

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040217**(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2022.05.04**

**(21)** Номер заявки  
**202000125**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2020.03.04**

**(51)** Int. Cl. **G01V 1/00** (2006.01)  
**G01V 9/00** (2006.01)  
**G01K 11/00** (2006.01)

**(54) СПОСОБ КРАТКОСРОЧНОЙ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ НАСТУПЛЕНИЯ ПРЕДСТОЯЩИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ**

**(43)** 2021.09.30

**(96)** ЕАПВ/KG/202000003 (KG) 2020.03.04

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ  
СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(КРСУ) (KG)**

**(72)** Изобретатель:  
**Нифадьев Владимир Иванович, Чен  
Борис Борисович (KG), Адушкин  
Виталий Васильевич, Попель Сергей  
Викторович (RU), Когай Георгий  
Андреевич (KG)**

**(56)** Адушкин В.В. и др.: Об изменениях параметров внутренних гравитационных волн в атмосфере центральной Азии перед землетрясениями. Доклады Академии Наук, 2019, т. 487, № 3, сс. 299-303  
KZ-B-18295  
RU-C1-2170447  
RU-C1-2695080  
RU-C1-2438147

**(57)** Изобретение относится к геофизике, в частности к сейсмологии, и может быть использовано для предупреждения катастрофических последствий этого особо опасного природного геофизического явления. Сущность изобретения: по результатам дистанционного зондирования распределения плотности (температуры) атмосферы по вертикали над пунктом наблюдения проводится идентификация внутренних гравитационных волн (ВГВ) в нижней и средней атмосфере, генерируемых в сейсмоактивных зонах, как предвестников землетрясений. При этом регистрируются изменения амплитуды нормированных температурных возмущений  $|T'|/\bar{T} = (T - \bar{T})/\bar{T}$ , где (Т) - исходный профиль флуктуации температуры, а ( $\bar{T}$ ) - сплайна, наложенного на профиль флуктуации температуры, и при достижении этой амплитуды определенного порога, после которого конвективная неустойчивость с началом землетрясения обуславливает обрушение ВГВ, проводится оценка времени наступления сейсмического события. Технический результат: создание способа оценки времени наступления сейсмического события, характеризующегося упрощением системы сбора информации и уменьшением ее стоимости и позволяющего обеспечить возможность эффективного, оперативного, дистанционного выявления времени наступления сейсмического события.

**040217 B1**

**040217 B1**

Изобретение относится к геофизике, в частности к сейсмологии, и может быть использовано для предупреждения катастрофических последствий этого особо опасного природного геофизического явления.

В предсказании землетрясений известны способы, которые основаны на использовании различных электромагнитных явлений, предшествующих и сопровождающих эти процессы (см., например, авт.св.

SU №499543, А1, кл.

G01V 7/00, 9/00, 15.01.1976, №1080099, А1, кл. G01V 3/40, 9/00, 15.03.1984, №1171737, А1, кл. G01V 3/08, 9/00, 07.08.1985, №1193620, А1, кл. G01V 3/12, 23.11.1985, №1806394, А3, кл. G01V 3/12, 08.01.1990, патенты RU №2037162, С1, кл. G01V 3/12, 09.06.1995, №2170448, С2, кл. G01V 9/00, 10.07.2001, №2150717, С1, кл. G01V 1/00, 3/00, 10.06.2000, №2150718, С1, кл. G01V 1/00, 3/00, 7/00, 10.06.2000, №2147755, С1, кл. G01V 1/00, 3/00, 20.04.2000, №2147756, С1, кл. G01V 1/00, 3/00, 20.04.2000, №2147757, С1, кл. G01V 1/00, 3/00, 20.04.2000 и другие).

Однако приведенные в них методы для практического применения требуют выделения заранее сейсмоопасных периодов времени, а идентификация сейсмогенных возмущений электромагнитного поля (ЭМП) Земли затруднительна из-за высокого уровня естественных и техногенных вариаций ЭМП, вызванных различными факторами, например грозовой активностью, ионосферными возмущениями и т.д.

В основе способа краткосрочного прогнозирования землетрясений в (авт.св. SU № 1247808, А1, кл. G01V 9/00, 30.07.1986) лежит физическое объяснение эффекта нарушения основного уравнения статики атмосферы перед землетрясением. Но этот эффект может быть использован при наличии густой сети метеостанций в сейсмоопасном районе, что затруднено в условиях сложной орографии сейсмического пояса Земли.

