

ти максимальное ускорение основания  $\ddot{X}_{\text{отвх}}$ . В литературе, посвященной сейсмостойкому строительству, имеются данные, которые показывают, что для жестких зданий с периодом свободных колебаний  $T < 0,4$  с, а церковь «Сурб Аствацацин» несомненно является именно такой, отношение  $X_{\text{отвх}}/X_{\text{вб}} = 3$  [5]. Используя это отношение, для максимального ускорения основания церкви получим:

$$\ddot{X}_{\text{отвх}} = \ddot{X}_{\text{вб}}/3 \approx 290 \text{ см/с}^2.$$

Это значение, по всей вероятности, несколько завышено, т. е. не учтены вертикальная компонента сейсмического воздействия, микроповреждения церкви от прошлых землетрясений и, конечно, естественное старение здания.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии  
АН Армении.  
Институт Армпроект Реставрация,  
отдел «Ширак» ГАП.

Поступила 29.VIII.1989

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А. Г., Дарбинян С. С., Амасян Р. О. К выбору средней акселерограммы. — ДАН АрмССР, 1973, т. LVI, № 1, с. 22—26.
2. Назаров А. Г., Дарбинян С. С. Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1974, 166 с.
3. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Под ред. Биргера Н. А. и Пановко Я. Г. М.: Машиностроение, 1968.
4. Стеновые конструкции из камечной кладки с применением туфопых и других строительных камней месторождений Армении. Нормы проектирования и правила производства работ. Ереван: АрмНИИСА, 1987, 46 с.
5. Хачьян Э. Е. Сейсмические воздействия на высотные здания. Ереван, 1973, 328 с.

Известия АН Армении. Науки о Земле, 1992, XI.V, № 2, 68—73.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.348.098

И. Н. КАЗАРОВ

#### О ВЕРОЯТНОМ МЕХАНИЗМЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ\*

Из некоторых работ следует, что внутреннее и внешнее ядра Земли имеют вынужденные относительно мантии перемещения и даже вращения, превосходящие по числу оборотов мантию [1, 5]. По расчетам Казарова [5] предполагается, что координаты центра тяжести Земли относительно мантии переменные и зависят от солнечно-земных и лунно-земных связей, а также суточного вращения. Указанные связи приводят к перенапряжениям и деформациям в мантии, образованию трещин в ней и землетрясениям.

По нашему мнению, ряд важных явлений и фактов, которые пока не имеют четкого научного объяснения, можно связать именно с вышеуказанными причинами. К числу таких явлений и фактов относятся: наличие крупных разломов на дне океанов и материков, глубоководные желобы, скачкообразное (нерегулярное) изменение скорости вращения Земли порядка 0,004 секунды в сутки [3] и др.

\* Печатается в порядке дискуссии. (Прим. редколлегии).

Не объяснено почему землетрясение двух-или многостадийное и почему при цунами ударная волна, являющаяся по сроку продуктом разрыва коры, опережает по скорости первую волну.

Поиску причинных связей между указанными явлениями посвящена данная работа.

Из работы Жаркова В. И. и др. [4] известно, что первичные очаги вулканических извержений находятся на глубинах 70—250 км в астеносфере, обладающей повышенной текучестью. Именно в астеносфере образуются базальтовые магмы, которые по трещинам и вулканическим каналам в земной коре изливаются на поверхность Земли с температурой 1200° С.

Под астеносферой, полагают, температура вещества доходит до 1600° С при глубине 400 км, а при глубине до 650—700 км возможно и 2000° С при плотности 4,3 г/см<sup>3</sup>.

Хотя некоторыми специалистами вся мантия считается твердой, необходимо отметить, что до глубины 650—700 км она тверда и при нормальном давлении среды. Ниже 650—700 км вещество мантии является твердым лишь при громадном давлении.

Если из-за суточного вращения Земли центробежные силы увеличивают экваториальный радиус и уменьшают полярный радиус, то из-за смещения центра масс Земли в сторону Солнца от геометрического центра указанные радиусы также изменяются.

