

О ПРЕДВЕСТНИКАХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Մկրտչյան Մ.Ս., Տոնոյան Վ.Ս., Մաշիկյան Ա.Ս.

Մկրտչյան Մ.Ս., Տոնոյան Վ.Ս., Մաշիկյան Ա.Ս. Տեկտոնիկ կեղևային երկրաշարժերի կանխազանգեցրի ճանրել

Khachikyan A.S., Tonoyan V.S., Mkrtchian M.S. On the predictions of tectonic crust earthquakes

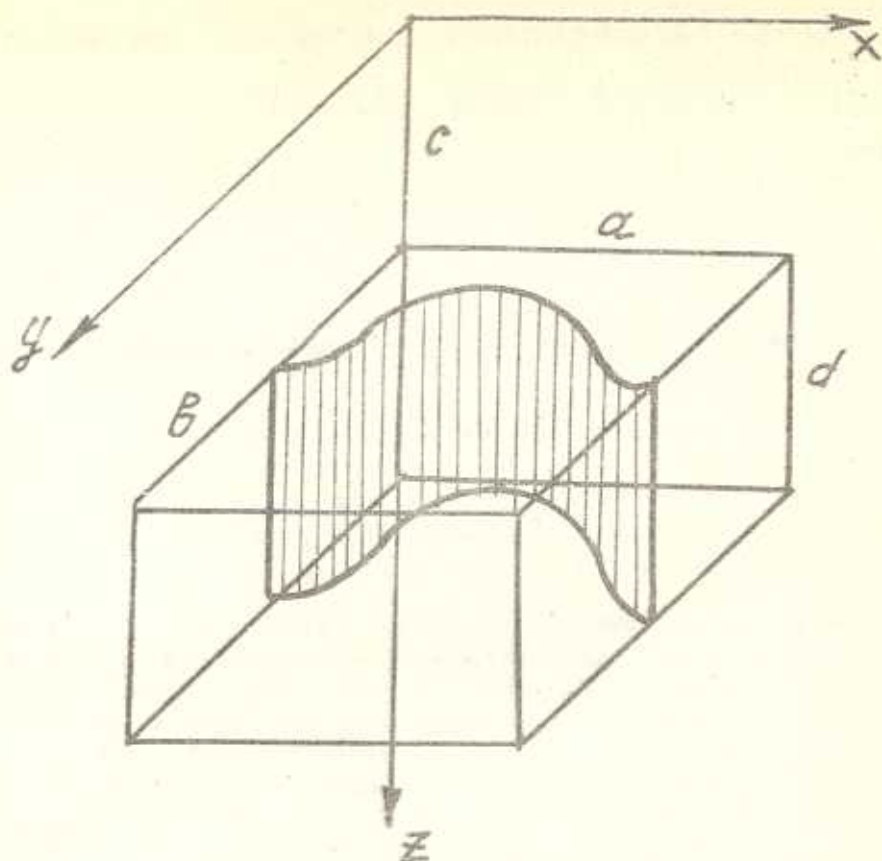
Գիտարկվում է առաձգականության տեսության քվադրատային խնդիրը առաձգական կիսատարածության մաճար, որի շարժածային-գեոֆորմացած վիճակը զրգովում է հրա ինչ-որ ենթատիրույթում տեղի ունեցող ծավալային գեոֆորմացիաների հետևանքով: Որոշվում են ազատ մակերևույթի տեղափոխությունները, որոնք գիտվում են որպես տեկտոնական կեղևային երկրաշարժի կանխազանգեցրի:

Рассматривается квазистатическая задача теории упругости для упругого полупространства, напряженно-деформированное состояние которого возмущается вследствие объемных деформаций с заданной интенсивностью, происходящих в некоторой подобласти полупространства. Определяются перемещения свободной поверхности, которые рассматриваются как предвестники корового тектонического землетрясения.

Идентификация инструментально наблюдаемых предвестников тектонических коровых землетрясений (деформации земной коры, форшоки, сейсмическая активность, изменения некоторых геохимических, электрических и магнитных параметров) остается пока неразрешимой задачей, хотя есть определенный прогресс в отношении долгосрочных предвестников. Взаимосвязь различных предвестников устанавливается лишь статистически или интуитивно. Отсутствие определенного алгоритма интерпретации и сравнительной оценки временного хода значений не только предвестников различной физической природы, но и одного и того же предвестника, но наблюдаемого на разных расстояниях от предполагаемого эпицентра, является основным препятствием в решении задачи идентификации предвестников землетрясений.

