



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A01G 23/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023119845, 27.07.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.07.2023Дата регистрации:
04.07.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.07.2023

(45) Опубликовано: 04.07.2024 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Давыдов Вячеслав Федорович (RU),
Комаров Евгений Геннадиевич (RU),
Максимова Алина Николаевна (RU),
Румянцев Денис Евгеньевич (RU),
Воробьева Наталия Сергеевна (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 2189732 C2, 27.09.2002. RU
2436291 C1, 20.12.2011. RU 2416192 C2,
20.04.2011. RU 2588179 C1, 27.06.2016. CN
110114800 A, 09.08.2019.

(54) Способ лесопатологической диагностики

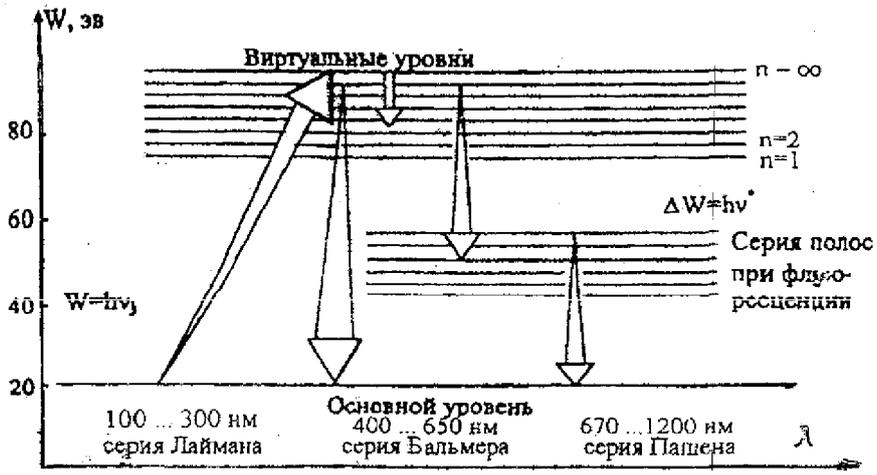
(57) Реферат:

Изобретение относится к лесному хозяйству, в частности к лесопатологической диагностике. Выполняют подготовку образцов в виде побегов крон деревьев в вегетационный период, размещают их в светонепроницаемом зажимном устройстве. Облучают образцы через окно в зажимном устройстве диаметром 4 мм спектральным потоком в полосе 400-600 нм в импульсном режиме с регулируемой интенсивностью. Принимают отраженные от образцов сигналы спектрометром высокого разрешения, преобразовывают измеренные

сигналы в цифровую форму с регулируемой дискретностью отчетов, записывают сигналы в буферное запоминающее устройство, рассчитывают функции взаимной корреляции текущего сигнала с эталонными сигналами лесопатологических образцов из базы данных, идентифицируют вид лесопатологического поражения по ширине функции взаимной корреляции на уровне 0,1 от максимального значения. Повышается достоверность конечных результатов оценки. 4 ил., 1 табл.

RU 2 822 373 C1

RU 2 822 373 C1



Фиг. 1

RU 2822373 C1

RU 2822373 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
A01G 23/00 (2024.01)

(21)(22) Application: **2023119845, 27.07.2023**

(24) Effective date for property rights:
27.07.2023

Registration date:
04.07.2024

Priority:

(22) Date of filing: **27.07.2023**

(45) Date of publication: **04.07.2024** Bull. № 19

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Davydov Viacheslav Fedorovich (RU),
Komarov Evgenii Gennadievich (RU),
Maksimova Alina Nikolaevna (RU),
Rumiantsev Denis Evgenevich (RU),
Vorobeva Nataliia Sergeevna (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 OF FOREST PATHOLOGICAL DIAGNOSTICS**

(57) Abstract:

FIELD: forestry.