Днем экваториальный радиус короче среднего на 0,35 км, а ночью длиннее на столько же [5]. Это приводит к трещинам в мантии. Точно также изменяется и полярный радиус за полгода на величину  $\pm 0,14$  км, что также может привести к трещинам.

В работе [5] вопрос образования трещины рассматривался в общем виде, как побочное явление. Поэтому рассмотрим его более подробно.

Известно, что глубже 700 км очагов землетрясений не отмечается, то есть трещин не бывает. Очевидно, ниже 700 км в мантии бывают лишь перенапряжения, приводящие к изменению ее формы в зависимости от формы нормально-твердой части под астеносферой в интервалах глубин 250—700 км.

Допустим, по причине смещения центра масс Земли согласно работе [5] произошел разрыв в верхней мантии на глубине 700 км. Сейсмодатчики зарегистрируют первый толчок. По этой причине фактически получаются два шарообразных, концентрически сообщающихся трещиной сосуда с разными давлениями в них. Один сосуд — высокотемпературная мантия с весьма большим объемом и давлением. Второй сосуд — астеносфера, имеющая более низкие параметры. В первом сосуде по причине падения давления в районе трещины происходит быстрое превращение части твердой мантии в весьма подвижное жидкое и газообразное вещество, которое под давлением 1865 кбар устремляется в астеносферу с давлением 80—100 кбар, где поток резко тормозится. Происходит гидроудар, так как при скоростном воздействии вещество астеносферы ведет себя как твердое тело. Сейсмодатчики же регистрируют второй толчок или группу толчков, но уже с верхней части астеносферы. Именно второй толчок вызывает в океане ударную волну ч, как следствие, цунами.

Если при этом кора не разорвалась или даже разорвалась, а трещина в мантии постепенно закрылась, то катастрофических последствий не последует.

Однако в природе возможен и другой вариант продолжения процесса. Кора от первого и второго толчков не разорвалась или образованные трещины в ней незначительны, а трещина в мантии полностью закрылась. В этом случае происходит постепенное накопление высокотемпературной магмы, имеющей большую плотность, чем астеносфера.

Дополнительным объемом в этом случае служит как переплавление вещества астеносферы с частичным переуплотнением, так и мест-

ное вздутие коры. В зависимости от объема выделившегося газа почва всегда вероятно образование газовой шапки и аномально высокие пластовое давление и температура, с чем часто встречаются буровики.

При достаточно большой площади излияния магмы в астеносферу и существенной разнице плотностей до излияния и после паличие между литосферными плитами разломов создает возможность всплывания на какую то величину части плиты относительно другой, особенно у межконтинентальных разломов.

Указанное локальное излияние магмы приводит к незначительному изменению момента инерции Земли и, как следствие, к нерегулярности суточного вращения.

По указанным вопросам выполним некоторые расчеты. Сначала подсчитаем скорость ударной волны, создающей вторую сильную фазу толчков. Расстояние между расплавленной частью мантии и окончанием трещины в каждом отдельном случае разное. В одном случае это подошва астеносферы глубиной 250 км. в другом—это поверхность Земли. Отсюда и расстояние: максимум 700 км, минимум  $700 - 250 = 450$  км. Время между первой и второй фазами толчков обычно 4—10 минут или 240—600 с. Средняя скорость истечения в зависимости от пройденного пути будет в пределах: а)  $450:240 \approx 2$  км/с, б)  $450:600 \approx 0,8$  км/с, в)  $700:240 \approx 2,9$  км/с.

Рассчитаем эту же скорость в щели, образованной трещиной, по уравнению Бернулли, хотя жидкость у нас не вода.

$$V = \varphi \sqrt{2gH} \quad (1)$$

где  $\varphi$ —коэффициент скорости. Для известных случаев истечения волны  $\varphi \approx 0,6$ .  $H$ -напор в *мат.*,  $H = (1865 - 80) \cdot 10^4$  М.

$$V = \varphi \cdot 20 \text{ км/с.}$$

Даже средняя скорость истечения в пределах 0,8—2,9 км/с представляет значительную величину и сопоставима со скоростью ударной волны цунами, равной примерно 5300 км/час. или 1,47 км/с.

