



(51) МПК

G01V 1/01 (2024.01)

G01V 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01V 1/01 (2024.01); G01V 9/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023135952, 28.12.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2023Дата регистрации:
29.04.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2023

(45) Опубликовано: 29.04.2025 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

105005, Москва, вн.тер.г. Муниципальный
округ Басманный, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.
1, ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Амелина Ксения Евгеньевна

(72) Автор(ы):

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

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2227311 С2, 20.04.2004. RU
2204852 С1, 20.05.2003. CN 112415570 A,
26.02.2021.

(54) Способ определения параметров ожидаемого землетрясения

(57) Реферат:

Изобретение относится к области сейсмологии и может быть использовано для определения параметров ожидаемого землетрясения. Сущность: с помощью беспилотного летательного аппарата, оснащенного измерительной аппаратурой для измерения электростатического поля, выполняют патрулирование сейсмоопасного региона. В ходе патрулирования в непрерывном режиме получают регистрограммы измерений электростатического поля с привязкой измерений по времени и координатам. Определяют плоскость вектора

раскачки очага землетрясения и рассчитывают косинусы направляющих вектора раскачки. Выполняют программный расчет длины регистрограмм измерений электростатического поля в плоскости раскачки. Рассчитывают постоянную времени сейсмического процесса раскачки очага. Полученные данные используют для прогнозирования места и магнитуды сейсмического удара. Технический результат: достоверное определение параметров ожидаемого землетрясения. 6 ил.

C1
2839290
RUR U
2 8 3 9 2 9 0
C 1



(51) Int. Cl.
G01V 1/01 (2024.01)
G01V 9/00 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
G01V 1/01 (2024.01); *G01V 9/00* (2024.01)

(21)(22) Application: 2023135952, 28.12.2023

(24) Effective date for property rights:
28.12.2023

Registration date:
29.04.2025

Priority:

(22) Date of filing: 28.12.2023

(45) Date of publication: 29.04.2025 Bull. № 13

Mail address:
105005, Moskva, vn.ter.g. Munitsipalnyj okrug
Basmannyj, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
FGBOU VO MGTU im. N.E. Baumana, Amelina
Kseniya Evgenevna

(72) Inventor(s):

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

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnicheskii universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyi issledovatelskii universitet)»
(MGTU im. N.E. Baumana) (RU)

(54) METHOD OF DETERMINING PARAMETERS OF EXPECTED EARTHQUAKE

(57) Abstract:

FIELD: measuring.

SUBSTANCE: invention relates to seismology and can be used to determine parameters of an expected earthquake. Unmanned aerial vehicle equipped with measuring equipment for measuring the electrostatic field is used to patrol an earthquake-prone region. During patrolling in continuous mode, register programs of electrostatic field measurements are obtained with reference of measurements in time and coordinates. Plane of the buildup vector of the earthquake is

determined and the cosines of the guides of the buildup are calculated. Performing program calculation of length of regisrograms of measurements of electrostatic field in plane of buildup. Time constant of the seismic process of the source swinging is calculated. Obtained data are used to predict the location and magnitude of the seismic shock.

EFFECT: reliable determination of parameters of expected earthquake.

1 cl, 6 dwg

C1
2839290

RU

R U
2 8 3 9 2 9 0 C 1

Изобретение относится к геофизике, в частности к дистанционному зондированию Земли, и может быть использовано в национальных системах сейсмического контроля для прогнозирования землетрясений.

Предсказать землетрясение - это значит определить место, время и магнитуду

⁵ ожидаемого удара. В областях подготовки землетрясений наблюдаются аномалии различных физических полей и природных сред.

Существует множество статических признаков подготавливаемого землетрясения, регистрируемых системами наземных наблюдений. Систематизированный перечень известных признаков-предвестников [см., например, «Данные о предвестниках», в книге

¹⁰ 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 момент сейсмического удара.

Другой класс - динамические признаки-предвестники. Они появляются за несколько

¹⁵ 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 техническими средствами.