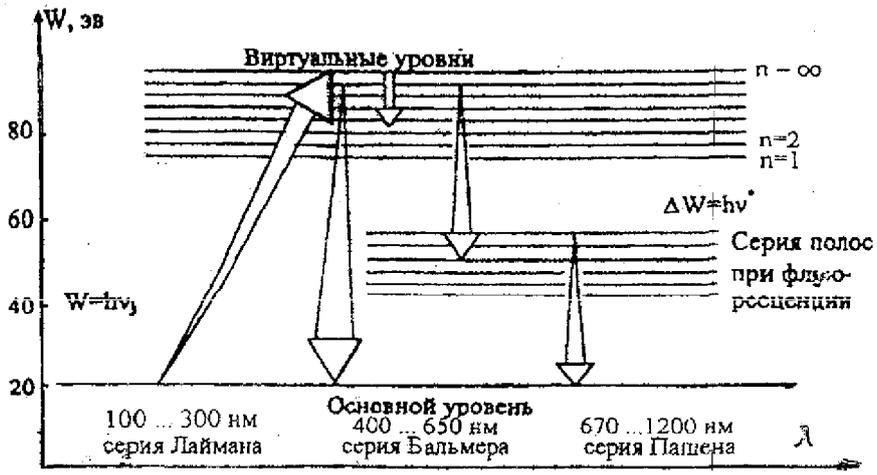
SUBSTANCE: invention relates to forestry, particularly to forest pathology diagnostics. Samples are prepared in the form of tree crowns shoots during the vegetation period, they are placed in an opaque clamping device. Samples are irradiated through a window in a clamping device with diameter of 4 mm with a spectral flux in band of 400–600 nm in a pulsed mode with controlled intensity. Signals reflected from samples are received by high-resolution spectrometer,

measured signals are converted into digital form with adjustable resolution of reports, signals are recorded into buffer memory, calculating cross-correlation functions of current signal with reference signals of forest pathological samples from database, type of forest pathological affection is identified by width of cross-correlation function at level of 0.1 of maximum value.

EFFECT: higher validity of final evaluation results.
1 cl, 4 dwg, 1 tbl

**1 C
2 8 2 2 3 7 3
R U**

**R U
2 8 2 2 3 7 3
C 1**



Фиг. 1

RU 2822373 C1

RU 2822373 C1

Изобретение относится к лесному хозяйству, в частности к оперативному выявлению зон техногенного угнетения лесов, накопления в фотосинтезирующих органах вредных поллютантов, разрушения фитопластов, уменьшения хлорофилла.

В отдельные годы, по данным лесопатологического надзора, общая площадь повреждения лесов может достигать млн га. Визуальными признаками лесопатологии являются некроз хвои, листьев, изменение окраски, уменьшение их линейных размеров, ажурность крон, усыхание ветвей, уменьшение степени охвоенности побегов, уменьшение общего объема фитомассы. Во всех случаях лесопатологического мониторинга, желательно обнаруживать лесопатологические изменения на ранней стадии, чтобы своевременно проводить лесозащитные мероприятия, пока процессы не приняли необратимый характер.

Известен способ оценки состояния лесов по проценту потери хвои, ее некротического повреждения. [см., например, Шкала оценки категорий состояния насаждений, Справочник, Общесоюзные нормативы для таксации лесов, Изд. «Колос», М, 1992 г, стр. 182-185, табл. 60-62] - аналог. В известном способе выделяют пять категорий состояния 0 - (0-10)%, I - (10-25)%, II - (25-60)%, III - более 60 %, IV - отмирающие. Сильное варьирование охвоенности кроны деревьев, даже в пределах одной категории состояния, а также, невозможность точного учета некротического состояния с поверхности земли, делают данный диагностический способ недостаточно точным. Недостатками аналога, также, является:

- субъективность визуальных наблюдений;
- не выявляются скрытые, ранние, признаки патологии.

Известен «Способ ранней лесопатологической диагностики» Патент Ru № 2189732, 2002 г. - ближайший аналог. В способе ближайшего аналога, получают цифровые изображения функции яркости $I(x, y)$ в виде матриц дискретных отсчетов $(m \times n)$ элементов в зонах R и G, вычисляют попиксельные отношения матриц R и G; составляют результирующую матрицу из этих отношений, выделяют, методами пространственного дифференцирования, контуры на результирующем изображении, рассчитывают функции фрактальной размерности изображений внутри контуров и, по численному значению фрактальной размерности, положению контуров и их площади, судят о причинах, координатах и размерах выявленной патологии.