В настоящей работе делается попытка представить комплекс некоторых наблюдаемых предвестников как прямое проявление определенного единого возмущающего процесса, происходящего в земной коре.

Представим земную кору в виде упругого полупространства, свободного от поверхностной нагрузки. Для простоты считаем полупространство однородным и изотропным, свободным от воздействия объемных сил. Пусть в некоторой подобласти Ω полупространства начинается возмущение напряженно-деформированного состояния полупространства в соответствии с принятой гипотезой о физической природе и механике очага землетрясения. Примем, что возмущения представляют собой объемные деформации с интенсивностью $\epsilon(P, t)$ (P — точка полупространства, t — время). Примем также, что изменения $\epsilon(P, t)$



Фиг.1. Схема возмущенной области

во времени так медленны, что можно пренебречь инерционными членами в уравнениях движения.

Вследствие этих предположений приходим к квазистатической задаче определения напряженно - деформированного состояния упругого полупространства (фиг.1) при граничных условиях

$$\sigma_{zz} = \tau_{zx} = \tau_{yz} = 0 \text{ при } z = 0, t \geq 0 \quad (1)$$

и заданных объемных деформациях $\varepsilon(P, t)$. Решение этой задачи известно [1,2,3].

Введем в рассмотрение потенциал перемещений

$$\Psi = - \frac{1}{4\pi} \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\varepsilon(P, t) dV(Q)}{r(P, Q)}$$

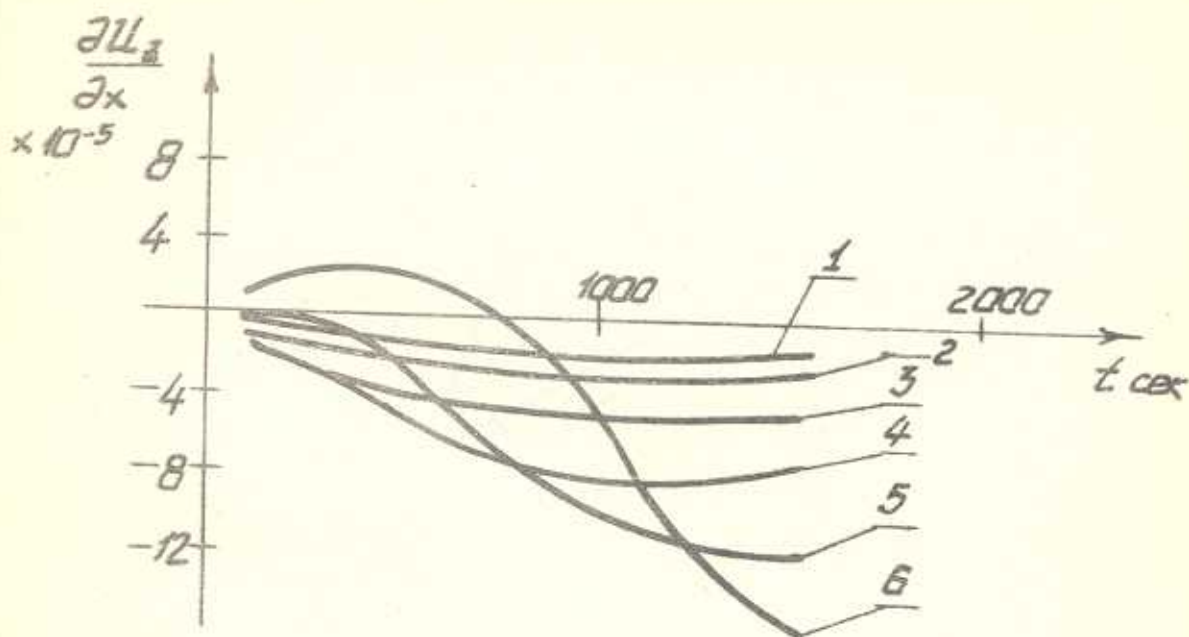
являющийся решением уравнения Пуассона

$$\Delta \Psi = \frac{1+\nu}{1-\nu} \varepsilon(P, t) dV(Q) \delta(P-Q)$$

и бигармоническую функцию Лява

$$\varphi = - \int_0^{\infty} (1-2\nu-\alpha z) D(\alpha) \exp(-\alpha z) J_0(\alpha r) d\alpha$$