При наличии надежных предвестников существует линейная зависимость между логарифмом времени предвестника (t) [сутки], и магнитудой ожидаемого землетрясения,

²⁰ формула Гутенберга-Рихтера:

$$\lg t[\text{сутки}] = \approx 0,79M - 1,88;$$

В последние два десятилетия проводились обобщения данных об аномальных полях, предшествующих землетрясениям, в виде регрессионной зависимости Гутенберга-

²⁵ Рихтера. Для различных признаков-предвестников (более 1.000 наблюдений) получены следующие зависимости:

$$\lg t = 0,77M - 4,4 \text{ (деформационное поле);}$$

$$\lg t = 0,54M - 3,37 \text{ (сейсмические волны).}$$

Достоверно установлено [см., например, «Краткосрочный прогноз катастрофических землетрясений с помощью радиофизических наземно-космических методов», Доклады конференции, РАН, ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта, М., 1998 г., стр. 30], что за несколько 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 $\sim 120 \dots 140$ км в диаметре.

Одной из причин возникновения электростатического поля считается активная эманация ионов газов: водорода, гелия, радона и других из зоны сжатия земной коры.

Для регистрации статических электрических полей применяют электростатические датчики. В качестве чувствительного элемента в электростатическом датчике используют конденсатор (C), нагруженный на сопротивление (R) с особым видом поляризованного диэлектрика (электретом), помещенным между обкладками конденсатора. Одна из обкладок изолирована от поверхности земли и экспонируется в измеряемое электростатическое поле, другая обкладка соединена с поверхностью земли либо с корпусом контролируемого объекта [см., например, «Справочник по радиоэлектронике», том 2, под редакцией А.А. Куликовского, М.: Энергия, 1968, с. 468. Электростатические датчики - аналог].

Недостатками аналога являются:

- малая чувствительность конденсаторных датчиков к изменению напряженности;

- априорная неопределенность к месту установки подобных датчиков.

Известен «Способ краткосрочного предсказания землетрясений» Патент RU №2227311, 2002 г., G.01.V, 9/00 - ближайший аналог. Способ ближайшего аналога включает преобразование измеряемой величины в электрический сигнал, взятие

- 5 дискретных отсчетов амплитуды сигнала в разнесенных точках пространства, формирование регистрограмм измерений зависимости дискретных отсчетов амплитуд от пространственных координат, обработку регистрограмм, отличающейся тем, что образуют из датчиков-измерителей, разнесенных с постоянным шагом по координатам x, y , линейные крестообразные группы, расставляют их в контролируемой местности
- 10 (региона) 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 раздельно по координатам $E(x, t)$ и $E(y, t)$ рассчитывают гипоцентр очага как точку пересечения
- 15 векторов, направляющие косинусов которых вычисляют через производные от регистрограмм крестообразной группы:

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

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

- 25 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:

- 30 - 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;
- большая погрешность измерений при регистрации медленно меняющихся процессов.

- 35 Задачей заявленного технического решения является достоверное обнаружение и непрерывное измерение сейсмического процесса путем регистрации электростатического поля над очагом землетрясения посредством измерителя, установленного на беспилотном летательном аппарате.

- Поставленная задача решается тем, что способ краткосрочного прогнозирования
- 40 землетрясений включает установку на беспилотном летательном аппарате (БПЛА) измерителя электростатического поля (E)[В/м], возникающего над гипоцентром очага подготовляемого землетрясения, разведку сейсмоопасной местности (региона) путем программного патрулирования БПЛА территории для обнаружения электростатического поля в сигнальном режиме измерителя, определение плоскости
- 45 вектора раскачки очага землетрясения через его проекции (P_{px}, P_{py}) на осях координат (x, y) путем ортогональных пролетов БПЛА в непрерывном режиме получения регистрограмм измерений $E(x, y, t)$ с привязкой измерений по времени и координатам от бортового потребителя навигационного поля системы позиционирования

«ГЛОНАСС» с расчетом косинус направляющих вектора раскачки:

$$\cos \alpha = \frac{\Pi_{px}}{\sqrt{\Pi_{\tilde{p}x}^2 + \Pi_{\tilde{p}y}^2}}; \quad \cos \beta = \frac{\Pi_{py}}{\sqrt{\Pi_{\tilde{p}x}^2 + \Pi_{\tilde{p}y}^2}};$$

и нанесением его на карту местности (региона), программный расчет длины регистрограмм измерений $E(x, t)$ в плоскости раскачки, заданных в декартовых координатах из соотношения:

$$L_x = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 + \left(\frac{dE}{dx} \right)^2} * dt;$$