Дальнейшее развитие вышеуказанный способ прогнозирования землетрясений получил в патенте RU № 2170448, С2, кл. G01V 9/00, 10.07.2001, где помимо одновременной регистрации в атмосфере давления и температуры дополнительно проводится диагностика волнового режима атмосферы по данным об общем содержании озона в атмосфере. Для прогнозирования, учитывая механизм взаимодействия литосферы с атмосферой через акустико-гравитационные волны (см. Липеровский В.А., Похотелов О.А., Шалимов С.Л. Ионосферные предвестники землетрясений. - М.: Наука, 1992, с. 304), на основе результатов диагностики особенностей эволюции зон подготовки землетрясений (см. Добровольский И.П. Теория подготовки тектонического землетрясения. - М.: ИФЗ АН СССР, 1991, с. 224) в характеристиках волнового режима атмосферы, используется сравнение складывающихся изменений волнового режима атмосферы по низким и высоким частотам с типичными сейсмогенными тенденциями, выявленными по архивным данным, с последующим уточнением прогностических выводов по данным сети метеорологических наблюдений.

В способе прогнозирования землетрясений (патент RU № 2170447, С1, кл. G01V 9/00, 10.07.2001) осуществляется измерение литосферных волн, генерируемых очагом землетрясения накануне главного толчка. При этом координаты точек на земной поверхности должны испытывать периодические аномальные отклонения относительно состояния покоя. Способ основан на регистрации амплитуд таких отклонений, которые достаточны, чтобы их можно было достоверно регистрировать с помощью гироскопических систем хранения координат. При этом время удара и магнитуда ожидаемого землетрясения оцениваются из регрессионных зависимостей, а это усложняет сам способ и приводит к снижению достоверности прогнозирования.

Наиболее близким аналогом с заявляемым является способ прогнозирования землетрясений (патент KZ № 18295, кл. G01V 9/00, 15/04/2011), в котором техническим результатом является упрощение способа, повышение точности прогнозирования и расширение арсенала средств для прогнозирования по сравнению с патентом RU № 2170447. Способ-аналог прогнозирования землетрясений включает измерение литосферных волн и регистрацию изменения амплитуды этих волн во времени, затем из спектра литосферных волн выделяют волны частотой 0,001-10 Гц. Увеличение амплитуды колебаний более чем в 2 раза и более по сравнению с фоновым значением служит предвестником землетрясения. При этом такое резкое возрастание амплитуды колебаний волн в литосфере происходит за 2-30 ч до землетрясения, то есть в течение этого времени в литосфере возникают напряжения, приводящее к разрыву пород и их разрушению, что сопровождается землетрясением. Выделяемые частоты являются оптимальными. Достоверность прогноза снижается при уменьшении частоты ниже 0,001 Гц и при ее увеличении более 10 Гц.

Недостаток способа - необходимость размещения большого количества средств измерения литосферных волн в сейсмически активных зонах (точечные измерения) и тем самым усложнение системы сбора информации и ее удорожание.

Задачей заявляемого изобретения является разработка способа оценки времени наступления предстоящих землетрясений, позволяющего повысить оперативность и возможность дистанционной оценки времени начала сейсмического события.

Технический результат заключается в упрощении системы сбора информации, уменьшении ее стоимости и обеспечении возможности эффективного, оперативного, дистанционного выявления времени наступления сейсмического события.

Заявленный технический результат достигается тем, что в способе оценки времени начала предстоящих сейсмических событий, включающем идентификацию внутренних гравитационных волн (далее ВГВ) в нижней и средней атмосфере, генерируемых в сейсмоактивных зонах, как предвестников землетрясений, по данным дистанционного зондирования температуры согласно заявляемому изобретению регистрируются изменения амплитуды нормированных температурных возмущений  $|T'|/\bar{T} = (T - \bar{T})/\bar{T}$ , где  $(T)$  - исходный профиль флуктуации температуры, а  $(\bar{T})$  - сплайна, наложенного на профиль флуктуации температуры, и при достижении этой амплитуды определенного порога, после которого конвективная неустойчивость с началом землетрясения обуславливает обрушение ВГВ, проводится оценка времени наступления сейсмического события.

