



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01V 3/16 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019140894, 11.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.12.2019

Дата регистрации:
21.09.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.12.2019

(45) Опубликовано: 21.09.2020 Бюл. № 27

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, для
Савостиковой Е.С. (МФ МГТУ)

(72) Автор(ы):

Давыдов Вячеслав Федорович (RU),
Морозов Владимир Юрьевич (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)

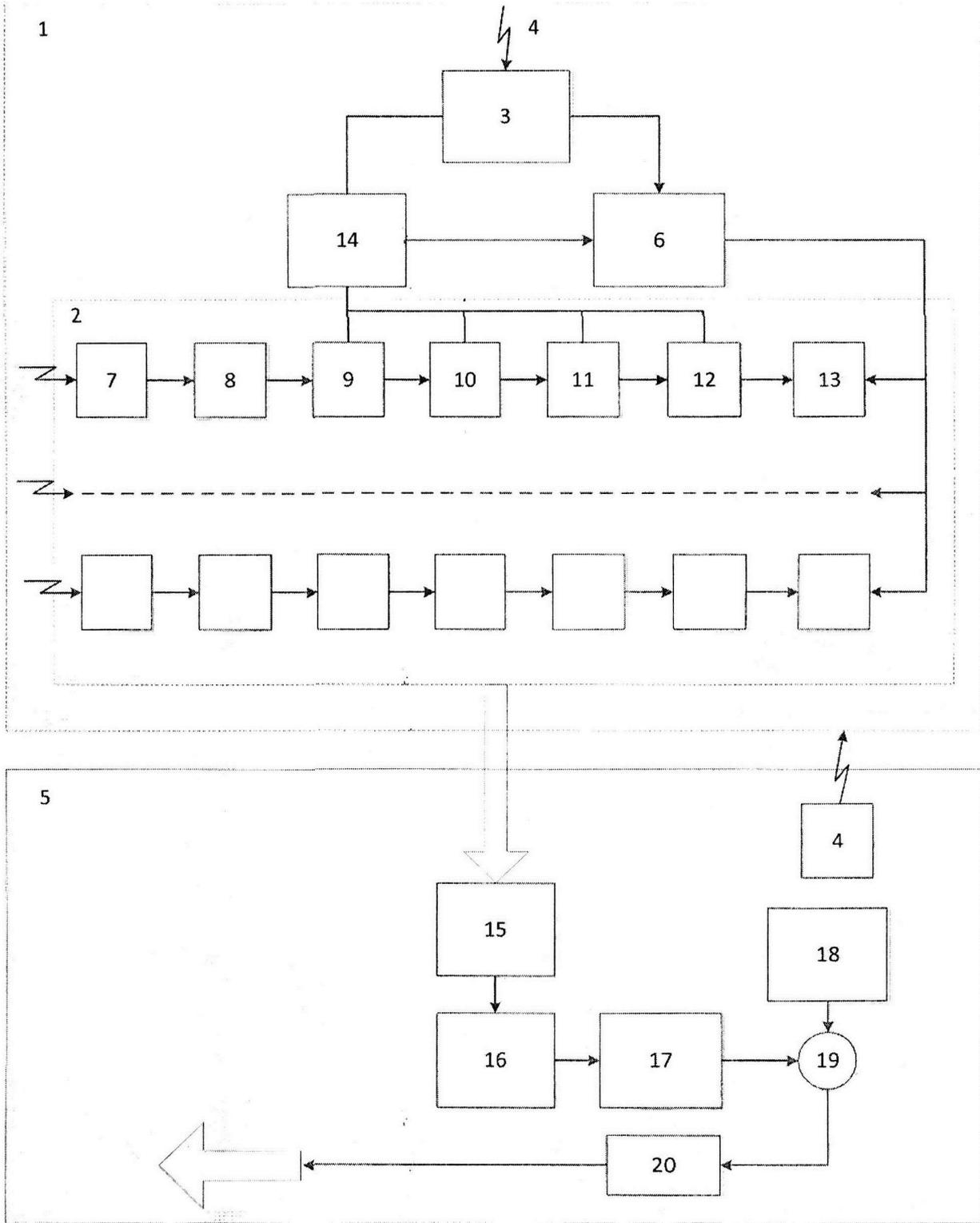
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 1275345 A1, 07.12.1986. SU 972453,
07.11.1982. US 4774469, 27.09.1988. WO
2015088466 A1, 18.06.2015. CN 203259664 U,
30.10.2013.