Следуя [1,2], решение искомой задачи представляется в виде комбинации



Фиг.2. Зависимость $\frac{\partial u_z}{\partial x}$ от времени в точках $z=0; y=5 \cdot 10^3$ км; $x = -10^4; -5 \cdot 10^3; 0; 5 \cdot 10^3; 10^4; 1.5 \cdot 10^4$ км; на кривых 1-6 соответственно $a=b=c=d=10^4$ км; $v=10$ м/сек., $k=10^{-7}$

этих двух функций. Удовлетворяя граничным условиям (1), для перемещений точек полупространства получим:

$$u_x = A \int_{\Omega} (x-\alpha) \left[R_1^{-3} + (3-4\nu) R_2^{-3} - 6z(z+\gamma) R_2^{-5} \right] \epsilon d\omega$$

$$u_y = A \int_{\Omega} (y-\beta) \left[R_1^{-3} + (3-4\nu) R_2^{-3} - 6z(z+\gamma) R_2^{-5} \right] \epsilon d\omega$$

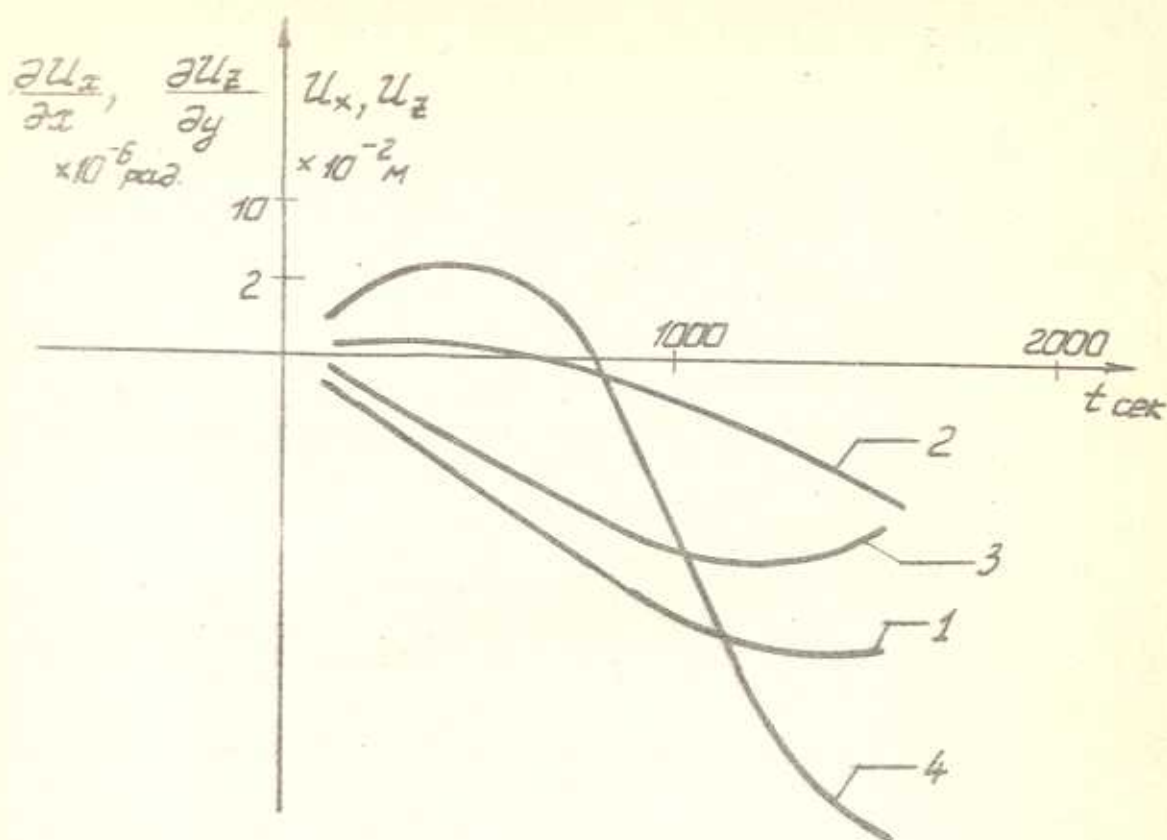
$$u_z = A \int_{\Omega} \left[\frac{(z-\gamma)}{R_1^3} - \frac{(z+\gamma)(3-4\nu)}{R_2^3} - 6z \frac{(z+\gamma)^2}{R_2^5} + \frac{2z}{R_2^3} \right] \epsilon d\omega$$