Недостатками аналога следует считать:

- неадекватность алгоритма формирования и обработки результирующей матрицы измеряемому физическому процессу;
- не все существенные признаки лесопатологии измеряются и используются, что снижает достоверность конечных результатов оценки;
- невысокая чувствительность способа, поскольку интервал изменения фрактальной размерности составляет 0,1...0,3

Задача, решаемая заявленным способом, состоит в оперативной идентификации вида патологии путем вычисления функции взаимной корреляции текущего, отраженного от образца сигнала, с эталонным.

Поставленная задача решается тем, что способ лесопатологической диагностики включает подготовку образцов в виде побегов крон деревьев в вегетационный период, размещение их в светонепроницаемом зажимном устройстве, облучение образцов через окно в зажимном устройстве спектральным потоком в полосе 400...600 нм в импульсном режиме с регулируемой интенсивностью, прием отраженных от образцов сигналов спектрометром высокого разрешения, преобразование измеренных сигналов в цифровую форму с регулируемой дискретностью отчетов, запись сигналов в буферное

запоминающее устройство, расчет функций взаимной корреляции текущего сигнала с эталонными сигналами лесопатологических образцов из базы данных, идентификацию вида лесопатологического поражения по ширине функции взаимной корреляции на уровне 0,1 от максимального значения.

5 Изобретение поясняется чертежами, где:

- фиг. 1 - полосы переизлучения солнечного спектра при квантовом взаимодействии с молекулами вещества;

- фиг. 2 - спектр облучения образцов (а) и спектры отражения от них (б, в, г);

10 - фиг. 3 - функции взаимной корреляции текущего сигнала и сигналов эталонных образцов;

- фиг. 4 - функциональная схема установки, реализующей способ.

Техническая сущность способа состоит в следующем. В процессе фотосинтеза, до 90% энергии солнечного потока превращается в биомассу. Взаимодействие солнечного света с клетчаткой происходит на молекулярном уровне. При поглощении энергии 15 кванта молекулой, последняя переходит в возбужденное состояние с переходом на разрешенный виртуальный уровень. При всех видах возможного взаимодействия, как то поглощение, рассеяние, переизлучение, интегральный эффект состоит в смещении спектра падающего потока в его длинноволновую часть. На рисунке, фиг. 1, иллюстрируются полосы смещенного переизлучения: серия Лаймана (100...300 нм), 20 серия Бальмера (400...650 нм), серия Пашена (610...1200 нм) [см., например, Р. Межерис, Лазерное дистанционное зондирование, перевод с англ., Мир, М, 1987 г., стр. 124, табл. 3.4, «Волновые числа комбинационного сдвига на длине волны 337,1 нм. Ниже представлены извлечения и данной таблицы:

25 Тип молекулы вещества	NO ₂ SO ₂ CO ₂ NH ₃ C ₂ H ₂
Длина волны рассеянного излучения	346,7 350,8 352,5 378,8 380,3
Абсолютная величина смещения Δλ, нм	8,6 11,7 15,4 42,7 43,2

30 В результате комбинационного рассеяния, происходит перераспределение энергии между спектральными составляющими отраженного потока. На рисунке фиг. 2 иллюстрируются спектры падающего (облучаемого) $I_{\lambda[\text{пад}]}$ и отраженные от образцов $I_{\lambda[\text{отр}]}$ смещенные спектры. В отраженном спектре содержится вся информация о состоянии исследуемых образцов: эффективность поглощения лучистой энергии, 35 состояние фотосинтезирующих органов, химический состав примесей, минеральный состав питания и увлажненность почв. Подобная информация не может быть получена при визуальных наблюдениях или дистанционном зондировании.

В технике, основным методом идентификации объектов является метод сравнения. Математической процедурой сравнения служит вычисление функции взаимной 40 корреляции $B(\lambda_1, \lambda_2)$ текущего сигнала и сигнала от эталонного образца. По определению [см., например, А.М. Заездный, «Основы расчетов по статической радиотехнике», Связь издат, М, 1969 г., стр. 92-96].

$$45 B(\lambda_1, \lambda_2) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} I(\lambda)_{\text{тек}} \cdot I(\lambda_{\text{этал}} - \Delta\lambda) d\lambda$$

При современном развитии вычислительной техники, методы корреляционного анализа (вычисление интеграла) легко реализуются специальной математической программой на ПЭВМ. Предварительно осуществляют преобразование аналоговых

сигналов в цифровые посредством аналогово-цифрового преобразователя.