(54) Способ геологической разведки минералов

(57) Реферат:

Область использования: геология,
дистанционное зондирование подстилающей
поверхности. Сущность: осуществляют разведку
восходящего низкочастотного излучения
кварцевых пород многоканальным приемником,
установленным на аэрокоптере с привязкой
регистраграмм измерений по координатам от
бортовой аппаратуры потребителей ГЛОНАСС,
каждый канал которого содержит
специализированный антенный контур,
автогенератор в режиме затягивания частоты,
операционный усилитель, электронный ключ
дискретизации измеряемой величины во времени,
частотный детектор, аналогово-цифровой

преобразователь, запоминающее устройство.
Идентификацию пород на соответствующий
минерал проводят путем расчета функций
взаимной корреляции текущего сигнала с
эталонными сигналами вида пород от
создаваемой заранее базы данных эталонов.
Формируют синтезированные матрицы измерений
из дискретных отсчетов по запланированным
трассам измерений. Программным методом
выделяют контуры на изображениях - границы
залегания вида пород. Технический результат:
оперативность, досягаемость недоступных
районов, высокая достоверность. 5 ил.



Фиг. 5



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01V 3/16 (2020.02)

(21)(22) Application: **2019140894**, **11.12.2019**

(24) Effective date for property rights:
11.12.2019

Registration date:
21.09.2020

Priority:

(22) Date of filing: **11.12.2019**

(45) Date of publication: **21.09.2020** Bull. № 27

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGU im. N.E. Baumana, TSIS, dlya Savostikovej
E.S. (MF MGU)**

(72) Inventor(s):

**Davydov Vyacheslav Fedorovich (RU),
Morozov Vladimir Yurevich (RU),
Usachev Maksim Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj
tehnicheskij universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"
(MGU im. N.E. Baumana) (RU)**

(54) **METHOD OF GEOLOGICAL SURVEY OF MINERALS**

(57) Abstract:

FIELD: geology; remote probing of underlying surface.

SUBSTANCE: upward low-frequency radiation of quartz rocks is surveyed by a multichannel receiver mounted on an aerocopter with reference of measurement tracing on coordinates from on-board equipment of GLONASS consumers, each channel of which contains a specialized antenna circuit, self-oscillator in frequency-tightening mode, operational amplifier, electronic sampling key of measured value in time, frequency detector, analogue-to-digital converter, memory. Identification of the rock by the

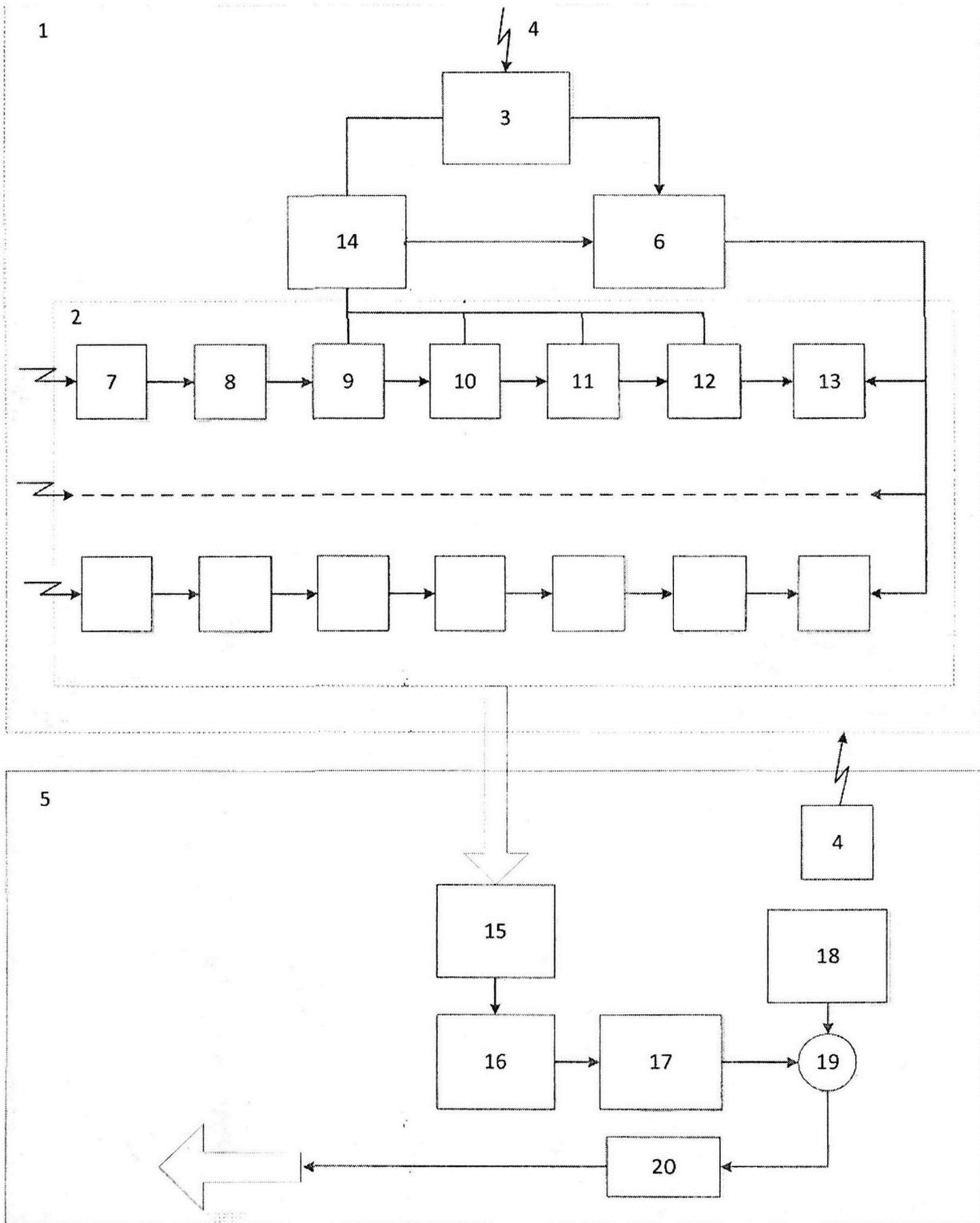
corresponding mineral is carried out by calculating functions of cross-correlation of the current signal with reference signals of the type of rocks from the pre-established database of standards. Synthesized measurement matrices are formed from discrete readings on the planned measurement paths. Contour on the images – bed boundaries of rock type – is selected using a software method.