Но если коэффициент скорости этой газожидкостной смеси примет значение порядка  $\varphi = 0,5 - 0,6$ , то мы имеем дело с первой или даже второй космической скоростью истечения жидкости из трещины.

Определим ориентировочно сечение трещины у основания ее. Длина трещины у сильных землетрясений бывает от нескольких сот километров до нескольких тысяч километров. Условно примем 1000 км. Ширину трещины у основания найдем из подобия треугольников по смещению центра масс Земли.

$$\Delta e = e_1 \cdot h : R, \quad (2)$$

где  $\Delta e$ —основание трещины,  $e_1 = 0,35$  км—смещение центра масс Земли относительно геометрического центра [5].  $R$ —радиус Земли,  $h$ —глубина начала трещины.

$$\Delta e = 0,35 \cdot 700 : 6371 = 0,038 \text{ км.}$$

Площадь основания трещины примем как два треугольничка высотой, равной половине его длины.

$$S_1 = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,038 \cdot 1000 = 38 \text{ км}^2.$$

Теперь оценим возможное количество вещества, переходящее из глубин мантии в астеносферу при сечении в 38 км<sup>2</sup>.

После гидравлического удара вещество мантии, обладающее большим давлением и текучестью, частично оттесняет вещество астеносферы в горизонтальном направлении вблизи трещины, но в основном переуплотняет астеносферу до фазового перехода последней в более плотную упаковку на определенной площади и несколько приподнимает поверхность Земли. По предварительным данным, в Спитаке [7] эта площадь могла бы соответствовать зоне третьей фазы вспарыва-

ния коры, то есть примерно  $40 \times 150 \text{ км}^2$ . Однако длина трещины в 150 км может быть и значительно больше.

Если принять переуплотнение астеносферы на всю толщину от глубины 70 до 250 км, то объем переуплотнения составит  $40 \times 150 (250 - 70) = 1080000 \text{ км}^3$ ;  $V_g = 1,08 \cdot 10^6 \text{ км}^3$ .

Из приведенного видно, что сечение трещины и количество излившейся массы в астеносферу не имеет прямой связи.

Превышение аномальной массы над нормальной мы получим только при учете разницы плотностей. Например, в нашем случае плотность переуплотнившейся массы можно принять, при длительном воздействии, равной  $\rho_m \approx 4,3 \text{ г/см}^3$ , а нормальной астеносферы  $\rho_a \approx 3,4 \text{ г/см}^3$ .

В этом случае дополнительная возмущающая масса составит:

$$m_b = V_g \cdot (\rho_m - \rho_a) = 1,08 \cdot 10^{21} \cdot (4,3 - 3,4) \approx 1 \cdot 10^{22} \text{ г.}$$

Уточним влияние аномальной возмущающей массы на вращение Земли. Суточное вращение происходит благодаря постоянному смещению центра масс Земли во внутрь от оси орбиты [5]. Возмущающая масса при трещине оказывается ночью за осью орбиты, днем внутри, поэтому можно утверждать, что днем возмущающая масса увеличивает угловую скорость вращения нашей планеты, а ночью, наоборот, вращение тормозится.

В работе [5] приводилось выражение минимума затрат энергии на вращение мантии:

$$\frac{1}{2} J_{я1} \cdot \omega_{я1}^2 = \frac{1}{2} J_{ман} \cdot \omega_{ман}^2 \quad (3)$$

Были рассчитаны следующие параметры:

$$J_{я1} = 8,39 \cdot 10^{43} \text{ г см}^2; \omega_{я1} = 2,95 \omega_{ман}; J_{ман} = 72,97 \cdot 10^{43} \text{ г см}^2, \text{ где:}$$

$J_{я1}$ ,  $\omega_{я1}$  — момент инерции и угловая скорость ядра,

$J_{ман}$ ,  $\omega_{ман}$  — момент инерции мантии и коры и угловая скорость их (в дальнейшем встретится в расчете).

