обсерватории (Испания) в период с 1914 по 1932 г., и по датам нахождения Луны нашел увеличение сейсмичности в перигее по сравнению с апогеем

на 15%, а по семидневным периодам частота сейсмичности в перигее была выше, чем в апогее, уже на 20%.

В 1936 г. геофизиком М. Аленом (США) была установлена связь между калифорнийскими землетрясениями и изменением лунно-солнечных приливных сил¹.

Итальянский ученый Дж. Имбо опубликовал материалы наблюдений за извержениями Везувия в период с 1913 по 1944 г. В своих исследованиях ученый приходит к выводу, что причиной эрупции (извержения) являются лунные приливы в земной коре, и устанавливает 9-часовое запаздывание максимумов относительно кульминации Луны. В этом мы видим проявление третьего закона А. Перре, хотя он не подтверждается статистическими материалами Кнотта.

Первые два закона А. Перре получили полное подтверждение и дальнейшее углубление в работах советского геофизика Г. П. Тамразяна, выполненных в 1956—1959 гг. на большом статистическом материале инструментальных наблюдений. Г. П. Тамразян рассмотрел распределение во времени Приказбекских, Крымских и Туркменских землетрясений и вновь подтвердил первые два закона А. Перре. Изучение Крымских катастрофических землетрясений с 1802 по 1941 г. приводит Г. П. Тамразяна к выводу,

¹ См. А. Coleman. Danger-Moon at work. «Spaceflight», v. 2, 1959, № 2.

¹ См. Maxwell W. Allen. The lunar triggering effect on earthquakes in Southern California. «Bull. of seismol. soc. of America», v. 26, 1936, № 2.

что в двухдневных интервалах частота их в перигее выше, чем в апогее, в 5 раз. В случаях же совпадения перигея и сизигия сейсмичность значительно выше, чем в апогее и квадратурах.

«Если число землетрясений в зонах первой и последней четвертей считать нормальным и принять его за 100%, — пишет Г. П. Тамразян, — то в зонах новолуния и полнолуния число землетрясений в полтора раза больше, 154%)... Число Прикавказских землетрясений возрастает при нахождении Земли в благоприятных для землетрясений космических условиях (новолуние или полнолуние и перигей) и резко уменьшается при нахождении Земли в наименее благоприятных космических условиях (первая или последняя четверть и апогей)¹».

Совершенно аналогичные закономерности получены Г. П. Тамразяном при изучении распределения землетрясений во времени в Туркмении. Это позволило ему поставить вопрос об их прогнозе на основе изменения гравитационного поля Земли.

Г. П. Тамразян исследует распределение землетрясений в Тбилиси с 1893 по 1950 г. и землетрясений Закавказья с 1899 по 1951 г. в зависимости от изменения лунно-солнечных приливных явлений.

Для Закавказья число землетрясений в сизигиях и перигее в трехдневных интервалах (до, в тот же день, на следующий день) было больше, чем в квадратурах и апогее в 3,5 раза, а в интервале одного дня в 16 раз. Продолжая исследование, он показывает, что частота сейсмической активности северо-западного обрамления Тихого океана за период с 1909 по 1944 г. также имеет непосредственную и достаточно высокорреляционную связь с изменением лунно-солнечных приливных явлений.

Эти работы весьма важны, так как впервые анализируют проявление сейсмичности по глубине в связи с изменением приливных явлений. Из 246 промежуточных и глубоководных землетрясений увеличение их частоты в перигее по сравнению с апогеем составило 41%, а в сизигиях по сравнению с квадратурами увеличение достигало в среднем 66%. В тех случаях, когда происходило совпадение перигея и сизигия, частота сейсмичности по сравнению с квадратурами

и апогеем увеличивалась для глубин 40—80 км до 500%, 81—350 км до 226%, 351—700 км до 288%. Таким образом, в среднем для периода с 1909 по 1944 г. частота эта достигала 261%, т. е. промежуточные и глубоководные землетрясения северо-западной части Тихого океана обнаруживают безусловно и резко выраженную связь с космическими условиями Земли.

ГОД КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

1960 год войдет в историю сейсмике Земли как год небывалых катастрофических землетрясений XX столетия, и поэтому представляет интерес хотя бы кратко рассмотреть распределение во времени сейсмических катастроф этого года и космические условия жизни Земли. Агадирская катастрофа 29 февраля разразилась три дня спустя после новолуния (26 февраля, 18 час.) и вблизи перигея (23 февраля). Сильное землетрясение в г. Лора (Иран) произошло 24 апреля, т. е. за один день до новолуния (25 апреля, 21 час). Чилийская катастрофа, продолжавшаяся с 21 по 27 мая, совпадает с новолунием (25 мая, 12 час.). Землетрясение в г. Корча (Албания) 26 мая произошло на другой день после новолуния, а Ассамская катастрофа — через два дня после новолуния.