Конвективная неустойчивость, возникающая в нижней и средней атмосфере при процессах, происходящих в литосфере, выступает в качестве основного источника генерации ВГВ в сейсмически активных районах [см., например, Fritts D.C. Gravity wave saturation in the middle atmosphere: A review of theory and observations, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 22, 275-308. 1984 и Fritts D.C, and P. K. Rastogi. Convective and dynamical instabilities due to gravity motions in the lower and middle atmosphere: Theory and observations, *Radio Sci.*, 20(6), 1247-1277. 1985] и, как полагают [например, Fritts D.C A review of gravity wave saturation processes, effects, and variability in the middle atmosphere, *Pure Appl. Geophys.* 1989. V. 130. P. 343-371; Fritts D.C. and M. J. Alexander. Gravity wave dynamics and effects in the middle atmosphere, *Rev. Geophys.*, 41(1), 1-64, 1003, doi: 10.1029/2001RG000106, 2003], является наряду с динамической одним из основных процессов, приводящих к диссипации энергии волны.

Предполагается [Губенко В.Р., Кириллович И.А. Диагностика насыщения внутренних атмосферных волн и определение их характеристик в стратосфере Земли с помощью радиозондовых измерений. *Солнечно-земная физика* 2018, т 4. № 2, с. 76-85], что по мере распространения волны вверх диссипация энергии волны происходит при амплитуде ВГВ на уровне порога насыщения.

Авторами заявляемого изобретения установлено [Адушкин В.В., Нифадьев В.И. и др. Об изменениях параметров внутренних гравитационных волн в атмосфере Центральной Азии перед землетрясениями. Доклады Академии Наук, 2019, том 487, № 3, с. 299-303], что амплитуды ВГВ, обнаруженные в стратосфере и идентифицированные как предвестники землетрясений, растут до высот стратопаз, затем происходит разрыв или диссипация волн.

Таким образом, величины реальных амплитуд ВГВ на уровне порога насыщения могут быть использованы для оценки времени наступления предстоящих сейсмических событий.

С целью выявления величин реальных пороговых амплитуд при насыщении были рассмотрены 40 произошедших землетрясений за период 1997-2018 гг. в регионе Центральной Азии. Сведения о землетрясениях взяты из [USGS Earthquake Hazards Program earthquake. USGS.gov.]

Во всех случаях обработаны данные спутниковых измерений температуры средней атмосферы, доступные в системе GIOVANNY [[https://giovanny.gsfc.nasa.gov/giovanny/#service=Vt&=MA13CPASmv5\\_2\\_0](https://giovanny.gsfc.nasa.gov/giovanny/#service=Vt&=MA13CPASmv5_2_0)], над пунктами, расположенными в произвольном порядке и на различных расстояниях от источника (эпицентра) землетрясения. Были рассчитаны амплитуды нормированных температурных возмущений за 4 дня до и 2-3 дня после землетрясения. Установлено, что в более чем 95% случаях величина амплитуды нормированных температурных возмущений резко возрастает за сутки перед непосредственным землетрясением с последующим падением в момент землетрясения, то есть перед землетрясением в ходе амплитуды наступает насыщение с последующим резким падением в момент диссипации энергии волны.

Изобретение иллюстрируется следующими фигурами.

На фиг. 1 представлен график распределения амплитуд нормированных температурных возмущений за 4 дня до и 3 дня после известного землетрясения в Сычуани, Китай 12 мая 2008 г. в 06:28:01 UTC (H=19 км, M=7,9) над 5 пунктами по линии эпицентр - Теплоключенка: кривая 1 - распределение амплитуд над точкой измерения Теплоключенка (юго-восток озера Иссык-Куль (78.5E, 42.5N)), кривая 2 - над точкой Шахъяр, Аксу, СУАР, Китай (83.46E, 40.2N), кривая 3 - над точкой Чарклык, СУАР, Китай (88.42E, 37.9N), кривая 4 - над точкой Голмуд, Цинхай, Китай (93.38E, 36.6N), кривая 5 - над точкой Сершю, Гардзе, Сычуань, Китай (98.34E, 33.3N). Эпицентр находился в Дзёге, Нгава, Сычуань, Китай (103.3E, 33.3N).

