



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01V 1/008 (2023.08); G01V 9/00 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2023119854, 27.07.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.07.2023

Дата регистрации:
22.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.07.2023

(45) Опубликовано: 22.01.2024 Бюл. № 3

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС для Амелиной
К.Е.

(72) Автор(ы):

Давыдов Вячеслав Федорович (RU),
Комаров Евгений Геннадиевич (RU),
Максимова Алина Николаевна (RU),
Корольков Анатолий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2227311 C2, 20.04.2004. RU
2130195 C1, 10.05.1999. RU 2458362 C1,
10.08.2012. RU 2438147 C1, 27.12.2011. RU
2497158 C1, 27.10.2013. EA 23076 B1, 29.04.2016.

(54) Способ краткосрочного прогнозирования землетрясений

(57) Реферат:

Изобретение относится к области сейсмологии и может быть использовано для мониторинга природных сред. Предложен способ краткосрочного прогнозирования землетрясений. Согласно заявленному способу размещают в сейсмоопасном регионе две пары приемных станций глобальной навигационной системы позиционирования во взаимно ортогональных плоскостях (x , y), разнесенных между собой на измерительных базах до 50 км с высокой точностью центрирования. Отслеживают момент изменения длин баз и отождествляют его с началом сейсмического процесса. Рассчитывают длину вектора раскачки очага через его проекции на осях координат

$$\text{дл}R = \sqrt{\Pi_{px}^2 + \Pi_{py}^2} \text{ и}$$

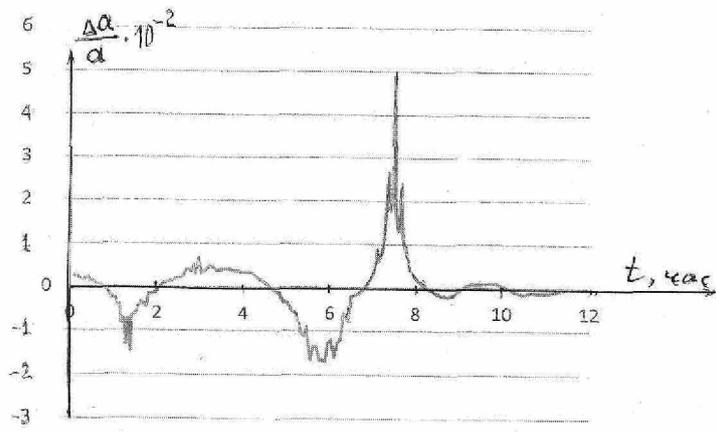
определяют плоскость раскачки очага через косинус направляющих

$$\cos \alpha = \frac{\Pi_{px}}{\text{дл}R}; \cos \beta = \frac{\Pi_{py}}{\text{дл}R}.$$

Численным методом рассчитывают относительное ускорение $\frac{\Delta a}{a}$ длины вектора раскачки. Прогнозируют момент удара по достижению предельных напряжений земной коры $\frac{\Delta a}{a} \leq 10^{-2}$. Фиксируют координаты и время точки достижения предельных напряжений. Прогнозируют магнитуду (M) ожидаемого сейсмического удара из соотношения

$$\lg[t_y, \text{сут}] = 0,54M - 3,37,$$

оповещают службы МЧС о прогнозируемом сейсмическом ударе. Технический результат: возможность упреждающего оповещения, достоверность, документальность, оперативность. б ил.



Фиг. 4

RU 2812095 C1

RU 2812095 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G01V 1/008 (2023.08); *G01V 9/00* (2023.08)(21)(22) Application: **2023119854, 27.07.2023**(24) Effective date for property rights:
27.07.2023Registration date:
22.01.2024

Priority:

(22) Date of filing: **27.07.2023**(45) Date of publication: **22.01.2024** Bull. № 3

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGTU im. N.E. Baumana, TSIS dlya Amelinoj
K.E.

(72) Inventor(s):

**Davydov Viacheslav Fedorovich (RU),
Komarov Evgenii Gennadievich (RU),
Maksimova Alina Nikolaevna (RU),
Korolkov Anatolii Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe obrazovatelnoe
uchrezhdenie vysshego obrazovaniia
«Moskovskii gosudarstvennyi universitet imeni
N.E. Baumana (natsionalnyi issledovatel'skii
universitet)» (MGTU im. N.E. Baumana) (RU)**

(54) **METHOD FOR SHORT-TERM EARTHQUAKE FORECASTING**

(57) Abstract:

FIELD: seismology.