Все катастрофические землетрясения 1960 г. произошли как раз при тех космических условиях, которые вытекают из законов А. Перре. Подчеркивая высокорреляционные связи между промежуточными землетрясениями и периодами вышеуказанных космических условий, Г. П. Тамразян констатирует уменьшение связей с увеличением глубины очагов землетрясений, отмечая, что в наибольшей степени фаза Луны и ее расстояние от Земли сказываются на разрядке напряжений в концентрическом слое от 40 до 80 км.

Уменьшение зависимости сейсмике Земли от лунно-солнечных приливов при увеличении глубины очагов землетрясений интуитивно в свете работ Н. Стойко¹. В них показана высокорреляционная связь (0,9) между энергией изменения угловой скорости вращения Земли и энергией землетрясений, глубина которых превышала 70 км.

¹ Г. П. Тамразян. Землетрясения в Прикавказском районе и упругие приливы. «Изв. АН СССР, серия геофиз.», 1956, № 7, стр. 841—842.

¹ См. N. Stoyko. Sur les relations de la rotation, l'oscillation libre et les tremblements de Terre. «Comptes Rendus des séances de l'Académie de Sciences», v. 234, 1952, № 26.

Причину и следствие в этом случае можно поменять местами, т. е. изменение ротационного режима — одна из многих причин, порождающих сейсмичность Земли.

По нашим исследованиям, а также по данным А. Веронне¹ материя в зоне между 30—40° широты находится в некотором критическом, перенапряженном состоянии, когда небольшие изменения в ротационном режиме или изменения в гравитационном поле Земли

¹ См. *At. Veronne. Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre. «Journal de mathématiques pures et appliquées», 1962, v. 8.*

550.341.2

(первый и второй закон А. Перре) могут вызвать относительно большие изменения в перемещении и объеме этого слоя и, как следствие, разрядку напряжений. Вот почему эта зона 35-й параллели является зоной повышенной сейсмичности в обоих полушариях Земли, что подтверждено катастрофическими и разрушительными землетрясениями за период более 400 лет.

П. Г. Нестеренко,

М. В. С т о в а с

Днепропетровский горный институт

ШАРОВЫЕ ЛАВЫ

Изучая районы древней вулканической деятельности, геологи часто наблюдали и описывали необычные лавы, состоящие то полностью, то в какой-либо части из обособленных шарообразных тел (рис. 1а, б). В специальной литературе они так и называются: шаровые лавы, или pillow-лавы, что по-английски значит подушечные, матрасовидные лавы. Названия эти, конечно, весьма условны: тела, слагающие pillow-лавы, не похожи ни на подушку, ни на матрас и очень редко имеют форму шара. Чаще всего они эллипсоидальны и выпуклы в своей верхней части, а вогнутая подошва повторяет очертания поверхностей нижележащих тел, что делает их похожими скорее на гриб-дождевик (рис. 2).

Как же образуются эти гигантские капли лавы? Почему какая-то одна часть потока бывает расчленена на «капли», тогда как другая сохраняет свое обычное массивное строение? Как могли образоваться отдельные разрозненные «ручьи» шаровых тел и даже единичные шаровые тела в одном лавовом потоке?

Проблемой шаровых лав, «проблемой очаровательной сложности», как сказал американский ученый Дэли, занимались многие исследователи¹. В настоящее время существует не менее пятнадцати теорий их образования. Среди них есть теории, считающие, что шаровые лавы образовались

в недрах земной коры, другие связывают их происхождение с водой и, наконец, третьи допускают возможность образования шаровых лав как в подводных, так и в наземных условиях.

Наибольшей популярностью пользуются «подводные» теории. Да это и понятно: давно замечено, что шаровые лавы почти всегда залегают среди морских и редко среди пресноводных отложений. На подводные условия образования указывает и внутреннее строение шаровых лав, — альбитизация¹ плагиоклазов, наличие стекловатой корки закаливания и, наконец, сама форма также свидетельствует о подводном происхождении шаровых тел. Действительно, почему деформирована только их нижняя часть? Видимо потому, что шар успевал окончательно остыть и затвердеть до того, как на него падало следующее тело, т. е. среда отличалась хорошей теплопроводностью. А такой средой, как известно, является вода. Кроме хорошей теплопроводности, морская вода обладает еще рядом свойств, благоприятствующих процессу образования шаровых тел. Ее большой, по сравнению с воздухом, удельный вес (1,03) близок к удельному весу насыщенной газами лавы (1,4—1,16). Это обстоятельство и газовая оболочка, образующаяся вокруг раскаленной лавовой капли,

¹ Альбитизация — замещение более основного плагиоклаза альбитом. Это один из процессов метаморфизма магматической породы, обусловленный воздействием выделяющихся при ее охлаждении летучих веществ и растворов.

¹ Уже в 1934 г. составленная английским ученым Ж. Льюисом сводка включила 98 работ, посвященных этому вопросу.