Программа расчета функции взаимной корреляции текущего измерения с эталонным сигналом:

```

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

```

По измерениям образцов с известной патологией (полученных, например, методами химического анализа) создают базу эталонных сигналов, используемую при оперативной лесопатологической диагностике. Функции взаимной корреляции сигнала текущего

измерения с эталонными образцами иллюстрируются графиками фиг. 3 По определению [см., например, А.М. Заездный, «Основы расчетов по статической радиотехнике», Связь издат, М, 1969 г.] значение корреляционной функции $B(\lambda_1, \lambda_2)$ в нуле, есть дисперсия (мощность) процесса. Селектируемым параметром функции взаимной корреляции

служит интервал корреляции (ширина $\Delta\lambda$) на уровне 0,1 от максимума. Поэтому графики фиг. 3 могут быть идентифицированы как:

а) - здоровый образец (ширина $\Delta\lambda=10$ нм), категория состояния 0...I;

б) - образец техногенного угнетения фотосинтеза промышленными поллютантами, недостаток минерального питания (ширина $\Delta\lambda=25$ нм), категория состояния II...III;

в) - образец на стадии отмирания (ширина $\Delta\lambda=50$ нм), полное разрушение фитопластов, категория IV...V.

Пример реализации способа.

Заявленный способ может быть реализован по схеме фиг. 4. Функциональная схема содержит зажимную светоизолирующую клипсу (1) внутри которой помещают испытываемый образец побега (2), размещенную на поверхности рабочего стола (3). Облучение образца осуществляют через окно в клипсе (1) диаметром 4 мм импульсным световым потоком с регулируемой интенсивностью посредством генератора оптического излучения (4), собранного на светодиодах (светодиодная матрица) обеспечивающих равномерность освещения поверхности образца посредством рассеивающих линз. Сдвинутый (по длине волны) сигнал флуоресценции (из-за поглощения падающего потока хлорофиллом образца) воспринимается спектрометром (5). Сигнал флуоресценции квантуется аналогово-цифровым преобразователем (6) с изменяемой дискретизацией отсчетов (в интервале от единиц мс до единиц сек) и накапливается в буферном запоминающем устройстве (7).

Обработку массивов измерений осуществляют посредством микропроцессора (8) на основе программ, записанных на жестком диске (9). Предварительно создают базу эталонных спектров сигналов (10) от образцов с известными лесопатологическими заболеваниями. Вычисление функций взаимной корреляции осуществляют посредством коррелятора (11). Управление микропроцессором (8) осуществляют посредством буквенно-цифровой клавиатуры (12) с отображением результата обработки сигналов на жидкокристаллическом дисплее (13).

Расчетные функции взаимной корреляции иллюстрируются графиками фиг. 3. Как следует из графиков, интервал корреляции $\Delta\lambda$ текущего сигнала с эталонным составляет от 5 нм до 25 нм. Следовательно, спектральное разрешение спектрометра (5) должно составлять единицы нм. Чем выше спектральное разрешение, тем точнее результат и выше вероятность раннего обнаружения лесопатологии. На настоящий момент, существуют спектрометры высокого разрешения [см., например, «Технические предложения по ОКР «Вулкан-Астрогон», НТЦ Реагент, г.Москва, 2001 г, стр. 10-16]. Гиперспектрометр высокого разрешения Астрогон-1, спектральное разрешение 1,7 нм. Перечисленный функционал средств (1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13) также реализован на существующей технической базе в виде флуориметра (fluorimeter «Handy FEA» (фирма Hansatech Instruments)).

(57) Формула изобретения

Способ лесопатологической диагностики, отличающийся тем, что выполняют подготовку образцов в виде побегов крон деревьев в вегетационный период, размещают их в светонепроницаемом зажимном устройстве, облучают образцы через окно в

зажимном устройстве диаметром 4 мм спектральным потоком в полосе 400-600 нм в импульсном режиме с регулируемой интенсивностью, принимают отраженные от образцов сигналы спектрометром высокого разрешения, преобразовывают измеренные сигналы в цифровую форму с регулируемой дискретностью отчетов, записывают сигналы в буферное запоминающее устройство, рассчитывают функции взаимной корреляции текущего сигнала с эталонными сигналами лесопатологических образцов из базы данных, идентифицируют вид лесопатологического поражения по ширине функции взаимной корреляции на уровне 0,1 от максимального значения.