SUBSTANCE: invention can be used for monitoring natural environments. A method for short-term earthquake forecasting is proposed. According to the claimed method, two pairs of receiving stations of the global navigation positioning system are placed in a seismic region in mutually orthogonal planes (x , y), spaced apart at measuring bases of up to 50 km with high centring accuracy. The moment of change in base lengths is monitored and identified with the beginning of the seismic process. The length of the seismic centre rocking vector through its projections on the coordinate axes is calculated $IR = \sqrt{P_{px}^2 + P_{py}^2}$ and the plane of the seismic centre rocking is determined through the cosine of the guides:

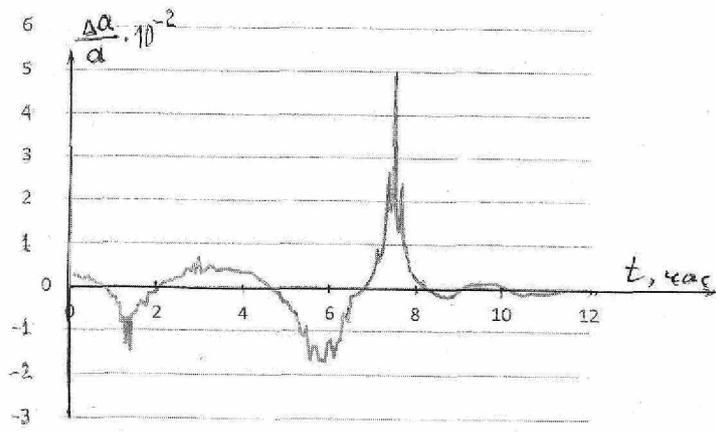
$$\cos \alpha = \frac{P_{px}}{IR}; \quad \cos \beta = \frac{P_{py}}{IR}. \text{ The relative}$$

acceleration of the length of the rocking vector is calculated using a numerical method $\frac{\Delta a}{a}$. The moment of impact upon reaching the maximum stress of the earth's crust $\frac{\Delta a}{a} \leq 10^{-2}$ is predicted. The coordinates and time of the point at which the limiting stresses are reached are recorded. The magnitude (M) of the expected seismic shock is predicted from the relation:

$\lg[t_y, \text{days}] = 0.54M - 3.37$, and the EMERCOM services are notified about a predicted seismic shock.

EFFECT: possibility of proactive notification, reliability, documentation and efficiency.

1 cl, 6 dwg



Фиг. 4

RU 2812095 C1

RU 2812095 C1

Изобретение относится к области сейсмологии и может найти применение в национальных системах наблюдения и обработки данных геофизических измерений для прогнозирования землетрясений.

5 Существует множество статических признаков подготавливаемого землетрясения, регистрируемых системами наземных наблюдений. Систематизированный перечень известных признаков-предвестников [см., например, «Данные о предвестниках», в книге Т. Рикитаке «Предсказание землетрясений», перевод с англ., МИР, М., 1979 г., табл. 13.15, стр. 314-333]. Перечисленные признаки-предвестники имеют долговременный интервал существования и диапазон изменения, но не позволяют точно предсказать
10 момент сейсмического удара.

Другой класс – динамические признаки-предвестники. Они появляются за несколько часов (суток) до удара, но в силу своей скрытости, инерционности во времени (период изменения $10^{-3} \dots 10^{-4}$ сек) не могут быть достоверно зарегистрированы известными
15 техническими средствами.

Достоверно установлено [см., например, «Краткосрочный прогноз катастрофических землетрясений с помощью радиофизических наземно-космических методов», Доклады конференции, РАН, ОИФЗ им. О.Ю. Шмида, М., 1998 г., стр. 30], что за несколько
20 суток до сильного землетрясения, в области его подготовки, в атмосфере над поверхностью очага, наблюдается сильное вертикальное электростатическое поле в виде купола, величиной до нескольких кв/м. Размер области на Земле, над которой это поле существует составляет ~ 120...140 км в диаметре.