EFFECT: efficiency, accessibility of inaccessible areas, high reliability.

1 cl, 5 dwg

RU 2 732 545 C1

RU 2 732 545 C1



Фиг. 5

Изобретение относится к области дистанционного мониторинга подстилающей поверхности аэрокосмическими средствами.

Известны геопатогенные зоны Земли, так называемые места силы [см. Internet, Wikipedia, Аномальные зоны], в которых происходят необъяснимые явления.

5 Существует множество методов и средств мониторинга объектов путем их дистанционного зондирования для приема собственного излучения объектов либо отраженного от них электромагнитного поля (солнечного потока).

Информационные признаки собственного излучения подстилающей поверхности, такие как мощность восходящего излучения, его поляризация, диапазон частот, связаны с механическими напряжениями в земной коре и другими аномалиями: изменение удельного сопротивления грунта, плотности теллурических токов, магнитной напряженности. Известно [см. Физический энциклопедический словарь, под ред. А.М. Прохорова, изд. «Сов. Энциклопедия», М, 1983 г., стр. 827], что при механических напряжениях среда становится анизотропной, величина анизотропии пропорциональна механическим напряжениям.

Известен «Способ обнаружения очагов землетрясений», Патент RU №2181495, 2002 г. - аналог. В способе-аналоге осуществляют регистрацию собственного излучения подстилающей поверхности, преобразуют зарегистрированную функцию электрического сигнала в цифровые матрицы $|m \times n|$ отсчетов зависимости амплитуды $I(x, y)$ от пространственных координат, выделяют, методами пространственного дифференцирования, контуры на изображении, отличающиеся тем, что собственное излучение регистрируют в двух, взаимно ортогональных по поляризации, плоскостях, формируют результирующую матрицу изображения из попиксельных отношений амплитуд сигнала в двух, взаимно ортогональных по поляризации, каналах приема, выделяют контуры на результирующем изображении, вычисляют функцию фрактальной размерности внутри выделенных контуров, фиксируют очаг землетрясения при совпадении фрактальной размерности участка текущего контура с эталонным, либо при отклонениях на величину не более пороговой.

Недостатками аналога являются:

- 30 - глубина проникновения СВЧ излучения (аналога) в диапазоне удельных сопротивлений почвогрунтов не превышает 1 м, в то время как для разведки минералов, глубина проникновения должна быть несколько километров;
- для достоверности обнаружения минералов следует регистрировать восходящее излучение, прошедшее всю толщу грунтов.

35 Ближайшим аналогом к заявляемому техническому решению является «Коррелятор сигналов - предвестников землетрясений», Патент RU №2272306, 2006 г., G01V 9/00.

Устройство ближайшего аналога содержит два параллельных канала измерений, разнесенных по пространству на базе, включающей датчик электростатического поля, установленный в первом измерительном канале, и датчик концентрации водорода в атмосфере воздуха, в качестве чувствительного элемента второго измерительного канала, генератор оптического излучения, фотоприемник, аналогово-цифровой преобразователь, буфер-накопитель, программируемую схему выборки измерений, синхронизирующей работу аналогово-цифрового преобразователя и буфера-накопителя, подключенного к компьютеру, причем сигналы-предвестники преобразуются на выходе измерительных каналов в функции зависимости величины среднего тока от времени, а степень подобия двух процессов оценивают функцией взаимной корреляции, по динамике огибающей которой прогнозируют параметры землетрясения.

Недостатком ближайшего аналога являются:

- невозможность непосредственного использования из-за физического различия измеряемых величин;

- измеряются параметры в атмосфере воздуха, в то время как в заявленном решении, измеряемый сигнал должен проходить через толщу породы, содержащую минералы.

