эффект заметно превышает погрешности, с которыми сейчас определяются форма и гравитационное поле Нормальной Земли. В табл. 1 приведены вычисленные с соответствующей точностью значения поправок, которые необходимо ввести в параметры Международной референц-системы 1967 г. для получения формы и нормального гравитационного поля земного эллипсоида относимости, свободных от влияния стационарной компоненты лунно-солнечного ПП.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Академии наук СССР, Москва

Поступило
11 III 1985

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пеллинен Л.П.* Высшая геодезия. М.: Недра, 1981. 2. *Федынский В.В.* Разведочная геофизика. М.: Недра, 1974. 3. Гравиразведка/Под ред. Е.А. Мудрецовой. М.: Недра, 1981. 4. Океанология. Физика океана. Гидродинамика океана. М.: Наука, 1978. 5. *Марчук Г.И., Каган Б.А.* Динамика океанских приливов. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 6. *Каган Б.А.* Глобальное взаимодействие океанских и земных приливов. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 7. *Longman J.M.* – J. Geophys. Res., 1963, vol. 68, p. 485–496. 8. *Иванов С.С.* – ДАН, 1963, т. 253, № 2, с. 312–315. 9. *Буланже Ю.Д.* – ДАН, 1981, т. 256, № 6, с. 1330–1333.

УДК 550.34.01 ГЕОФИЗИКА

Академик М.А. САДОВСКИЙ, В.Ф. ПИСАРЕНКО

ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ ОТ СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

В литературе имеется значительное число работ [1–3], посвященных поискам зависимости времени проявления предвестников ΔT от энергии E землетрясений.

В упомянутых работах зависимости определялись для всего комплекса предвестников без учета их физико-химической природы и методов регистрации, что нельзя признать обоснованным, так как ряд эффектов, наблюдаемых при подготовке землетрясений, либо вторичен по своей природе, либо требует для своего проявления некоторого времени. В основе всех процессов подготовки, несомненно, лежит изменение свойств горной породы, подвергающейся деформированию в окрестности будущего очага. В этих процессах горная порода может местами как растрескиваться, разуплотняться, так и консолидироваться на некоторых участках. При этом прямыми эффектами, сопровождающимися изменениями свойств среды в объеме очага, можно считать изменения: скоростей сейсмических волн, микросейсмичности, изменение ориентации механизмов очагов, анизотропии в распространении сейсмических волн, и пожалуй, изменение объемной электропроводности. Именно эти изменения можно отнести к первичным.

Многие другие эффекты, такие как изменение элементного и химического состава в водной и газовой среде на поверхности в эпицентральной зоне, изменение уровня подземных вод, а также, возможно, магнитные и электромагнитные предвестники, связаны с подготовкой землетрясений не прямо, а опосредованно.

Очевидно также, что заметное изменение уровней подземных вод в скважинах начнется только тогда, когда процессы трещинообразования и консолидации

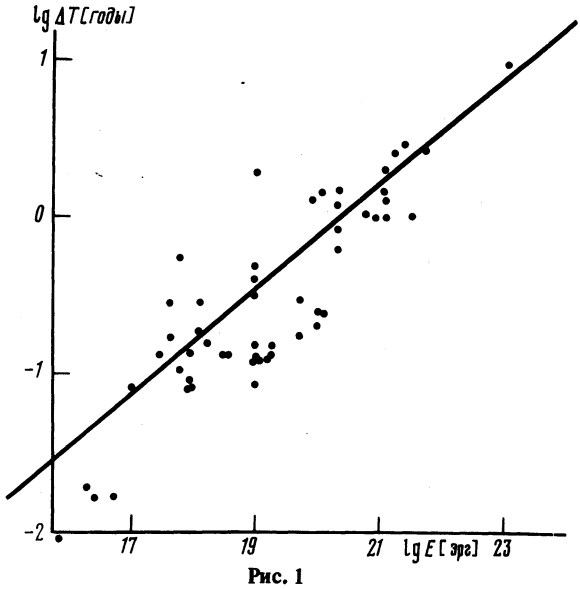

Рис. 1

достигнут определенной степени развития в результате существенной перестройки очаговых масс вещества Земли.

Другие эффекты, такие, например, как проявления на поверхности Земли вертикальных и горизонтальных деформаций, часто выявляются с большой задержкой из-за малой частоты их наблюдения или из-за больших помех.