Одной из причин возникновения электростатического поля считается активная эманация газов: водорода, гелия, радона и других из зоны сжатия земной коры. Дегазация радона (период полураспада 3,8 суток) сопровождаются γ -излучением, а
25 дегазация водорода приводит к падению атмосферного давления над зоной подготавливаемого землетрясения.

Известен «Измеритель предвестников землетрясений» Патент Ru №2.310894, 2007 г., G.01V, 9/00 – аналог, в котором для повышения достоверности прогноза используют
30 одновременное измерение и концентрация водорода (снижение атмосферного давления Δp на 20-40 мм р.т.) и увеличение фонового уровня радиации на один-два порядка (фоновый уровень $\sim 20 \frac{\text{мкр}}{\text{час}}$).

Устройство-аналога содержит: измерительный канал из генератора оптического излучения, чувствительного элемента и фотоприемника, подключенных
35 последовательно, а также порогового устройства, связанного с устройством обработки результирующего сигнала и синхронизации работы элементов измерителя, отличающийся тем, что чувствительный элемент выполнен в виде электрооптического модулятора на отрезке дырчатого волокна, при это длительность фотоимпульсов электрооптического модулятора должна быть пропорциональна концентрации легких
40 газов в атмосфере, а генератор оптического излучения подключен к делителю из параллельно включенных датчиков радиоактивного фона и переменного сопротивления, при этом между фотоприемником и пороговым устройством включен пиковый детектор.

Недостатками аналога являются:

- не определяются координаты сейсмического удара;
- 45 - поскольку наземный измеритель под воздействием сейсмических волн синфазно смещается вместе с куполом электростатического поля над очагом, то значения измеряемых параметров фактически остаются «const», то есть чувствительность измерителя невысокая.

Ближайшим аналогом к заявленному техническому решению является «Способ краткосрочного предсказания землетрясений», Патент Ru №2.227.311, 2004, G.01V,9/00. Способ ближайшего аналога включает преобразование измеряемой величины в электрический сигнал, взятие дискретных отсчетов амплитуды сигнала в разнесенных точках пространства, формирование регистрограмм измерений зависимости дискретных отсчетов амплитуд от пространственных координат, обработку регистрограмм, отличающийся тем, что образуют из датчиков-измерителей, разнесенных с постоянным шагом по координатам x , y , линейные крестообразные группы, расставляют их в контролируемом регионе ориентированно по сторонам света на расстоянии, соизмеримом с размерами очага, регистрируют датчиками-измерителями амплитуду вертикального электростатического поля у поверхности земли E , осуществляя их последовательный циклический опрос, формируют регистрограммы каждой из групп отдельно по координатам $E(x, t)$ и $E(y, t)$ рассчитывают гипоцентр очага как точку пересечения векторов, направляющие косинусов которых вычисляют через производные от регистрограмм крестообразной группы:

$$\cos \alpha = \frac{dE/dx}{\sqrt{\left(\frac{dE}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dE}{dy}\right)^2}},$$

$$\cos \beta = \frac{dE/dy}{\sqrt{\left(\frac{dE}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dE}{dy}\right)^2}},$$

определяют период сигнала T_0 сигнала регистрограмм, прогнозируют магнитуду и время удара по регрессионным зависимостям $M \approx 110/T_0^2$ (ч); $t_y \approx 4,7T_0$.

К недостаткам ближайшего аналога следует отнести:

- невысокая чувствительность наземных датчиков измерителей вертикального электростатического поля, поскольку под действием сейсмических волн раскачки очага они синфазно смещаются вместе с куполом возникающего электростатического поля, то есть градиент изменения измеряемого сигнала отсутствует;

- определяемый фазовый центр сейсмических волн, как правило, не совпадает с местом разрыва земной коры, то есть неточность прогноза координат сейсмического удара может составлять десятки километров.

Задача, решаемая заявленным способом состоит в обнаружении и измерении сейсмических волн раскачки очага землетрясения средствами глобальной системы позиционирования, определение плоскости колебаний вектора раскачки очага, численный программный расчет длины вектора и координат превышения его ускорения предельных значений деформации $\frac{\Delta x}{x} \leq 10^{-2}$.