10

15

20

25

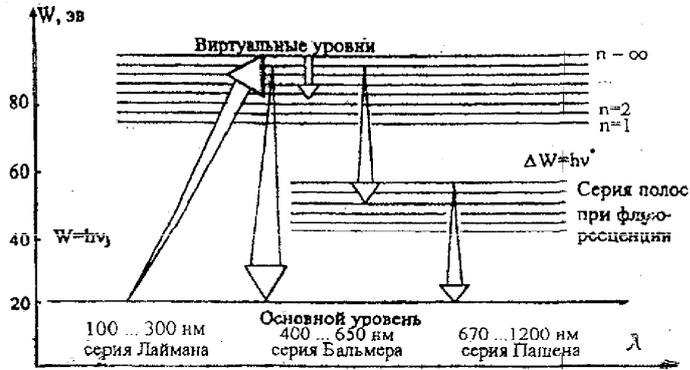
30

35

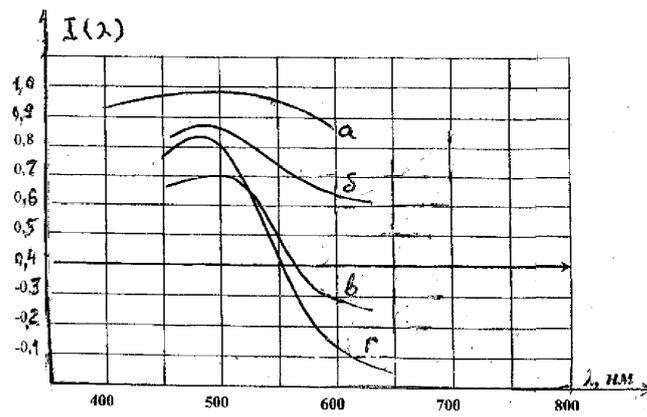
40

45

1

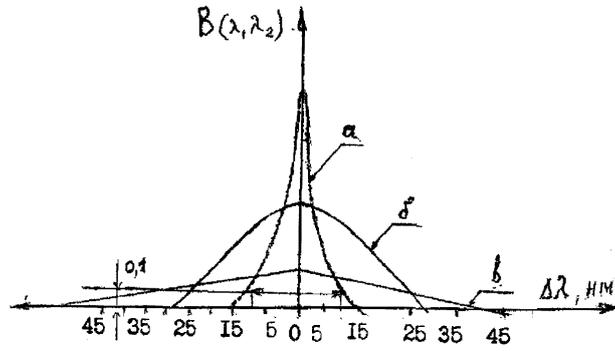


Фиг. 1

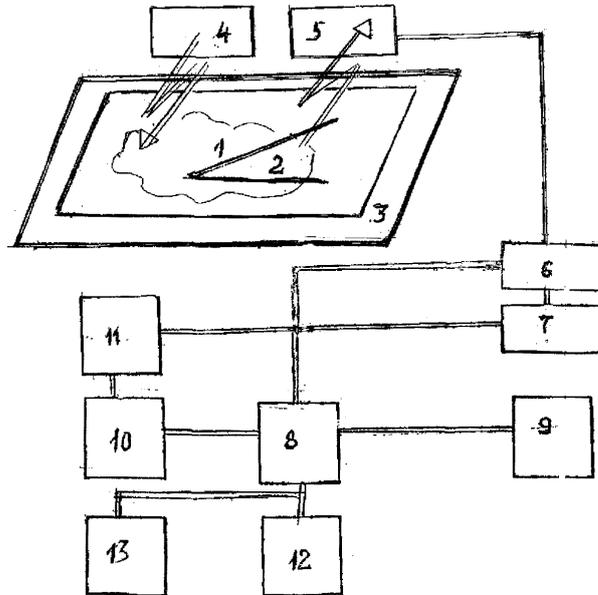


Фиг. 2

2



Фиг. 3



Фиг. 4