где ν — коэффициент Пуассона, $d\omega = d\alpha d\beta d\gamma$

$$R_{1,2} = \left[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z \mp \gamma)^2 \right]^{1/2}, \quad A = \frac{1}{4\pi} \frac{1+\nu}{1-\nu}$$

Напряжения выражаются формулами

$$\sigma_{ij} = 2\mu \epsilon_{ij} + \left[\lambda \epsilon_{kk} - (3\lambda + 2\mu) \epsilon \right] \delta_{ij}$$



Фиг.3. Зависимость от времени: 1-вертикального перемещения u_z ; 3-наклонов $\frac{\partial u_z}{\partial y}$ при $k = 1.5 \cdot 10^{-7}$, $y = 0$; 4 - наклонов $\frac{\partial u_z}{\partial x}$ при $y = 2.5 \cdot 10^4$ км, $b = 5 \cdot 10^4$ км, $d = 2 \cdot 10^3$ км; для всех кривых $x = 1.5 \cdot 10^4$; остальные параметры как на рис.2.

$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}), \quad i, j = x, y, z$$

λ, μ - коэффициенты Ламе.

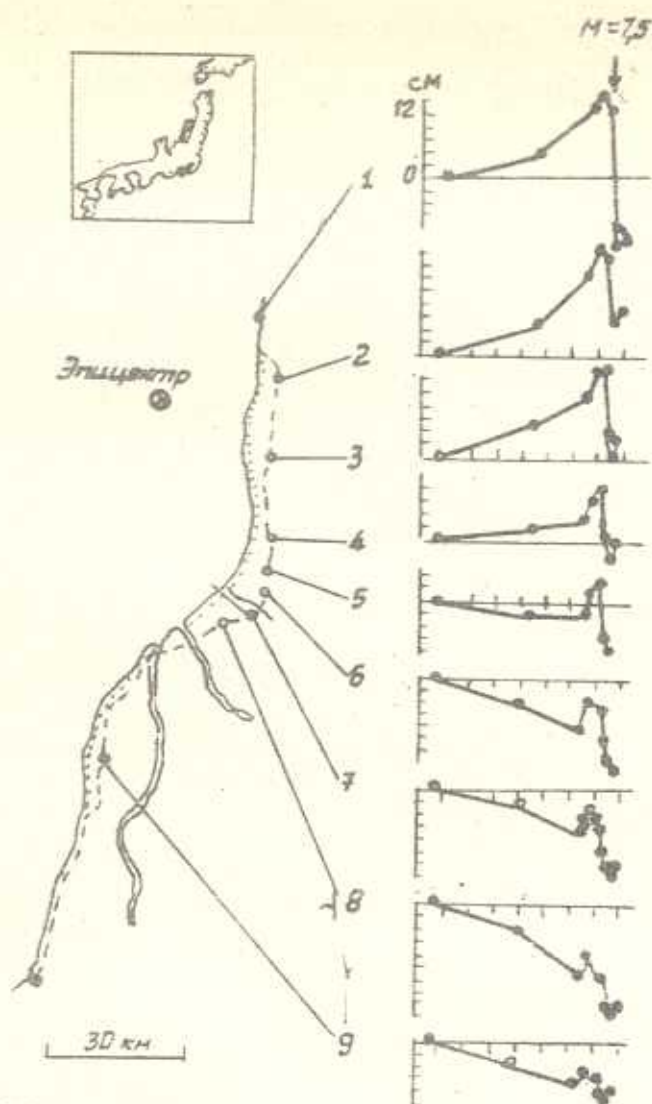
Выберем, для примера, $\epsilon(P, t)$ в виде гладкой полуволны с линейно нарастающей амплитудой, движущейся параллельно оси ox с постоянной скоростью.

$$\epsilon(P, t) = kt \left[1 - \cos \frac{\pi}{a} (x - vt) \right], \quad vt \leq x \leq a + vt$$

$$\epsilon(P, t) = 0, \quad vt > x \quad \text{или} \quad x > a + vt$$

k, a, v - постоянные.