5 Задача, решаемая заявленным способом, заключается в разведке спектра сигналов восходящего низкочастотного излучения кварцевых пород и идентификации сопутствующих минералов путем вычисления функции взаимной корреляции разведанного сигнала с эталонным сигналом известной породы.

10 Поставленная задача решается тем, способ геологической разведки минералов включает измерение восходящего низкочастотного излучения кварцевых пород, содержащих сопутствующие минералы измерителем, установленном на аэрокоптере по запланированным трассам полета с привязкой регистрограмм измерений по координатам от бортовой аппаратуры потребителей системы ГЛОНАСС, определение частоты и спектра принимаемого излучения многоканальным радиоприемником с
15 несколькими каналами, разнесенными по поддиапазонам на интервал ΔF захвата частоты автогенератора в режиме затягивания, каждый из которых содержит специализированный антенный контур, автогенератор, операционный усилитель, электронный ключ дискретизации отсчетов измеряемой величины во времени, частотный детектор, аналогово-цифровой преобразователь, запоминающее устройство,
20 идентификацию типа сигнала на соответствующий минерал путем расчета функции взаимной корреляции зарегистрированного сигнала с соответствующим эталонным сигналом от типа пород, формирование результирующей матрицы измерений разведанного сигнала из дискретных отсчетов, выделение контуров границ залегания вида пород на синтезированном изображении.

25 Изобретение поясняется чертежами, где:

фиг. 1 - дискретные отсчеты восходящего низкочастотного излучения вида пород а) жильный кварц, б) агрегаты из зернистого кварца;

фиг. 2 - интервал канального поддиапазона (ΔF) соответствующий полосе захвата автогенератора;

30 фиг. 3 - функции взаимной корреляции разведываемого сигнала с эталонными сигналами вида пород в) жильный кварц, г) агрегаты из зернистого кварца, д) мелкозернистый кварц сплошной массы;

фиг. 4 - контурная карта разведанного месторождения;

фиг. 5 - функциональная схема устройства, реализующая способ.

35 Техническая сущность заявленного технического решения состоит в следующем.

Одним из самых распространенных породообразующих минералов является кварц (SiO_2) и его модификация - гранит (в переводе с итальянского - зернистый) [см.,

например, Советский энциклопедический словарь, под ред. А.М. Прохорова, стр. 570 Кварц, стр. 338 Гранит, изд. Сов. Энциклопедия, 1989 г.] Кварц существует в нескольких

40 структурных формах: зерна, зернистые кристаллы, агрегаты, жильный кварц, прожилки и сплошные массы. Жильный кварц находится в наибольшем геологическом родстве почти со всеми минералами, особенно с золотом (кварцевые пески), кремнезем содержит оливин, пироп, нередко в россыпях встречаются платина, иридий, титановые руды, а также, алмазы (кимберлитовые трубки), рубины и др.

45 С электрической точки зрения, кварц является пьезоэлектриком, при механических напряжениях на его противоположных гранях появляются заряды противоположного знака, величина которых пропорциональна механическим напряжениям [см., например, Справочник по радиоэлектронике, том 2, под ред. А.А. Куликовского, изд. Энергия,

М., 1968 г., стр. 43, Кварцевые резонаторы]

В аномальных зонах тектонических напряжений из-за волн сейсмического фона и приливных волн изменяется плотность электрических зарядов. Кварцевые жилы становятся излучателями низкочастотного восходящего излучения.

5 Чем больше механические напряжения, тем больше анизотропия пород [см., А.М. Прохоров, Физический энциклопедический словарь, изд. Сов. Энциклопедия, 1983 г., стр. 227]. Анизотропия пород пропорциональна мощности и поляризации восходящего низкочастотного излучения. Частота излучения зависит от толщины пласта и структуры кварцевых зерен. Аномальные изменения электрических параметров литосферы, как
10 то плотности теллурических токов, удельной электрической проводимости пород сказываются на параметрах собственного восходящего излучения. В соответствии с приближенными граничными условиями Леонтовича, глубина проникновения (δ) электромагнитного поля в вещество определяется из соотношения:

$$15 \quad \delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu g}}$$

f - частота электромагнитного поля, Гц;

μ - магнитная проницаемость породы;

g - удельная проводимость породы Ом·м³

20 На основе принципа взаимности [см. Драбкин А.Л., Зузенко В.Л. «Антенно-фидерные устройства», М., Сов. радио, 1964 г., стр. 136...137, Принцип взаимности] характеристики электрической цепи при излучении (передаче) идентичны характеристикам цепи при приеме. Из принципа взаимности можно рассчитать глубину излучающего пласта породы. Глубина залегания пород (кимберлитовых трубок) - порядка нескольких км,
25 удельная проводимость (мрамор, гранит, кварц $g \approx 5 \cdot 10^{12}$ Ом·м³). Расчетная частота собственного излучения, в зависимости от структурных конгломератов кварца, находится в диапазоне от сотен Гц до нескольких кГц.