Поставленная задача решается тем, что способ краткосрочного прогнозирования землетрясений включает размещение в сейсмоопасном регионе двух пар приемных станций космической навигационной системы позиционирования во взаимно ортогональных плоскостях (x , y), разнесенных между собой внутри плоскостей на измерительных базах до 50 км с центрированием длин баз с высокой точностью, непрерывное отслеживание изменения длин баз и отождествление изменения с началом сейсмического процесса ($t_{нач}$), определение плоскости вектора раскачки очага расчетом косинус направляющих $\cos \alpha$, $\cos \beta$ через его проекции (Π_{px} , Π_{py}) на осях координат

соответственно:

$$\cos \alpha = \frac{\Pi_{px}}{длR}; \quad \cos \beta = \frac{\Pi_{py}}{длR}; \quad \text{длина вектора } длR = \sqrt{\Pi_{px}^2 + \Pi_{py}^2};$$

5 численный программный расчет относительного ускорения $\frac{\Delta a}{a}$ длины вектора (длR)

и сличение его с предельным напряжением земной коры:

$$\frac{\Delta x}{x} \approx \frac{\Delta a}{a} \geq 10^{-2}$$

10 определение предельной длины вектора раскачки ($длR_{max}$) и соответствующей ей координат точки в плоскости раскачки как места ожидаемого сейсмического удара, экстраполяция времени ожидаемого удара t_y / при $max\text{длR}$, расчет времени

упреждающего оповещения как разницы $\Delta t = t_y - t_{\text{текущ}}$, прогнозирование магнитуды

15 (M) ожидаемого сейсмического удара из соотношения:

$$\lg[t_y, \text{сут}] = 0,54M - 0,37$$

Изобретение подтверждается чертежами, где:

фиг.1 – зарегистрированные средствами GPS сейсмические волны раскачки очага состоявшегося землетрясения;

20 фиг.2 – определение плоскости вектора раскачки очага землетрясения через его проекции на осях координат;

фиг.3 – динамика изменения длины вектора раскачки очага;

фиг.4 – динамика изменения относительного ускорения $\frac{\Delta a}{a}$ вектора раскачки очага;

25 фиг.5 – гистограмма изменения вероятности сейсмического удара в функции изменения относительного ускорения вектора раскачки;

фиг.6 – функциональная схема устройства, реализующая способ.

30 Техническая сущность изобретения состоит в следующем. Известно «Явление раскачки очага землетрясения перед сейсмическим ударом» [см., например, Научное открытие №365, 2018 г., Бюллетень, Научные открытия, 2009 г., РАЕН, М-Санкт-Петербург, стр. 66-68]. Частота механических колебаний (ω) определяется соотношением [см., например, Вибрации в технике, Справочник под редакцией К.В. Фролова, Т.6, М., Машиностроение, 1981 г.]:

$$35 \quad \omega = 2\pi f = \sqrt{c/m}$$

где, c – жесткость виброизолятора;

f – частота, Гц;

m – масса, кг.

40 Поскольку жесткость земной коры ограничена, а колебательная масса очага землетрясения велика (млн. тонн), то частота колебаний при раскачке составляет $10^{-3} \dots 10^{-4}$ [Гц]. Такие сверхнизкие частоты невозможно измерить, к тому же если измеритель находится внутри инерциальной системы [см., например, Геофизические методы мониторинга природных сред, Научный сборник, под редакцией В.Н. Сорокина, 45 АН СССР, Институт общей физики, 1991 г.].

Для измерения сверхнизких колебаний измеритель необходимо вынести за пределы инерциальной системы земной коры. Таким измерителем, вынесенным за пределы земной коры является Глобальная Позиционирующая система «Глонасс».

В процессе раскачки очага землетрясения изменяется консолидированная масса земной коры вовлекаемой в колебание. Скорость изменения консолидированной массы зависит от структуры земной коры, скорости дегазации литосферы, характеристик разломной зоны, в общем является величиной не измеряемой.

5 Ввиду изменения массы и неопределенности начальных условий, колебательный процесс аналитически не может быть представлен, общим решением дифференциального уравнения второго порядка [см., например, Пискунов Н.С. «Дифференциальное и интегральное исчисление для ВТУЗов», учебник, пятое издание, Наука М., 1964 г., стр. 524-536].