расчет постоянной времени (T) сейсмического процесса раскачки очага из соотношения:

$$T = \Delta t / \ln L_2 / L_1;$$

где $\Delta t = t_2 - t_1$ интервал времени между двумя смежными измерениями длины дуг регистрограмм (L_1, L_2); прогноз ожидаемой магнитуды сейсмического удара из соотношения: $\lg t_y(\text{сут}) = 0,77M - 4,4$;

где t_y - время существования признака-предвестника $t_y \cong 4,7T$;

численный программный расчет относительного ускорения $\frac{\Delta a}{a}$ длины регистрограмм в плоскости вектора раскачки очага, экстраполяция изменения $\frac{\Delta a}{a}$, отождествление точки, где $\frac{\Delta a}{a} \geq 10^{-2}$ с местом и временем ожидаемого сейсмического удара,

упреждающее оповещение о предстоящем землетрясении на сайте в Internet.

Технический результат: оперативность и достоверность обнаружения очагов подготовляемого землетрясения, непрерывное измерение сигнала признака-предвестника и точность прогнозирования параметров.

Изобретение поясняется чертежами, где:

фиг. 1 - функция изменения электростатического поля состоявшегося землетрясения;

фиг. 2 - расчетные регистрограммы изменения электростатического поля над гипоцентром очага землетрясения;

фиг. 3 - изменение длины (L) регистрограмм во времени;

фиг. 4 - расчетная функция относительного ускорения длины регистрограмм электростатического поля;

фиг. 5 - гистограмма вероятности землетрясения от относительного изменения ускорения;

фиг. 6 - функциональная схема устройства, реализующая способ.

Техническая сущность заявленного способа состоит в следующем.

Накануне сейсмического удара, вследствие несимметричного приложения сил сжатия и отталкивания в литосфере возникает момент, приводящий к раскачке очага землетрясения [см., например, Научное открытие №365 «Явление раскачки очага землетрясения перед сейсмическим ударом», Сборник научных открытий, РАН, Москва-Санкт-Петербург, 2008 г.]. При раскачке очага наблюдается активная эманация

из литосферы в атмосферу различных газов: водорода, гелия, радона и др.

Радиоактивный газ - радон имеет период полураспада 3,8 суток, сопровождаемый γ -излучением, вызывающим ионизацию атмосферных газов. В результате, над зоной подготовляемого землетрясения возникает электростатическое поле с напряженностью нескольких [кВ/м]. Зарегистрированное электростатическое поле состоявшегося землетрясения (06.03.1992 г.) иллюстрируется графиком фиг. 1.

Для обнаружения и измерения напряженности электростатического поля над подстилающей поверхностью используют серийно выпускаемый отечественной промышленностью измеритель «Зонд-Заряд», установленный на БПЛА [см., например, «Датчик электрического поля Зонд-3», «Преобразователь Заряд», Техническое описание, классификатор БЫ.2.714.003 - 01 ТО, БЫ.2.008.043ТО, СССР, МОМ, НПО ИТ, М., 1983 г.]. Измеритель «Зонд-Заряд» содержит чувствительный элемент - конденсатор (C), емкость которого за счет электромеханического экспонирования (вибрации) в электростатическом поле подвижного электрода меняется с частотой 300 Гц, оседающие на корпусе БПЛА ионы, при его движении в поле, заряжают конденсатор. Изменение емкости приводит к параметрической модуляции сигнала; перетеканию части заряда конденсатора через нагрузочное сопротивление (R), включенное на вход усилителя. После усиления и синхронного детектирования переменной составляющей на интеграторе выделяют сигнал, амплитуда которого пропорциональна величине электростатического поля (E).

Для исключения ложной тревоги в измерителе используют два режима измерений:

а) сигнальный режим обнаружения электростатического поля с амплитудой выше установленного порога;

б) режим последующих измерений текущей напряженности.

Общий вид семейства регистрограмм измерений иллюстрируется графиками фиг. 2.

В зарегистрированном семействе регистрограмм содержится вся информация об отслеживаемом сейсмическом процессе.

Обобщенной характеристикой регистрограммы, учитывающей и амплитуду, и время существования является длина дуги регистрограммы (L). Известно аналитическое выражение длины дуги (кривой) заданной в декартовых координатах $L(x, t)$ [см., например, Н.С. Пискунов, Дифференциальное и интегральное исчисление для ВТУЗов, Т. 1, учебник, 5-ое издание, М., 1964 г., стр. 194]:

$$L(t) = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 + \left(\frac{dE}{dx}\right)^2} dt;$$

Поскольку в современных телекоммуникационных системах информация представляется в цифровом виде, в стандартной шкале квантования 0...256 уровней, то вычисление интеграла осуществляют численным методом по специализированной программе.