Радиоразведку сигналов осуществляют посредством многоканального приемника [см., например, С.А. Вакин, Л.Н. Шустов «Основы радиопротиводействия и
30 радиотехнической разведки, изд. Сов. радио, М., 1968 г., стр. 410, рис. 10.21]. Весь диапазон разведываемых частот разбит на несколько поддиапазонов (каналов приема) с полосой слежения ΔF в каждом, равной полосе захвата i -го автогенератора, как это иллюстрируется рисунком фиг. 2. Вместо гетеродина в аналоге, в реализуемом приемнике используют автогенератор, синхронизацию частоты которого осуществляют внешней
35 ЭДС, наводимой в антенном контуре. В результате такого режима, сигнал автогенератора, модулируемый спектром восходящего излучения, оказывается частотно-модулированным. Модулирующую функцию восходящего излучения выделяют частотным детектором. Следующей проблемой является создание антенного контура для приема низкочастотного восходящего излучения. Известно [см., например, А.Л.
40 Драбкин, В.Л. Зузенко «Антенно-фидерные устройства», Сов. радио, М., 1964 г., стр. 142-143, 256-258, 268], что для эффективного приема (излучения), геометрическая длина антенны должна быть соизмерима с длиной волны (порядка $\lambda/2 \dots \lambda/6$). Собственная

резонансная частота антенного контура определяется соотношением $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$,

45 где L, C - индуктивность и емкость контура. При килогерцовой частоте восходящего излучения, параметры контура должны соответствовать $\sqrt{LC} \approx 1,6 \cdot 10^{-4}$. Максимальная

емкость конденсатора на основе сегнетоэлектриков (BaTiO_3) достигает $\approx 10^{-4}$ (Ф).

Индуктивность соленоида L (Гн) рассчитывают из соотношения $L = \mu_0 \mu n^2 \cdot l \cdot S$, где μ - магнитная проницаемость сердечника (типа пермаллой) может достигать $\sim 10^4$, l - длина сердечника, S - площадь сечения сердечника, n - количество витков. При количестве витков несколько сотен, длина - несколько см и сечении $0,1 \text{ м}^2$, требуемые параметры антенного контура могут быть реализованы на существующей технической базе.

Кроме разведки спектра сигналов, измеритель позволяет идентифицировать вид породы. Основным методом идентификации объектов является сравнение с эталоном. Математической процедурой сравнения подобия двух функций служит вычисление взаимной корреляции их сигналов [см., например, Заездный В.М., «Основы расчетов по статистической радиотехнике», Связь-издат, М., 1969 г., стр. 92-95].

При современном развитии вычислительной техники, методы корреляционного анализа легко реализуются специальными математическими программами для ПЭВМ. Предварительно осуществляют преобразование зарегистрированных сигналов из аналогового вида в цифровой посредством АЦП. Текст программы вычисления функции взаимной корреляции.

20

25

30

35

40

45

```

program correlator;
uses crt;
const
  nnl=500;
  nnR=2*nnl;
5  T_=1.0;
  Type
  lmass=array[-nnR..nnR] of real;
  Rmass=array[-nnR..nnR] of real;
  Var
  IE, IH:lmass;
10  REN:Rmass;
  fi, fr, text;
  dt:real;
  nl, nR, i:integer;
  procedure Int (var IE, IH:lmass; var REN:Rmass; T_, dt:real)
  var l, integer;
15  begin
  for i:=-nl to nl do
  begin
  REN[i]:=0;
  for j:=-nl to nl do
  begin
20  REN[i]:=REN[i]+1.0/(2*T_)*IE[j]*IH[j+i]*dt
  end;
  end;
  end;
  begin
  cirscr;
  assign (fi, 'data.pas');
25  reset (fi);
  readln(fi, nl); nR:=2*nl;
  dt:=T_/nl;
  for i:=-nR to nR do readln (fi, IE[i], IH[i]);
  close (fi);
  for i:=-nR to nR do writeln (IE[i]:10:5, IH[i]:10:5);
  Int (IE, IH, REN, T_, dt);
30  assign (fr, 'rez.pas');
  rewrite (fr);
  for i:= -nl to nl do writeln (fr, REN[i]:10:5);
  close (fr);
  end.

```

35 Результат расчета иллюстрируется графиками (в, г, д) фиг 3. Селектируемым параметром функции взаимной корреляции $B(f_1, f_2)$ служит интервал корреляции (ширина функции) на уровне 0,1 от ее максимального значения. Для быстрофлюктуирующего процесса функция имеет острую форму. Поэтому график фиг. 3 в) может быть идентифицирован как сигнал жильного кварца, интервал корреляции Δt порядка единиц μs . График фиг. 3 г) имеет интервал корреляции порядка десятков μs и может быть идентифицирован как участок из агрегатов зернистого кварца. График 40 фиг. 3 д) с интервалом корреляции порядка долей секунды, может быть идентифицирован как участок мелкозернистого кварца сплошной массы.