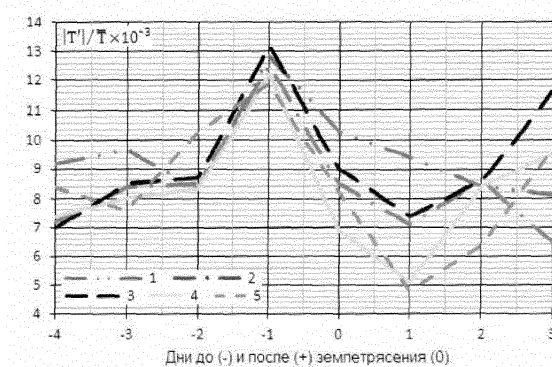
На фиг. 2 приведены распределения амплитуд нормированных температурных возмущений до и после землетрясения в Афганистане 31 января 2018 г. в 07:07:00 UTC (70,85E, 36,52N) над пунктами, расположенными в произвольном порядке от эпицентра: 1-я точка с координатами 72.73E, 40.25N, координаты 2-й точки - (74.65E, 41.00N), 3-й точки - (76.57E, 41,75N).

На всех приведенных экспериментальных кривых на фиг. 1 и 2 наблюдается устойчивая закономер-

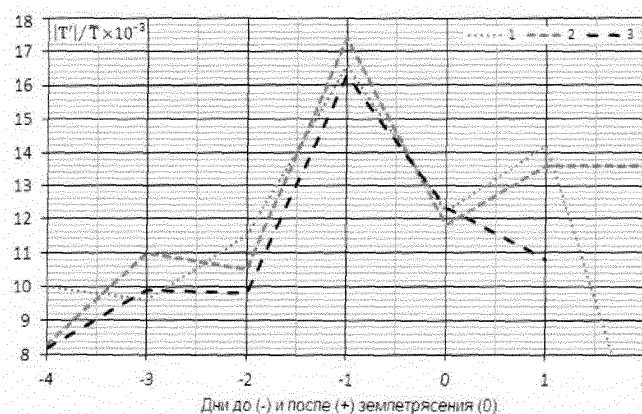
ность хода величины амплитуды нормированных температурных возмущений, которая резко возрастает за сутки перед непосредственным землетрясением с последующим падением в момент землетрясения, независимо от местоположения пункта экспериментальных измерений вертикального распределения плотности (температуры). Так на распределениях амплитуд нормированных температурных возмущений до и после 9 землетрясений (фиг. 3), которые произошли в период с 1997 по 2017 гг. в Центральной Азии (Таджикистан, 17-11-2004 (кривая 1), Иран (N-E), 05-04-2017 (кривая 2), Иран (E), 10-05-1997 (кривая 3), Иран (E), 24-02-2009 (кривая 4), СУАР, Китай, 11-05-2017 (кривая 5), Кегень, Казахстан, 28-01-2013 (кривая 6), Булунгур, Узбекистан, 26-05-2013 (кривая 7), Кадамжай, Киргизия, 19-07-2011 (кривая 8), Киргизия, 12-05-2008 (кривая 9)), хорошо прослеживается та же закономерность.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

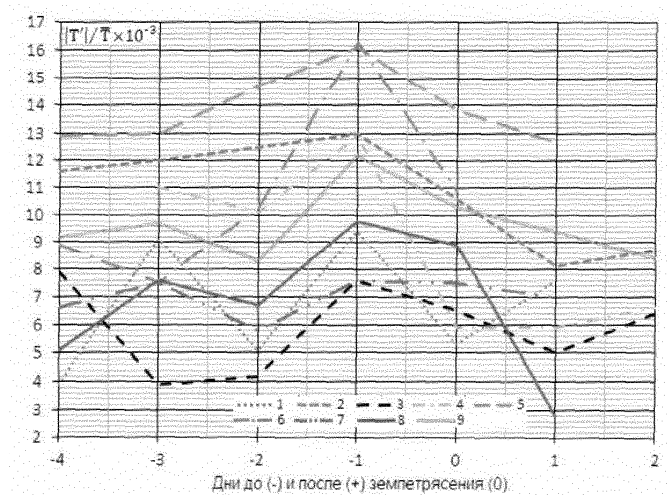
Способ оценки времени наступления предстоящих сейсмических событий, включающий обнаружение и идентификацию внутренних гравитационных волн в нижней и средней атмосфере, генерируемых в сейсмоактивных зонах, как предвестников землетрясений, отличающийся тем, что регистрируют экспериментальные величины амплитуды нормированных температурных возмущений и при достижении этой величины значения  $(9,9 \pm 2,3) \times 10^{-3}$  с доверительной вероятностью 95% оценивают время наступления сейсмического события в период до 24-х ч с момента увеличения амплитуды волны.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