Текст программы вычисления длины регистрограмм

```
Programgeom;
const N=1000;
type mass=array[1..N]of real;
var
x,y:mass;
A,B,C,dx:real;
s:string;
```

```

f:text;
k:integer;
functionintegr(A,B:real; x,y:mass):real;
var S:real;
5 begin
S:=0;
forvari:=2 to k-1 do
if(x[i]>=A)and(x[i]<=B)then
S:=S+dx*sqrt(1+sqr((y[i+1]-y[i-1])/(2*dx)));
10 integr:=S
end;
functioncurv(C:real;x,y:mass):real;
varS,z:real;
begin
15 var i:=1;
repeat i:=i+1 until x[i]>=C;
z:=1+sqr((y[i+1]-y[i-1])/(2*dx));
S:=((y[i+1]-2*y[i]+y[i-1])/(dx*dx))/sqrt(z*z*z);
curv:=S
20 end;
begin
write('Введите имя файла ');readln(s);
assign(f,s);
reset(f);
25 var i:=1;
while(not eof(f))and(i<=N)do
begin
readln(f,x[i],y[i]);
i:=i+1
30 end;
k:=i-1;
dx:=x[2]-x[1];
if not eof(f) then writeln('Обработана часть файла');
writeln('Укажите диапазон интегрирования'); readln(A,B);
35 writeln('Длинадуги',integr(A,B,x,y):10:5);
writeln('Укажите точку для расчета кривизны'); readln(C);
writeln('Кривизна',curv(C,x,y):10:5);
close(f)
end.

```

40 В качестве модели исследований осуществлялось преобразование функций-графиков фиг. 2 в цифровую форму посредством сканера высокого разрешения. Расчетное значение длин дуг составили:

$$L_1 = 53 \text{ км}, L_2 = 70 \text{ км};$$

45 Поскольку измерения регистрограмм синхронно привязаны по времени и координатам от бортового потребителя навигационного поля системы «ГЛОНАСС», то проекции длин дуг (L) на осях (x, y) известны из массива измерений. В модели их значения составили $\Pi_{px}=17$ км, $\Pi_{py}=23$ км. Направляющие косинусы вектора раскачки

$$\cos \alpha = 0,645; \cos \beta = 0,74;$$

$$\alpha = 48^\circ; \beta = 42^\circ.$$

Плоскость вектора раскачки очага проходит через гипоцентр и имеет наклон к оси (x) равный 48° . Известно [см., например, Н.С. Пискунов, Дифференциальное и интегральное исчисление для ВТУЗов, Т. 1, учебник, 5-ое издание, М., 1964 г., стр. 458], что сама функция и скорость ее изменения, связаны дифференциальным уравнением первой степени, общим решением которого является экспонента.

На рисунке фиг. 3 иллюстрируется экспоненциальная зависимость переходного процесса раскачки очага землетрясений из начального состояния $t=0$, в конечное $t=t_{удара}$, где t_y - время существования предвестника.

Экспоненциальная зависимость обладает тем свойством, что по двум ее дискретным точкам может быть восстановлена вся функция.

Рассчитывают постоянную времени экспоненты (T) из соотношения:

$$T = \frac{\Delta t}{\ln \frac{L_2}{L_1}} = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{L_2}{L_1}};$$

где, L_1, L_2 - длины дуг регистрограмм в дискретных точках, соответственно $t_1, t_2, \Delta t$ - интервал времени между двумя измерениями регистрограмм (в модели дискретность принималась $\Delta t = 1$ час).

Постоянная времени экспоненты $T = 3,7$ час. За время удара (t_y) принимается интервал, при котором с вероятностью 0,99 происходит сейсмический удар. Из численных значений экспоненты этот интервал составляет $t_y = 4,7T$.

Для деформационного поля существует зависимость магнитуды (M) от времени существования предвестника [см., например, Доклады конференции «Краткосрочный прогноз катастрофических землетрясений с помощью радиофизических наземно-космических методов», РАН, ОНФЗ им. О.Ю. Шмидта, М., 1998 г., стр. 9-10]:

$$\lg t_y(\text{сут}) = 0,77M - 4,4;$$

$$t_y = 3,7 \text{ час} * 4,7 = 17,5 \text{ час}, \quad \text{Магнитуда } M = 5,6 \text{ балла.}$$

Длина дуги кривой сигнала предвестника изменяется во времени и в пространстве. Представляется возможность рассчитать точное время сейсмического удара, магнитуду и место (координаты), вычислением ускорения и знака производной.