Пример реализации способа.

45 Заявленный способ может быть реализован по схеме фиг. 5. Функциональная схема содержит аэрокоптер 1 (беспилотный летательный аппарат, с установленным на его борту измерителем 2 восходящего низкочастотного излучения). Трассовая покадровая съемка запланированного участка разведки осуществляется от бортового комплекса

управления (БКУ) 3 по радиолнии командного управления 4 наземного комплекса управления 5 с одновременной привязкой регистрограмм измерений по координатам от бортовой аппаратуры потребителей 6 глобальной космической позиционирующей системы ГЛОНАСС.

5 Измеритель 2 выполнен по схеме многоканального разведывательного радиоприемника, каждый из N каналов которого разнесен по диапазону на полосу ΔF захвата сигнала соответствующим автогенератором и представляет собой последовательно соединенные элементы: специализированный антенный контур 7, автогенератор 8, операционный усилитель 9, электронный ключ 10, частотный детектор 10 11, аналогово-цифровой преобразователь 12, буферное запоминающее устройство 13. Синхронизацию работы элементов измерителя 2 осуществляют посредством программируемой выборки измерений 14, в которую закладывают телекоммуникационную программу от БКУ 3. Покадровую дискретизацию измерений во времени в каждом канале реализуют посредством электронного ключа 10, 15 выполненного по схеме [см. «Справочник по радиоэлектронным устройствам» под ред. А.А. Куликовского, изд. Энергия, М., 1978 г., стр. 33, Электронные ключи].

После посадки носителя 1, массивы измерений перекачивают на сервер хранения данных 15 и, через устройство ввода 16, передают в Центр тематической обработки 17. Обработку массивов зарегистрированной информации осуществляют на средствах 20 автоматизированного центра 17.

Идентификацию разведанных областей пород осуществляют путем расчета корреляционных функций разведываемого (текущего) сигнала с эталонным сигналом вида пород, предварительно помещенных в базу данных 18, посредством коррелятора 19. Полученные результаты отображаются на дисплее 20.

25 Затем осуществляют визуализацию разведанных территорий с привязкой областей к географическим координатам. Предварительно, в оперативное запоминающее устройство процессора центра записывают программы специализированного программного обеспечения MATH CAD. Затем формируют кадры синтезированных матриц из попиксельных значений дискретных отсчетов в ЗУ каждого канала для соответствующих точек координат [см., например, Векторизация элементов матрицы. «Специализированное программное обеспечение MATH CAD 7.0» PLVS изд. 4-е стереотипное, М., Информ. Изд. «Филинь» 2000 г., стр. 50-68]. Программной обработкой 30 выделяют контуры на поле синтезированных матриц, как это иллюстрируется рисунком фиг. 4.

35 Способ может быть реализован на существующей технической базе. Эффективность способа характеризуется документальностью, в виде контурных карт разведанных областей, пространственной досягаемостью труднодоступных территорий, максимальной достоверностью разведки за счет корреляционного анализа сигналов.

40 (57) Формула изобретения

Способ геологической разведки минералов, включающий измерение восходящего низкочастотного излучения кварцевых пород, содержащих сопутствующие минералы, измерителем, установленном на аэрокоптере по запланированным трассам полета с привязкой регистрограмм измерений по координатам от бортовой аппаратуры потребителей системы ГЛОНАСС; определение частоты и спектра принимаемого 45 излучения многоканальным радиоприемником с несколькими каналами, разнесенными по поддиапазнам на интервал ΔF захвата частоты автогенератора в режиме затягивания, каждый из которых содержит специализированный антенный контур,

автогенератор, операционный усилитель, электронный ключ дискретизации отсчетов измеряемой величины во времени, частотный детектор, аналогово-цифровой преобразователь, запоминающее устройство; идентификацию типа сигнала на соответствующий минерал путем расчета функции взаимной корреляции
5 зарегистрированного сигнала с соответствующим эталонным сигналом от типа пород; формирование результирующей матрицы измерений разведанного сигнала из дискретных отсчетов; выделение контуров границ залегания вида пород на синтезированном изображении.