Применительно к нашему случаю выражение (3) примет вид:

$$\frac{1}{2} J_{я1} \cdot \omega_{я1}^2 = \frac{1}{2} J_{ман} \cdot \omega_{ман}^2 \pm J_b \cdot \omega_{ман}^2 \quad (4)$$

где  $J_b$  — момент инерции возмущающей массы. Так как  $m_b = 1 \cdot 10^{22} \text{ г}$  на пять порядков меньше массы мантии, равной двум-третьям массы Земли, то уменьшением момента инерции мантии по причине уменьшения массы можно пренебречь. Подставив значения в выражение (4), получим:

$$\omega_{ман}^2 = \omega_{я1}^2 : (8,7 \pm 0,00000001)$$

или

$$\omega_{ман} = 1 \pm 0,000000005. \quad (5)$$

В выражении (5) первый член суммы обозначает одни сутки, то есть 86400 с, а второй член получается равным 0,004 с, что совпадает с фактом скачкообразного (нерегулярного) изменения скорости вращения Земли.

Выше мы затронули лишь первый вариант возникновения и развития землетрясения. Коснемся более подробно и второго варианта развития землетрясения.

Отмечено [6], что катастрофическое Спитакское землетрясение от 7.12.88 г. является уникальным сейсмическим событием во всем периоде наблюдений и требует анализа всех факторов проявления сейсмичности в совокупности с другими геофизическими процессами.

Отметим некоторые стороны этого землетрясения, не укладывающиеся в вышеприведенную схему.

Первый толчок Спитакского землетрясения произошел в 11 час 41 мин., а второй через 4 минуты 20 секунд после начала процесса. Рассмотрение приборных данных в ИГГС в г. Леникани показало отсутствие каких-либо гравиметрических отклонений в кануи землетрясения.

Анализируя по работе [2] время возникновения сильных землетрясений, мною замечено, что из 432 только 84 произошли близко к полуночи. Это показывает, что и Спитакское не исключение, а закономерное явление в природе, которое требует объяснения. Именно поэтому было обращено внимание на сезонные трещины.

Они имеют полугодовую жизнь. Величина смещения центра масс Земли от геометрического центра в направлении полюсов вовсе незначительна и по [5] составляет 0,140 км. Однако, действие его продолжается полгода. За это время центр масс Земли успевает переместиться из Северного полушария в Южное также на 140 м от экватора. Начинается постепенное закрытие сезонной трещины под действием сжимающих сил гравитации. Основная масса магмы, еще не остывшая, успевает выдавиться из трещины (желоба), за исключением отвердевшей вершины, которая становится опорой и сопротивляется силам гравитации. Более того, верхние слои литосферы как разноплечие рычаги-пожниц начинают испытывать уже растягивающие усилия и в какой-то момент разрываются, если преодолено сопротивление породы. Этот разрыв коры приводит уже к образованию наружного желоба. При этом чем короче расстояние от отвердевшей вершины до поверхности Земли, тем больше усилие,рывающее кору. Более того, если в регионе уже имелись разломы с выходом на поверхность, то увеличивается вероятность разрыва коры.

Самое благоприятное время разрыва коры в этом случае примерно полдень, когда поверхность Земли напряжена растягивающими усилиями от общего смещения центра масс. В большей степени помогает разрыву коры газовая шапка под ней.

Именно таков наружный желоб, образовавшийся при Спитакском землетрясении, когда вода из речки в долине несколько дней заполняла этот сухой желоб. Разрыв коры по схеме Спитакского землетрясения не должен сказаться на гравиметрических приборах и влиять на динамику Земли. Хорошо иллюстрировал сказанное Н. В. Шебалин [7], приведя разрез этого землетрясения, откуда видно, что разрывы начались практически с поверхности Земли и достигли в глубину 20 км. Каждая из приведенных фаз процесса сопровождалась поэтапным высвобождением аккумулятивной и сжатой газовой шапке энергии.