10 Поэтому для выявления скрытых закономерностей использованы численные методы программной обработки регистрируемых сигналов с последующей экстраполяцией выявленных закономерностей.

На рисунке фиг. 1 представлен график сейсмического процесса состоявшегося 21.12.1995 г. землетрясения, зарегистрированного на полигоне МЧС Кавказские
15 Минеральные воды [см., например, Давыдов В.Ф. «Землетрясения. Телеметрия предвестников», Монография, Издательство МГУЛ, Мытищи, 2001 г., стр. 19-20].
Графики фиг. 1 фактически являются решением дифференциального уравнения второй степени при начальных условиях земной коры упомянутого полигона при изменяемой массе и периоде колебаний. В зарегистрированных литосферных волнах раскачки очага
20 землетрясений содержится вся информация о сейсмическом процессе, времени существования признака-предвестника, координатах сейсмического удара и его магнитуде.

Задача состоит в том, чтобы по начальным параметрам регистрируемого процесса
25 экстраполировать скрытые закономерности для получения интервала времени на предупреждающее оповещение населения.

Известно, что движущийся объект сохраняет плоскость своего вектора. Вектор движения задается своими проекциями на осях координат. Фазовый центр литосферных волн совпадает с гипоцентром очага и лежит в плоскости вектора движения. Плоскость вектора раскачки очага определяется косинус направляющими $\cos\alpha$, $\cos\beta$ через его
30 проекции (P_{px} , P_{py}) на осях координат:

$$\cos \alpha = \frac{P_{px}}{длR}; \quad \cos \beta = \frac{P_{py}}{длR}; \quad \text{длина вектора } длR = \sqrt{P_{px}^2 + P_{py}^2}.$$

На рисунке фиг. 2 иллюстрируется определение фазового центра (гипоцентра очага) через его проекции на осях координат. При раскачке изменяется амплитуда колебаний,
35 то есть увеличивается длина вектора ($длR$). Одна из реализаций изменения длины и периода колебаний иллюстрируется графиком фиг. 3.

Земная кора терпит разрыв при относительных деформациях порядка 10^{-3} [см., например, Т. Рикитаке «Предсказание землетрясений», перевод с англ., М., МИР, 1979
40 г.].

Из Закона Гука «в пределах упругости величина деформации пропорциональна деформирующей силе» [$F = -kx$] и Закона Ньютона «сила равна массе умноженной на ускорение» [$F = m * a$] следует [$m * a = -kx$]. При потере упругости происходит

45 разрыв земной коры, граничные условия $\left[\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} \right]$. Изменение относительного

ускорения $\left(\frac{\Delta a}{a} \right)$ при изменении длины вектора [$длR$], фиг. 3] определялась численным методом. Предварительно, посредством сканера высокого разрешения функция фиг.

1 преобразовывалась в цифровую форму. На рисунке фиг. 4 представлен график изменения относительного ускорения $\left(\frac{\Delta a}{a}\right)$ длины вектора раскачки. Из рисунка фиг.

5 4 следует, что величина $\left(\frac{\Delta a}{a}\right)$ изменяется по знаку и величине. Знак (\pm) содержит информацию в какой полуплоскости относительно гипоцентра ожидается разрыв земной коры, то есть координаты точки сейсмического удара, а величина содержит информацию о времени существования признака-предвестника, то есть об интервале времени упреждающего оповещения. Программа численного расчета относительного ускорения
10 представлена ниже, в примере реализации.

Пример реализации способа

Заявленный способ может быть реализован по схеме фиг. 6. Функциональная схема устройства фиг. 6 содержит приемные станции (1, 2, 3, 4) размещенные в сейсмоопасном регионе (5), осуществляющие прием эфемеридной информации от группировки
15 космических аппаратов (6), образующих попарно (1, 2), (3, 4) ортогональную систему координат (x, y) размещенных на измерительных базах (7, 8) порядка 50 километров. При возникновении сейсмического процесса изменяется расстояние (длина баз) между станциями, которое фиксируется станциями. Результаты измерений через порты станций (9, 10, 11, 12) по каналам связи (13) передаются в аналитический центр (14) в составе
20 устройства вывода (15), комплекса средств обработки: центрального процессора (16), оперативного запоминающего устройства (17), винчестера (18), клавиатуры (19) и средств отображения дисплея (20), принтера (21).