Земная кора терпит разрыв при относительных деформациях порядка 10^{-3} [см., например, Т. Рикитаке «Предсказание землетрясений», перевод с англ., М., МИР, 1979 г.]. Вероятность землетрясения от относительной деформации иллюстрируется гистограммой фиг. 5. 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 разрыв земной коры, граничные условия $\left[\frac{\Delta x}{x} \cong \frac{\Delta a}{a} \right]$. Изменение

45 относительного ускорения $\left(\frac{\Delta a}{a} \right)$ при изменении длины регистрограмма определялась численным методом по специализированной программе, текст программы представлен ниже, в примере реализации. Расчетные значения относительного ускорения сигнала

предвестника иллюстрируются графиками фиг. 4. В точке максимальной величины сигнала производная равна нулю и меняет знак.

Отслеживая изменения относительного ускорения $\left(\frac{\Delta a}{a}\right) \geq 10^{-2}$ и знак производной,

- 5 определяют соответствующую точку координат на карте местности (региона) и время ожидаемого сейсмического удара.

Пример реализации способа

- Заявленный способ может быть реализован по схеме фиг. 6. Функциональная схема устройства, реализующая способ содержит беспилотный летательный аппарат (БПЛА) 10 (1) с установленным на нем измерителем (2) электростатического поля в атмосфере над очагом подготовляемого землетрясения типа «Зонд-Заряд», включающий неподвижный электрод (3) соединенный с корпусом БПЛА, и подвижный электрод (4) экспонируемых электромеханических в электростатическое поле (5), приводящее к изменению емкости конденсатора, из неподвижного и подвижного электродов, и 15 протеканию части электрического заряда через нагрузочное сопротивление (6). После синхронного детектирования на детекторе (7), сигнал измеряемой величины [В/м] передается на пороговый элемент (8).

Измеритель (2) работает в двух режимах:

- сигнальный режим, служащий для обнаружения наличия электростатического поля, 20 с возможностью регулировки порогового уровня от бортового комплекса управления (БКУ) (9);
- режим непрерывных измерений, при котором измеряемый сигнал после порогового элемента квантуется в стандартной шкале [0...256] уровней посредством аналогово-цифрового преобразователя (10) с записью кадров информации в бортовом 25 запоминающем устройстве (БЗУ) (11).

Одновременно с записью кадров измерительной информации в БЗУ синхронно осуществляется запись меток бортового времени и координат БПЛА от блока (12) бортового потребителя навигационного поля системы позиционирования «ГЛОНАСС».

- Управление БПЛА осуществляют по командной радиолинии (13) путем закладки в 30 БКУ программы полета в виде стандартных 32 или 64-разрядных слов, либо по разовым командам в непрерывном режиме. Представляется возможность передачи записанной в БЗУ информации измерений в наземный центр тематической обработки (14) в составе: радиолинии управления БПЛА (15), устройства ввода информации (16), средств тематической обработки на базе ПВМ (17) в стандартном комплекте: процессор (18), 35 винчестер (19), оперативное ЗУ (20), дисплей (21), принтер (22), клавиатура (23), блок сопряжения с Интернет (24).

- Для обнаружения сейсмического процесса осуществляют программное патрулирование БПЛА сейсмоопасной местности (региона) в сигнальном режиме измерителя. После обнаружения электростатического поля измеритель автоматически 40 переходит в непрерывный режим измерений. Первой операцией является определение положения вектора раскачки очага землетрясения. Поскольку движущееся тело сохраняет плоскость своего движения, то в каждом сейсмическом процессе, одного и того же очага, оно различно, что создает неопределенность в прогнозировании центра ожидаемого удара. В пространстве вектор задается своими проекциями на осях 45 координат (P_{px}, P_{py}). Оси координат (x, y) создаются путем ортогональных пролетов БПЛА над обнаруженным гипоцентром очага. Выше, расчетные значения проекций определены: $P_{px}=17$ км, $P_{py}=23$ км, $\alpha = 48^\circ$, $\beta = 42^\circ$. Вектор раскачки наклонен под углом 48° к горизонтальной оси, график фиг. 2.