10

15

20

25

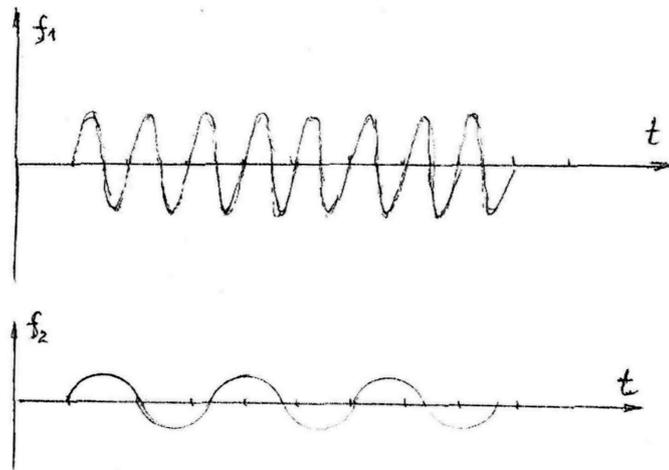
30

35

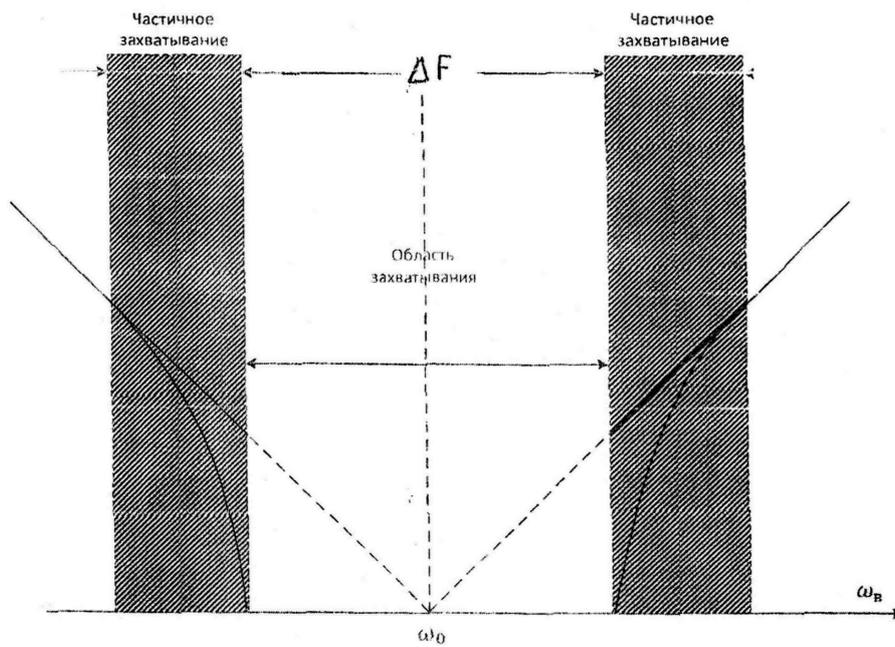
40

45

1

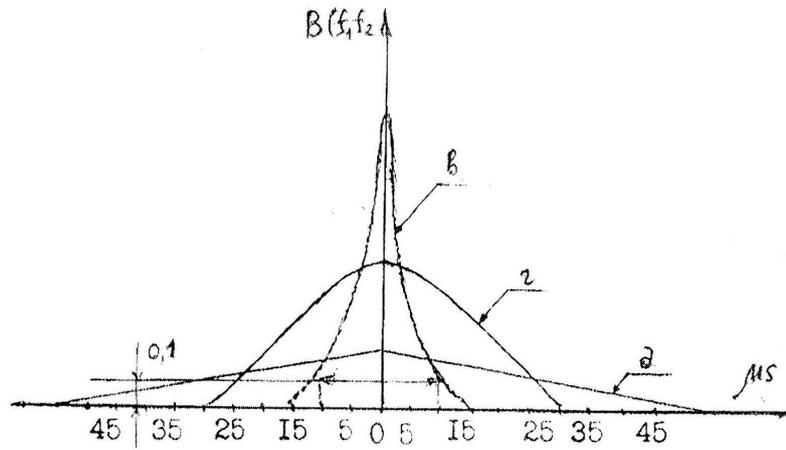