Основываясь на этих соображениях, мы проанализировали опытные данные о временах ΔT предвестников, опубликованные в книге Т. Рикитаке [4], выделив из них те, которые мы отнесли к прямым, четко наблюдаемым эффектам, а именно: микросейсмичность; механизм очага; анизотропия; изменение отношения скоростей v_p/v_s продольных и поперечных сейсмических волн, аномалии v_p и v_s; отношение энергий низко- и высокочастотных сейсмических волн; изменение электропроводности горной породы. Всего использовано 53 значения ΔT, относящихся к указанным эффектам. Все они нанесены на графике рис. 1. Обращает на себя внимание то, что отобранные виды предвестников удовлетворительно согласуются друг с другом. Можно, правда, заметить некоторое занижение величин ΔT в областях малых ($E \leqslant 10^{17}$ эрг) энергий. Однако само существо метода заставляет с большим доверием относиться к наблюдениям с бо́льшими ΔT, свидетельствующими о более раннем начале проявления процесса подготовки землетрясения.

Данные, представленные на рис. 1, удовлетворительно описываются формулой вида

$$\lg \Delta T(E) = {}^1/_3 \lg E - 6{,}8,$$

где ΔT выражено в годах, а E – в эргах. Формула эта, графически представленная линией на рис. 1, подобна ранее найденной для продолжительности τ сейсмического цикла [5]:

$$\lg \tau = {}^1/_3 \lg E - 5{,}75.$$

Стоит отметить, что приведенные в работе А.А. Никонова зависимости времени проявления деформационных предвестников от силы землетрясения ([6], стр. 201) для Тихоокеанского подвижного пояса, а также для Средиземноморского и Центральноазиатского регионов близки к полученной нами формуле:

$$\lg \Delta T = 0{,}57M - 3{,}2 = 0{,}38 \lg E - 7{,}6 \text{ (Тихий океан)},$$

$$\lg \Delta T = 0{,}56M - 2{,}9 = 0{,}37 \lg E - 7{,}3 \text{ (Средиземноморье)}.$$

Таким образом, время проявления рассмотренных предвестников ΔT грубо можно оценить как одну десятую часть от сейсмического цикла τ.

По характеру все предвестники, связанные непосредственно с сейсмическими процессами, относятся к долгосрочным. Конечно, приведенные формулы для величины ΔT в силу вероятностного характера процесса землетрясения не могут претендовать на сколько-нибудь большую точность. Тем не менее, они с успехом могут быть использованы в таких практически важных целях, как оценка времени для возможного проведения антисейсмических мероприятий и планирование прогностических исследований в районах ожидаемых землетрясений.

За неимением лучшего найденные зависимости могут быть использованы также для грубой оценки (по порядку величины) временных характеристик при моделировании сейсмических явлений в лаборатории. Допуская, что масштаб моделирования L пропорционален $E^{1/3}$, получим соответственно для моделей размером 2, 20 и 200 см величины ΔT, равные 0,5, 5,0 и 50 мин. Иными словами, при осуществлении подобия в опытах, моделирующих деформирование образцов, время релаксации напряжений и т.п., процесс подготовки землетрясения будет происходить в течение времени, вполне доступного измерению.

В заключение заметим, что использованные в работе данные собраны Т. Рикитаке по всему земному шару (Япония, Китай, Южная и Северная Америка, СССР, Австралия, Новая Зеландия, Европа) в весьма различных геологических и геоморфологических условиях. Несмотря на это, для них, как и для продолжительностей сейсмических циклов, не удается обнаружить сколько-нибудь заметных различий в величинах времен предвестников. Несомненно, какие-то влияния тектонических и геологических условий на величину ΔT должны существовать, но эти влияния не выходят за пределы погрешности наблюдений. Поэтому дискретность, блочное строение и принципиальная неоднородность горной породы, свойственные всей земной коре, оказываются более влиятельными факторами, сглаживающими все локальные ее особенности.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта
Академии наук СССР, Москва

Поступило
26 IX 1985

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мячкин В.И., Зубков С.И.* – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1973, № 6. 2. *Rikitake T.* – Bull. Seism. Soc. Amer., 1976, vol. 65, p. 1133–1162. 3. *Scholz C., Sykes L., Aggraval Y.* – Science, 1973, vol. 181, p. 803–810. 4. *Rikitake T.* Earthquake prediction. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Company, 1976. 5. *Садовский М.А., Писаренко В.Ф.* – ДАН, 1983, т. 271, № 2, с. 330–333. 6. *Никонов А.А.* Голоценовые и современные движения земной коры. М.: Наука, 1977, с. 240.