Затем осуществляют получение семейство регистрограмм измерений $E(x, t)$ в плоскости раскачки, проходящей через гипоцентр. По специализированной программе вычисляют длину дуги регистрограммы: определяют постоянную времени (T) динамического процесса и прогнозируют магнитуду ожидаемого сейсмического удара

5 (M) из соотношений Гутенберга-Рихтера. Однако, остается неопределенность относительно центра сейсмического удара. Разрыв земной коры не совпадает с гипоцентром очага, поскольку производная длины дуги регистрограмм в гипоцентре равна нулю. Разрыв земной коры, как правило, происходит в одной из полуплоскостей (относительно гипоцентра) правой, либо левой. Установлено [см., например, «Данные о предвестниках», в книге Т. Рикитаке «Предсказание землетрясений», перевод с англ., МИР, М., 1979 г., табл. 13.15, стр. 314-333], что разрыв земной коры происходит при

10 относительных деформациях $\frac{\Delta x}{x} \geq 10^{-2}$, график фиг. 5.

15 Для расчета величины относительных ускорений $\frac{\Delta a}{a}$ длины регистрограмм измерений используют специализированную математическую программу.

Текст программы ускорения длины регистрограмм

```
ProgramSignal;
// 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');
reset(f);
assign(g,'rezzult_v.txt');
rewrite(g);
assign(h,'rezzult_a.txt');
rewrite(h);
read(f,x1); readln(f,y1);
read(f,x2); readln(f,y2);
read(f,x3); readln(f,y3);
35 while not eof(f) do
begin
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;
writeln(g,x,' ',y);
y:=2*a;
writeln(h,x,' ',y);
x3:=x2; y3:=y2;
x2:=x1; y2:=y1;
if(not eof(f)) then read(f,x1);
```

```

if(not eof(f)) then readln(f,y1);
end;
close(f);
close(g);
5 close(h);
end.

```

Результаты программного расчета относительного ускорения длины регистрограмм иллюстрируется графиком фиг. 4. Исходя из графика, разрыв земной коры ожидается в правой полуплоскости на расстоянии $\approx 30\text{-}40$ км от гипоцентра очага.

10 Эффективность способа характеризуется высокой достоверностью обнаружения сейсмического процесса и возможностью экстраполяции точных координат и времени сейсмического удара.

Устройство выполнено на существующей технической базе с использованием типовых электронных схем элементов [см., например, Справочник по радиоэлектронике, Т. 2, 15 под редакцией А.А. Куликовского, М., Энергия, 1968 г., стр. 339-348]. В качестве канала управления БПЛА может использоваться радиолиния Космических средств типа «Подснежник».

(57) Формула изобретения

20 Способ определения параметров ожидаемого землетрясения, включающий установку на беспилотном летательном аппарате (БПЛА) измерителя электростатического поля (E) [В/м], возникающего над гипоцентром очага подготавливаемого землетрясения, разведку сейсмоопасной местности путем программного патрулирования БПЛА территории для обнаружения электростатического поля в сигнальном режиме измерителя, определение плоскости вектора раскачки очага землетрясения через его проекции (P_{px} , P_{py}) на осях координат (x , y) путем ортогональных пролетов БПЛА в непрерывном режиме получения регистрограмм измерений $E(x, y, t)$ с привязкой измерений по времени и координатам от бортового потребителя навигационного поля системы позиционирования «ГЛОНАСС» с расчетом косинусов направляющих вектора 30 раскачки:

$$\cos \alpha = \frac{P_{px}}{\sqrt{P_{px}^2 + P_{py}^2}}; \quad \cos \beta = \frac{P_{py}}{\sqrt{P_{px}^2 + P_{py}^2}},$$

и нанесением его на карту;

35 программный расчет длины регистрограмм измерений $E(x, t)$ в плоскости раскачки, заданных в декартовых координатах из соотношения:

$$L_x = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 + \left(\frac{dE}{dx}\right)^2} * dt;$$

40 расчет постоянной времени (T) сейсмического процесса раскачки очага из соотношения:

$$T = \Delta t / \ln L_2 / L_1;$$

45 где $\Delta t = t_2 - t_1$ интервал времени между двумя смежными измерениями длины дуг регистрограмм (L_1 , L_2); прогноз ожидаемой магнитуды сейсмического удара из соотношения:

$$\lg t_y(\text{сут}) = 0,77M - 4,4;$$

где t_y – время существования признака-предвестника $t_y \cong 4,7T$;

⁵ численный программный расчет относительного ускорения $\frac{\Delta a}{a}$ длины регистрограмм в плоскости вектора раскачки очага, экстраполяция изменения $\frac{\Delta a}{a}$, отождествление точки, где $\frac{\Delta a}{a} \geq 10^{-2}$, с местом ожидаемого сейсмического удара.