В аналитическом центре (14) ведется база данных о всех зарегистрированных землетрясениях и расчет параметров отслеживаемого процесса. Обеспечивается
25 возможность считывания файлов регистрируемых сигналов через сервер (22) в Интернет (23) и систему оповещения (24).

Функционирование комплекса измерительных средств состоит в следующем. В аналитическом центре (14) организуют круглосуточное дежурство. После обнаружения сейсмического процесса (изменение расстояния между станциями) осуществляют
30 непрерывную регистрацию сигналов и по приведенным выше соотношениям определяют гипоцентр очага и плоскость вектора раскачки. Установленные параметры очерчивают на карте местности. Регистрируемый сигнал (фиг. 4) характеризуется изменением амплитуды и изменением периода колебаний.

Известно, что сама функция и скорость ее изменения связаны дифференциальным
35 уравнением первого порядка, общим решением которого является экспонента. Для прогнозирования землетрясения необходимо непрерывно измерять вторую производную, то есть ускорение вектора раскачки. Поскольку аналитическое выражение второй производной получить не представляется возможным, использованы численные методы программной обработки. Для экстраполяции достижения предельных ускорений

40 $\left[\frac{\Delta a}{a} \geq 10^{-2}\right]$ вектора раскачки использован программный канонический метод разложения функции в ряд Маклорена с ограничением трех членов разложения.

Программа определения ускорения вектора раскачки очага

programSignal;

45 // Из файла f считывается время и величина сдвига
// В файл g записывается время и величина скорости
// В файл h записывается время и величина ускорения
var

```

f,g,h:text;
a,b,c,x,x1,x2,x3,y,y1,y2,y3:real;
begin
assign(f,'data.txt');
5 reset(f);
assign(g,'rezult_v.txt');
rewrite(g);
assign(h,'rezult_a.txt');
rewrite(h);
10 read(f,x1);readln(f,y1);
read(f,x2);readln(f,y2);
read(f,x3);readln(f,y3);
while not eof(f) do
begin
15 a:=((y1-y2)*(x2-x3)-(y2-y3)*(x1-x2))/
((sqr(x1)-sqr(x2))*(x2-x3)-(sqr(x2)-sqr(x3))*(x1-x2));
b:=((y1-y2)-a*(sqr(x1)-sqr(x2)))/(x1-x2);
// c:=y1-b*x1-a*sqr(x1);
x:=x2; y:=2*a*x2+b;
20 writeln(g,x,' ',y);
y:=2*a;
writeln(h,x,' ',y);
x3:=x2; y3:=y2;
x2:=x1; y2:=y1;
25 if(not eof(f)) then read(f,x1);
if(not eof(f)) then readln(f,y1)
end;
close(f);
close(g);
30 close(h)
end.

```

Результат программного расчета иллюстрируется графиком фиг. 4. Расчет позволяет однозначно зафиксировать время удара t_y , в левой полуплоскости раскачки очага (фиг. 1, нижняя часть).

35 Известны соотношения Гутенбенрга-Рихтера, связывающие время существования предвестника t_y [сутки] с магнитудой ожидаемого сейсмического удара [см., например, Краткосрочный прогноз катастрофических землетрясений с помощью радиофизических наземно-космических методов, Доклад конференции ОИФЗ им. О.Ю. Шмида, РАН, М., 1998 г., стр. 10-13]:

$$40 \lg[t_y, \text{сутк}] = 0,54M - 3,37$$

Для размеров (R) зоны накапливаемой деформации:

$$\lg[R, \text{км}] = 0,46M - 0,35$$

45 Из графика фиг. 4 t_y соответствует по времени регистрации сигнала (8 час).

Поскольку средства GPS имеют интервал нечувствительности (порядка 10 см разрешение) время существования признака-предвестника существенно больше времени регистрации сигнала (фиг. 3, 8 час).

Время существования предвестника рассчитывают из соотношения:

$$t_y = T_0 / dT/dt,$$

где T_0 – предел, к которому стремится экспоненциальная зависимость [см., например, Патент Ru№2.426155, 2011 г.].