Некоторые результаты вычислений показаны на фиг. 1-3. На фиг. 4-5

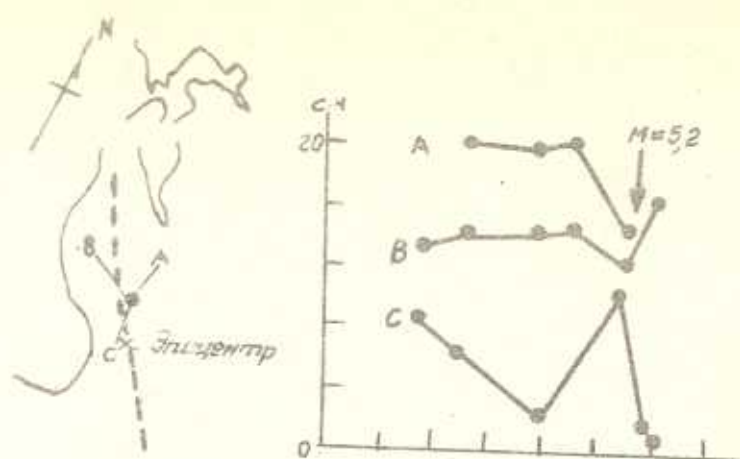


Фиг.4. Временные вариации вертикального смещения нивелирных реперов вдоль побережья Японского моря до и после землетрясения Ниигата 1964г. при фиксированной станции Касивадзаки. Стрелка указывает время землетрясения с магнитудой 7,5. Воспроизводится по работе [5].

приведены графики изменений реально зафиксированных значений предвестников перед землетрясениями, заимствованные из работ [4,5]. Результаты вычислений значений предвестников по вышеприведенным формулам в статическом случае приведены в [3].

Как можно заметить, поведение вычисленных предвестников вполне очевидно и поддается интерпретации (фиг.2). Также вполне понятны и предсказуемы изменения поведения предвестников в этой модельной задаче при изменении параметров задачи (фиг.3).

Если рассмотреть характер кривых реально зафиксированных предвестников (фиг.4-5), то ясно, что отдельно взятые кривые описывают такие же процессы, как и вычисленные по условиям модельной задачи предвестники. Отметим, что это подобие утверждается также авторами работ [6,7], анализировавшими решение задачи об упругом полупространстве с упругим включением эллипсоидальной формы с отличающимся от основного материала модулем сдвига. К сожалению,



Фиг.5. Изменение расстояний, связанное с землетрясением 1964г. в Корралитосе на севере Калифорнии. Воспроизводится по работе [4].

недостаточность опубликованных данных о предвестниках не позволяет подробно анализировать происшедшие землетрясения с обсуждаемой позиции с интерпретацией совокупности всех зафиксированных предвестников.

Представление предвестников в виде проявления определенного возмущающего процесса может оказаться полезным не только при интерпретации реально зафиксированных предвестников, но и для повышения эффективности наблюдений путем организации наблюдений именно в тех местах, где по теоретическим расчетам изменение предвестников является наиболее информативным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье А.И. *Пространственные задачи теории упругости*. - М.: ГИТТЛ, 1955. 492 с.
2. Новацкий В. *Вопросы термоупругости*. - М.: Изд. АН СССР, 1962. 364 с.
3. Хачикян А.С. *О прогнозе тектонических землетрясений*. Докл. АН А, 1991, т. 92, п 5, с. 201-205.
4. Рикитаке Т. *Предсказание землетрясений*. - М.: Мир, 1979. 388 с.
5. Маги К. *Предсказание землетрясений*. - М.: Мир, 1988. 382 с.
6. Добровольский И.П., Зубков С.И., Мязкин В.И. *Об оценке размеров зоны проявления предвестников землетрясений*. - В сб.: *Моделирование предвестников землетрясений*. - М.: Наука, 1980, с. 7-44.
7. Добровольский И.П. *Деформирование земной коры при подготовке землетрясений*. - *Прогноз землетрясений*, N 11, 1989, с. 25-37.

Институт механики АН Армении
Поступила в редакцию 28.06.1991