10

15

20

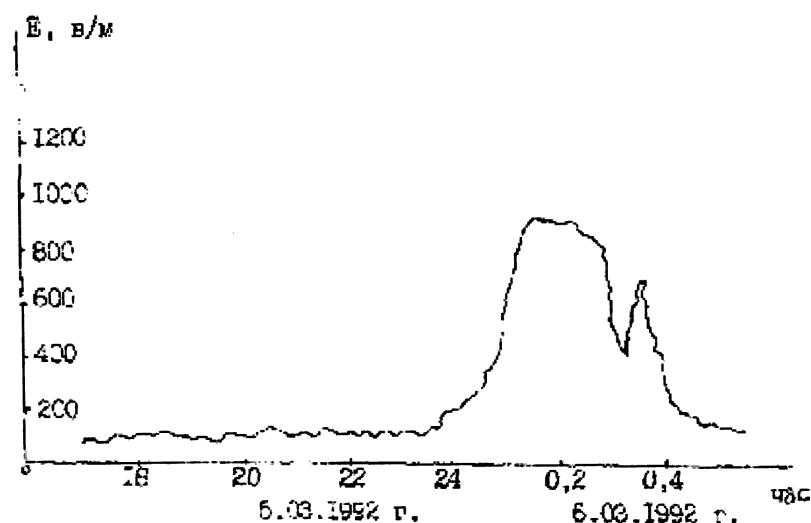
25

30

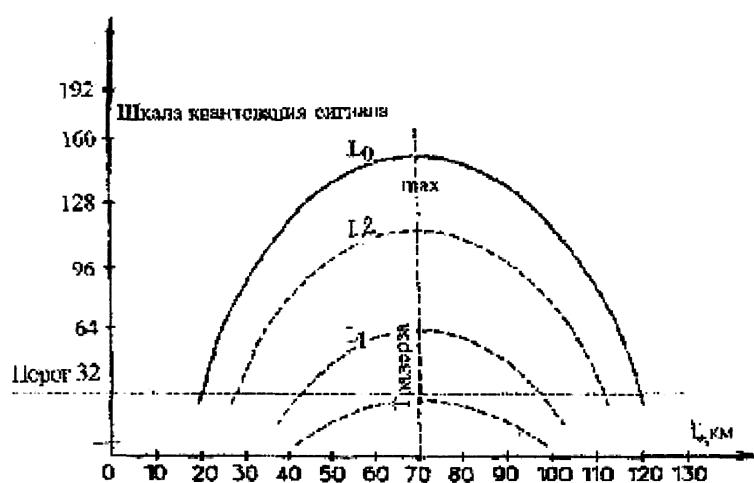
35

40

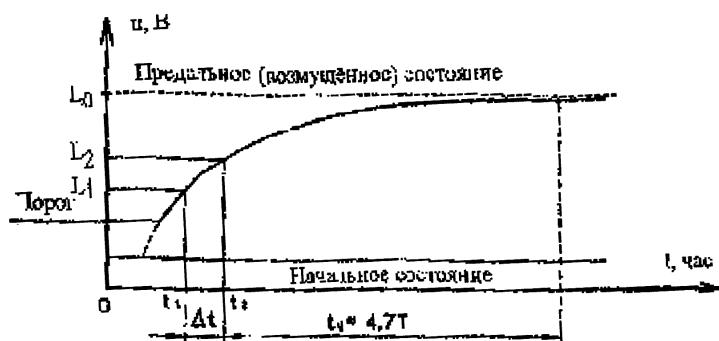
45