Экспоненциальная зависимость обладает тем свойством, что по трем ее дискретным отсчетам может быть восстановлена вся функция и определен предел T_0 , к которому стремится экспонента [см., например, Патент Ru№2.426155, 2011 г.]:

$$T_0 = \frac{T_2^2 - T_1 * T_2}{2T_2 - T_1 - T_3}$$

В частности для значений T_1, T_2, T_3 фиг. 3 расчетное значение T_0 составило 4 час.

$$\text{Оттуда: } t_y = \frac{4 \text{ час}}{dT/dt} = \frac{4}{8,5 \cdot 10^{-2}} = 52 \text{ час или } 2,16 \text{ сут}$$

Ожидаемая магнитуда удара: $\lg[2,16] = 0,54M - 3,37 = 5,8$ балла

Размер очаговой зоны подготавливаемого землетрясения $R=126$ км, $\frac{R}{2} = 63$ км.

Место удара левая полуплоскость ≈ 20 км от гипоцентра.

Способ может быть реализован на существующей технической базе. Эффективность способа характеризуется достоверностью, документальностью, регистрируемого сейсмического процесса, возможностью упреждающего оповещения о сейсмическом ударе за 2-3 часа и его координатах.

(57) Формула изобретения

Способ краткосрочного прогнозирования землетрясений включает размещение в сейсмоопасном регионе двух пар приемных станций космической навигационной системы позиционирования во взаимно ортогональных плоскостях (x, y), разнесенных между собой внутри плоскостей на измерительных базах до 50 км с центрированием длин баз с высокой точностью, непрерывное отслеживание изменения длин баз и отождествление изменения с началом сейсмического процесса ($t_{\text{нач}}$), определение плоскости вектора раскачки очага расчетом косинус направляющих $\cos\alpha, \cos\beta$ через

его проекции (Π_{px}, Π_{py}) на осях координат соответственно: $\cos\alpha = \frac{\Pi_{px}}{\partial L R}$; $\cos\beta = \frac{\Pi_{py}}{\partial L R}$,

определение длины вектора $\partial L R = \sqrt{\Pi_{px}^2 + \Pi_{py}^2}$,

численный программный расчет относительного ускорения $\frac{\Delta a}{a}$ длины вектора (длR)

и сличение его с предельным напряжением земной коры: $\frac{\Delta x}{x} \approx \frac{\Delta a}{a} \geq 10^{-2}$,

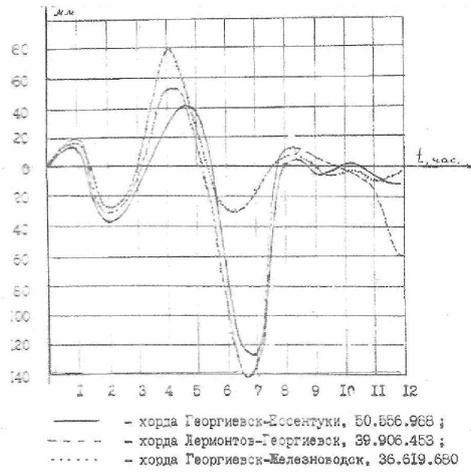
определение предельной длины вектора раскачки ($длR_{\text{max}}$) и соответствующей ей координат точки в плоскости раскачки как места ожидаемого сейсмического удара, экстраполяция времени ожидаемого удара t_y при $длR_{\text{max}}$,

расчет времени упреждающего оповещения как разницы $\Delta t = t_y - t_{\text{получ}}$,

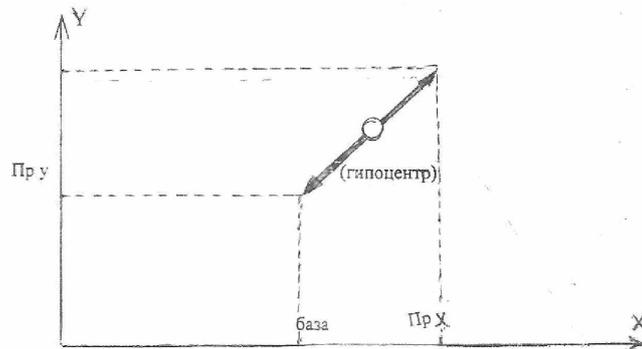
прогнозирование магнитуды (M) ожидаемого сейсмического удара из соотношения:

$$\lg[t_y, \text{сут}] = 0,54M - 3,37.$$

1

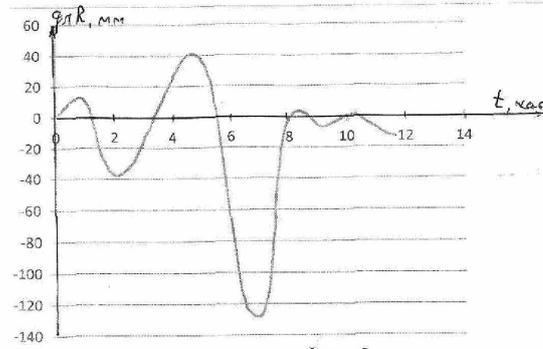


Фиг. 1

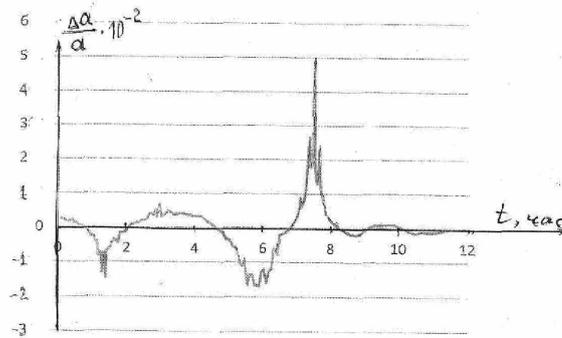


Фиг. 2

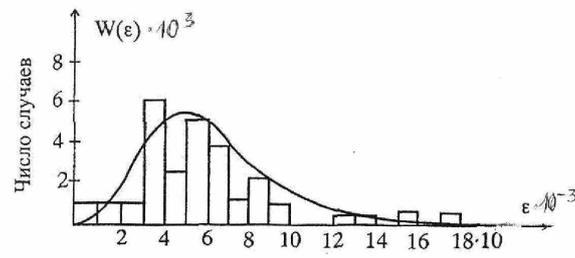
2



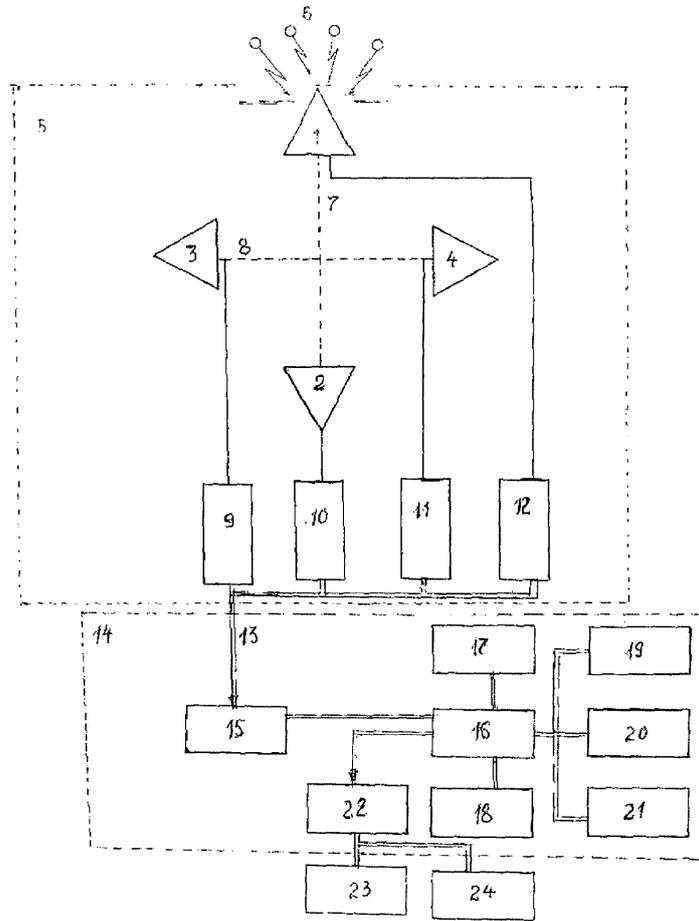
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6