Фиг. 1

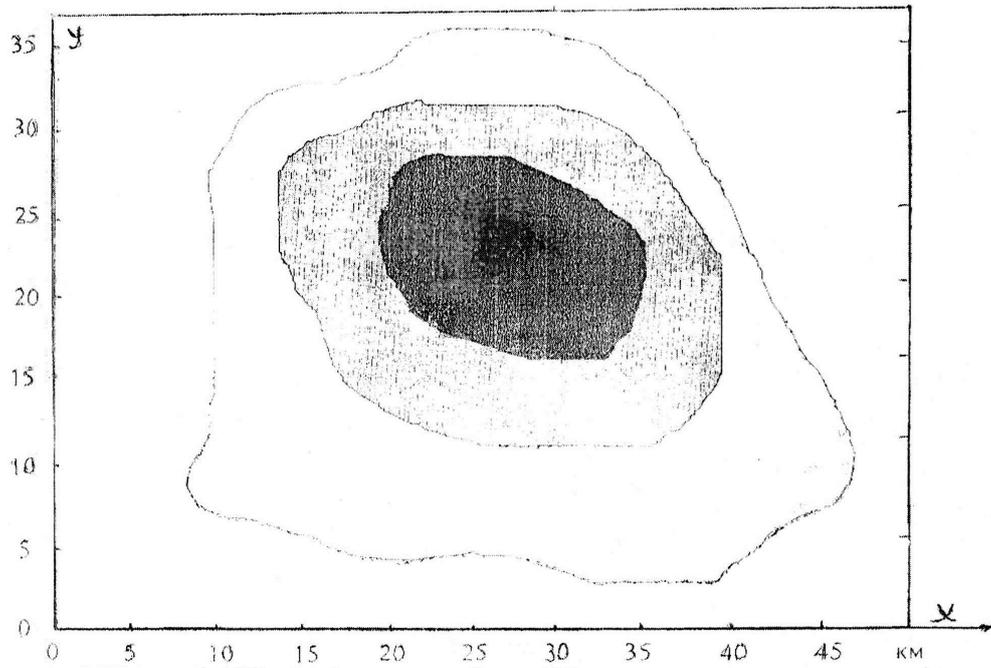


Фиг. 2

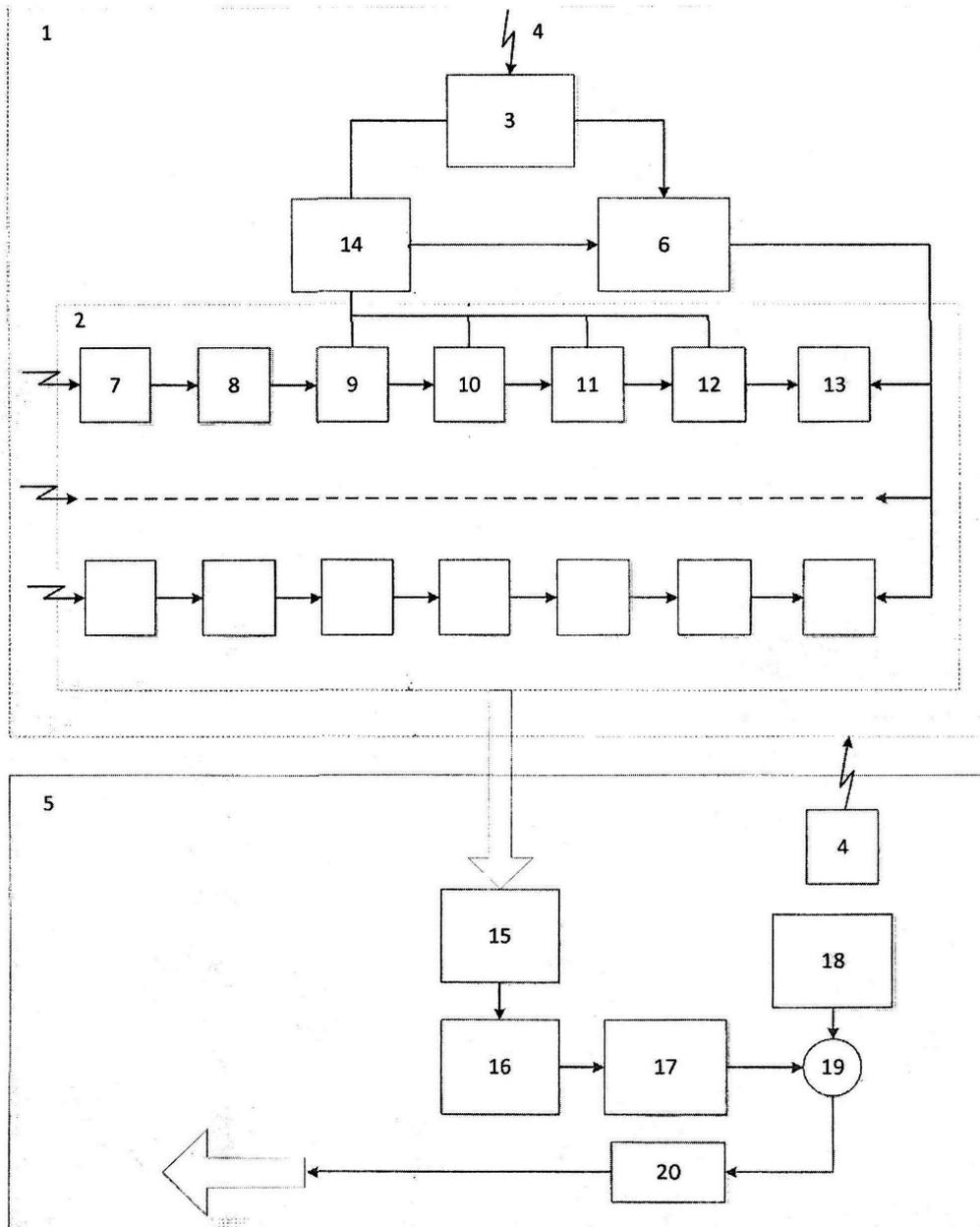
2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5