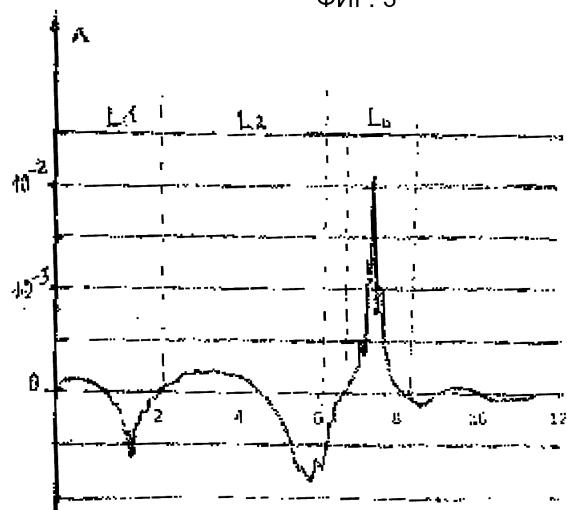
ФИГ. 1



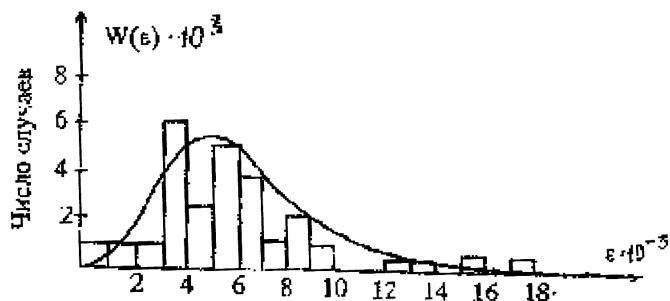
ФИГ. 2



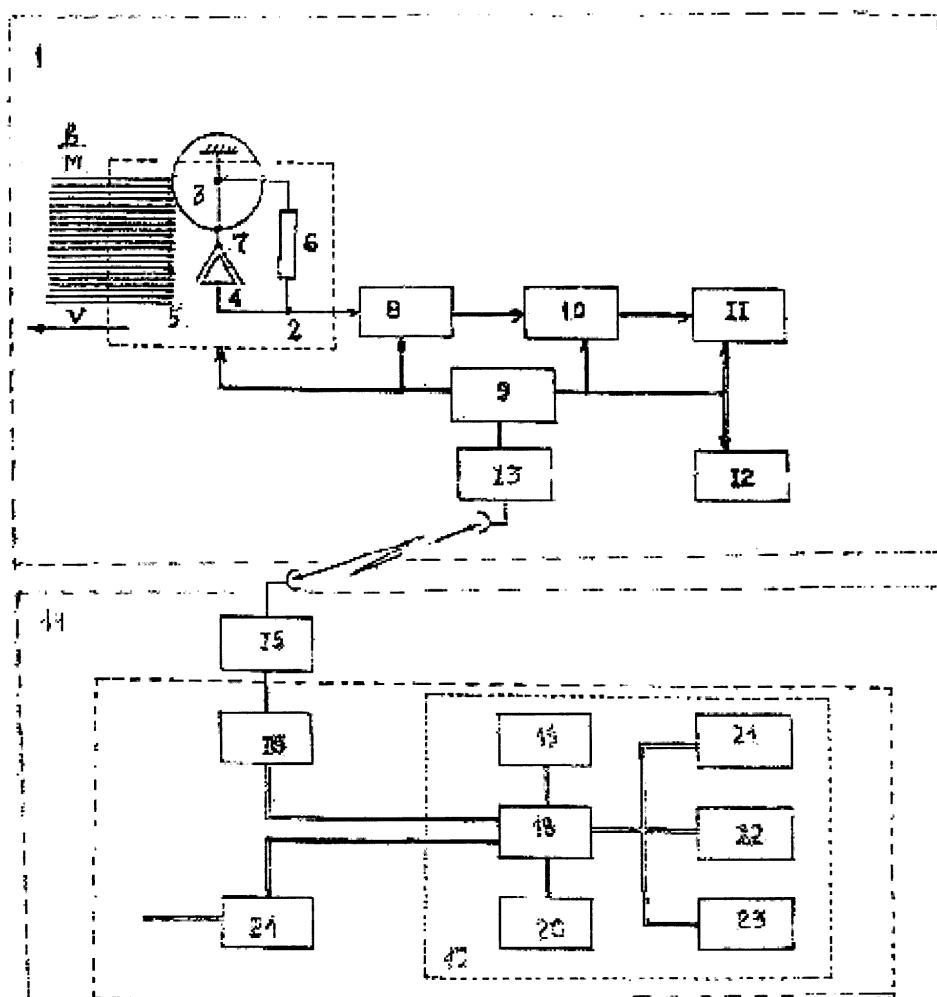
ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6