

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

И. Г. Киссин, “Чувствительные зоны” земной коры и амплитуды аномалий-предвестников землетрясений, *Докл. АН СССР*, 1985, том 281, номер 2, 304–307

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.174

27 марта 2025 г., 04:32:46



И.Г. КИССИН

“ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ” ЗЕМНОЙ КОРЫ И АМПЛИТУДЫ АНОМАЛИЙ-ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

(Представлено академиком М.А. Садовским 24 IV 1984)

Расчлененность земной коры на отдельные блоки, ее кусковатость [1], предопределяет неоднородную реакцию элементов, приуроченных к различным структурам, на изменение напряженно-деформированного состояния среды. При подготовке землетрясений амплитуды аномальных эффектов-предвестников, возникающих в разных полях, находятся в зависимости от величин напряжений и упругих деформаций. Последние, в свою очередь, связаны с упругими характеристиками среды.

Нами проанализированы амплитуды гидрогеодинамических предвестников землетрясений, определявшихся по аномальным вариациям уровня подземных вод. (Под амплитудой предвестникового эффекта понимается отклонение аномальной вариации данного показателя от его фоновых значений). Использованы данные по 31 зарегистрированной аномалии, которые с достаточной степенью достоверности служили предвестниками 27 сильных землетрясений с магнитудой от 5 до 7,8 ([2–7] и др). Как правило, для каждого землетрясения рассматривался предвестниковый эффект по одному пункту. В тех случаях, когда предвестники были зафиксированы по нескольким наблюдательным пунктам, в расчет принимался эффект с максимальной для данного землетрясения амплитудой. Лишь для четырех землетрясений учтено по два значения предвестника – на участках, удаленных друг от друга и принадлежащих к разным геологическим структурам.

Как видно из гистограммы (рис. 1), свыше половины зарегистрированных предвестников имели амплитуду до 20 см, из них преобладающая часть – до 10 см. Только в 5 случаях амплитуда превышала 1 м. Корреляционные зависимости величин аномального эффекта от магнитуд землетрясений и эпицентральных расстояний очень слабые (рис. 2, 3). Коэффициенты корреляции соответственно равны 0,32 и 0,24. Этим подтверждается существенное влияние условий пункта наблюдений на амплитуду предвестника.

Особый интерес представляют предвестниковые эффекты с исключительно большой амплитудой (15–16 м), превышающей на два порядка амплитуду преобладающего числа подобных эффектов. Высокоамплитудные эффекты наблюдались в Ашхабадском и Таншаньском (Северо-Восточный Китай) сейсмоактивных районах.

В районе Ашхабада гидрогеодинамические эффекты с большой амплитудой отмечены по глубоким пьезометрическим скважинам. В одной из них перед землетрясением в Иране 16 IX 1978 г. с $M = 7,7$ и эпицентральной расстоянием $\Delta = 550$ км бухтообразное снижение уровня воды достигло 2 м [2]. По другой скважине (№ 2г) подобное снижение уровня с амплитудой 16 м предшествовало Газлийским землетрясениям 8 IV и 17 V 1976 г. с M соответственно 7,0 и 7,3 и $\Delta = 530$ км [5]. Это максимальная величина из всех известных предвестников по уровню подземных вод. Период развития указанных предвестниковых эффектов составлял 8–12 месяцев. Перед Таншаньским землетрясением 28 VII 1976 г. с $M = 7,8$ в течение 2–4 лет по многим скважинам происходило снижение уровня воды, которое в эпицентральной

Рис. 1. Гистограмма амплитуд гидрогеодинамических предвестниковых эффектов

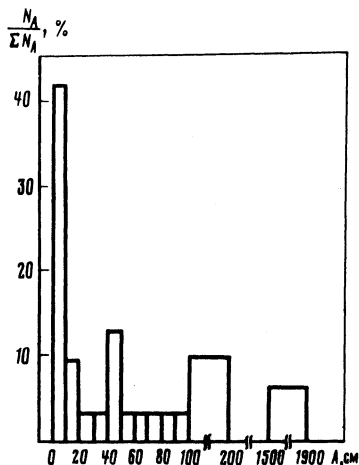


Рис. 1

Рис. 2. Зависимость амплитуд гидрогеодинамических предвестников от магнитуд землетрясений

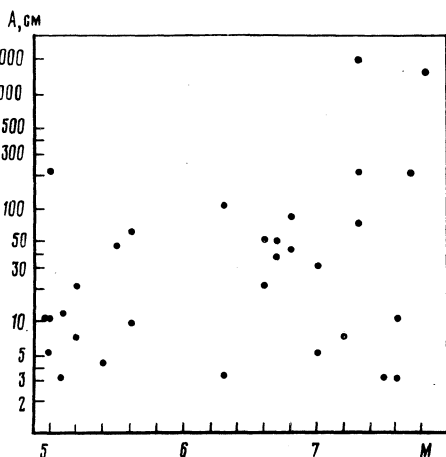


Рис. 2

Рис. 3. Зависимость амплитуд гидрогеодинамических предвестников от эпицентральных расстояний