Но если мы доказали, что Спитакское землетрясение закономерное явление, то естественно искать следы наружных желобов на лике Земли. Вель они являются следами катастрофических землетрясений.

Уточним какие характерные черты они должны иметь: большая глубина желоба, иногда до 70 км; большая протяженность его — от нескольких десятков километров до сотен и тысяч километров; небольшая ширина; отсутствие следов извержений и вулканов; значительная температура пластовая по сравнению с остальным регионом; предшествовавшая за полгода—год гравитационная аномалия от возмущающей массы порядка  $1 \cdot 10^{22}$  г на глубине порядка 100—200 км; более интенсивные газовые выходы; нерегулярность суточного вращения с опережением днем и отставанием ночью; вздутие поверхности в регионе; повышенное атмосферное давление в регионе от действия возмущающей массы. В первую очередь к таким желобам относятся все океанские желобы, в том числе и Марианский желоб в Тихом океане. Но очевидно, что к ним можно отнести и такие водоемы как озеро Байкал и Каспийское море. Конечно, глубины их и ширина разные.

В течение веков берега их осыпались на дно, из-за чего ширина увеличилась.

Подземная пластовая вода и поверхностные воды благодаря тре-

щинам в регионе заполняли их, а поверхность вздутия, наоборот, оседала в регионе. Объемы и длина сопоставимы с океанскими желобами.

Наверное мы могли бы к таким желобам отнести и марсианские каналы, которые из-за отсутствия воды, незначительной атмосферы и мирового холода слабо подвержены разрушениям и сохраняются в первоначальном виде.

Армянская АЭС

Поступила 16.X.1989.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авсюк Ю. Н. Движение в ядре Земли и их связь с наблюдаемыми на поверхности явлениями. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени докт. физ. мат. наук М. МГУ, 1988, 24 с.
2. Атлас землетрясений в СССР 1911—1957 гг., М., 1962.
3. Бакулин П. И., Кононович Э. В., Морозов В. И., Курс общей астрономии. М., 1977.
4. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: 1978, 191 с.
5. Казаров И. Н. К закономерности смещения центра масс внутреннего ядра Земли от геометрического центра в сторону Солнца. Изв. АН АрмССР, Наука в Земле, № 5, 1989.
6. Кондорская Н. В., Горбунова И. В. Катастрофическое землетрясение в Армении 1988 г. Изв. АН СССР, Физика Земли, № 5, М.: Наука, 1989.
7. Шебалин Н. В. О Спитакском землетрясении 7 декабря 1988 года. Наука и жизнь № 2, М.: 1989.

Известия АН Армении, Науки о Земле, 1992, XLV, № 2, 73—78.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 528.48

А. Г. АФРИКЯН

### К ВОПРОСУ ОБ УРАВНИВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЕТИ

Недооценка значения геодезического обеспечения строительства всегда приводит к нежелательным последствиям, критическую переоценку и переосмысление которых побудили разрушительные последствия землетрясения в Армении.

При возведении современных инженерных сооружений к точности определения координат пунктов опорных геодезических сетей предъявляются существенные требования. Поэтому проектирование и уравнивание геодезических сетей должны вестись с применением тех методов расчета точности и уравнивания, которые гибки по отношению к изменениям исходных данных, учитывают ошибки исходных данных при ступенчатом построении сети.

Рассмотрим методы расчета точности и уравнивания пространственной сети одного ответственного сооружения. На исходном монтажном горизонте предусмотрена сеть трилатерации (рис. 1) с началом координат в точке 1,0 и начальным направлением 1,0—1,7, т. е.

$$\delta x_0 - \delta y_0 = \delta y_{1,7}$$

Обратные веса координат пунктов 1,0—1,7 определяются методом наименьших квадратов. Предполагается измерение линий фазовыми дальномерами, поэтому стороны сети следует считать равно-