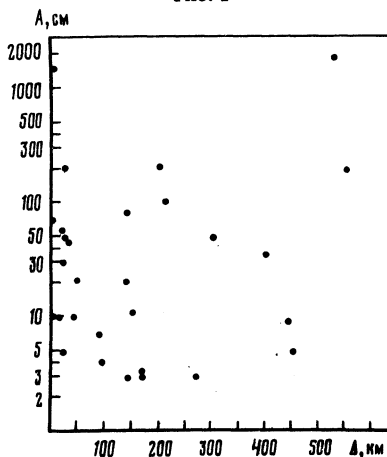


Рис. 3

зоне за несколько дней до толчка сменилось резким подъемом. Максимальная амплитуда снижения уровня составила около 15 м [7]. В обоих указанных районах уровень подземных вод довольно быстро восстанавливается перед землетрясением или вскоре после него до фонового положения, что подтверждает предвестниковый характер данных аномалий.

Можно полагать, что районы Ашхабада и Таншаня, где были обнаружены столь значительные аномалии-предвестники, принадлежат к своего рода "чувствительным зонам" земной коры, в которых проявляется особо интенсивная реакция землетрясениями, в том числе землетрясениями удаленными. Оба этих района отличаются высокой сейсмичностью и рассечены крупными тектоническими нарушениями.

Глубокие скважины Ашхабадского полигона, по которым зарегистрированы высокоамплитудные предвестниковые эффекты, расположенные в зоне Главного Копетдагского разлома. Однако мелкие наблюдательные скважины, вскрывающие грунтовые воды, не связанные непосредственно с зоной разлома, показали значительно меньшие эффекты. Предвестники Ашхабадского землетрясения 5 X 1948 г. с $M = 7,3$, обнаруженные по группе таких скважин, расположенной в непосредст-

венной близости от эпицентра, были выражены снижением уровня грунтовых вод, максимальная величина которого не превышала 70 см [6].

В Северо-Восточном Китае гидрогеодинамические предвестники Таншаньского землетрясения имели наибольшую амплитуду в крупном ромбовидном блоке, ограниченном четырьмя разломами. За пределами блока предвестники были зарегистрированы в некоторых "чувствительных районах", удаленных до 420 км от эпицентра, и во многих случаях концентрировались вдоль разломов [7].

Большая амплитуда аномальных эффектов, которые могут служить предвестниками землетрясений, наблюдалась в "чувствительных зонах" земной коры не только по гидрогеодинамическим, но и по некоторым иным показателям. Так, например, на Ашхабадском полигоне отмечены величины аномальных наклонов земной поверхности до 2", неприливных изменений силы тяжести до 0,1 мГал, изменений разностей геомагнитных полей 24 нТл [8]. Однако эти аномалии при сопоставлении с данными по другим районам не являются столь исключительными по своей амплитуде, как гидрогеодинамические эффекты.

Рассмотрим некоторые особенности и вероятный механизм формирования больших аномалий-предвестников в "чувствительных зонах" земной коры. На важную роль тектонических разломов в проявлениях предвестниковых аномалий уже обращалось внимание, например, применительно к геомагнитным эффектам [9], некоторым аномалиям, зафиксированным на Ашхабадском полигоне [2] и в районе Таншаня [7].

Известно, что приливные деформации в зонах разломов более значительны, чем внутри блоков, и превышают нормальные значения в 3–3,5 раза [10]. Результаты наблюдений за приливными колебаниями уровня подземных вод дают близкие соотношения. Если амплитуды таких колебаний по скважинам в разных районах в абсолютном большинстве случаев не превышали 5 см [11], то по упомянутой скважине 2г Ашхабадского полигона, вскрывающей зону разлома, наибольшая амплитуда приливных колебаний уровня за период наблюдений с января по июнь 1983 г. составляла 13 см (устное сообщение М.Р. Милькиса). По таншаньским скважинам такие амплитуды достигали 16–23 см [7].

Данные по ашхабадской скважине показывают, что в зоне Главного Копетдагского разлома происходит существенное (но не многократное) увеличение приливных колебаний уровня подземных вод. Следовательно, исключительно большой предвестниковый эффект нельзя объяснить только усилением деформаций в зоне разлома при нормальном уровне напряжений. В формировании такого эффекта, очевидно, участвуют и необычно высокие напряжения. Они должны намного превышать напряжения, которые вызывают приливную деформацию 10^{-8} и соответствующую реакцию уровня (13 см), ибо максимальная амплитуда предвестника на два порядка выше, чем наибольшая приливная реакция уровня.

Приливные колебания уровня подземных вод (или иных показателей геофизических полей) характеризуют реакцию определенной наблюдательной системы на известные возмущения. Максимальную амплитуду таких колебаний $a_{\text{пр}}^{\text{max}}$, например в полнолуние или новолуние, можно считать константой данной наблюдательной точки (пьезометрической скважины, наклономерной установки и др.). Для оценки относительной величины предвестниковой аномалии, не зависящей от параметров наблюдательного пункта, введем приливный коэффициент предвестника $R = A/a_{\text{пр}}^{\text{max}}$, где A – амплитуда предвестникового эффекта.

При наличии ряда наблюдений, охватывающего хотя бы один месячный лунный цикл и предвестник сильного землетрясения, можно определить коэффициент R . Величина его должна быть существенно различна для "нормальных" условий наблюдений и рассматриваемых "чувствительных зон". Например, для наблюдательной скважины Ким, расположенной в юго-западной части Ферганской долины [4],

$A^{\max} = 11$ см, $a_{\text{пр}}^{\max} = 2$ см, $R = 5,5$; для упомянутой скважины $2g$ $A^{\max} = 16$ м, $a_{\text{пр}}^{\max} = 13$ см, $R = 123$. Приливный коэффициент можно использовать для оценки величин не только гидрогеодинамических, но и других предвестниковых эффектов по тем полям, которые дают четкую приливную реакцию. Коэффициент этот может служить количественным критерием при выделении "чувствительных зон".

Таким образом, обнаружены "чувствительные зоны" земной коры, в которых проявляются весьма значительные изменения напряженно-деформированного состояния среды перед сильными землетрясениями. На первой стадии исследования этих зон могут быть установлены их некоторые основные особенности.

1. Аномалии-предвестники сильных землетрясений в "чувствительных зонах" имеют очень большую амплитуду. Особо значительны гидрогеодинамические эффекты, которые превышают на 1–2 порядка величину соответствующих аномалий в большинстве других районов.

2. Обнаруженные "чувствительные зоны" приурочены к разломам земной коры или к узлам пересечения крупных тектонических нарушений. Механизм формирования больших предвестниковых аномалий в этих зонах, по-видимому, определяется их подверженностью сильным упругим деформациям. Можно полагать, что такие деформации порождаются изменением поля напряжений при подготовке сильного землетрясения и развиваются в дальнейшем при участии мощных напряжений, действующих в самой зоне. Судя по имеющимся данным, "чувствительные зоны" показывают неодинаковую реакцию (амплитуду предвестников), вплоть до отсутствия последних, перед разными землетрясениями, что зависит от поля напряжений при подготовке очага и от пространственной ориентировки зоны. Сильная реакция в этих зонах может отражать подготовку землетрясений, удаленных до 500–600 км от пунктов наблюдений.

3. Большие амплитуды предвестниковых аномалий в "чувствительных зонах" позволяют уверенно выделять предвестники даже при наличии интенсивных помех. С другой стороны, четко выраженный предвестниковый сигнал в таких зонах вовсе не обязательно может указывать на близкое расположение эпицентра и большую силу ожидаемого землетрясения. Поэтому для поисков предвестников землетрясений, которые могут произойти на небольшом удалении от "чувствительных зон", наблюдательные системы, расположенные в таких зонах, должны быть дополнены системами, находящимися за их пределами.

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

Поступило
4 IV 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. Садовский М.А. – ДАН, 1980, т. 250, № 4, с. 846–848.
2. Курбанов М.К., Лыков В.И., Мячкин В.И. В сб.: Физические процессы в очагах землетрясений. М.: Наука, 1980, с. 7–13.
3. Монахов Ф.И., Ашихин В.И. и др. – Геохимия, 1979, № 3, с. 345–353.
4. Киссин И.Г., Барбанов В.Л. и др. – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1983, № 6, с. 74–86.
5. Милькис М.Р., Воронин И.В. В сб.: Методика и организация наблюдений за режимом подземных вод для прогноза землетрясений. М., 1983, с. 15–16.
6. Милькис М.Р. – ДАН, 1983, т. 273, № 5, с. 1091–1094.
7. Wang Cheng-min, Wang Ya-ling et al. Characteristics of water level variation in deep wells before and after the Tangshan earthquake. Intern. Symp. earthquakes predict. Paris, UNESCO, 1979, p. 17.
8. Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. М.: Наука, 1983. 176 с.
9. Нерсесов И.Л., Сквородкин Ю.П., Гусева Т.В. – Изв. АН СССР. Физика Земли, 1979, № 5, с. 47–55.
10. Латынина Л.А., Шишкина Т.П. – Там же, 1978, № 6, с. 87–93.
11. Мельхиор П. Земные приливы. М.: Мир, 1968. 484 с.