



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01N 21/25 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017141623, 29.11.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.11.2017

Дата регистрации:  
22.08.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.11.2017

(45) Опубликовано: 22.08.2018 Бюл. № 24

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Белова  
М.Л. (НИИ РЛ)

(72) Автор(ы):

Барышников Николай Васильевич (RU),  
Белов Михаил Леонидович (RU),  
Городничев Виктор Александрович (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: Белов М. Л. и др. "Лазерный  
мониторинг состояния растительного  
покрова по данным измерений  
коэффициентов отражения",  
РАДИООПТИКА. МГТУ ИМ. Н.Э.  
БАУМАНА, № 3, 2016 г., стр. 1-17. Белов  
М. Л. и др. "Выбор безопасных для зрения  
длин волн излучения в УФ и ближнем ИК  
спектральных диапазонах для задач  
дистанционного зондирования", НАУКА  
И ОБРАЗОВАНИЕ. (см. прод.)

(54) Дистанционный способ обнаружения растительности, находящейся в неблагоприятных для развития условиях

(57) Реферат:

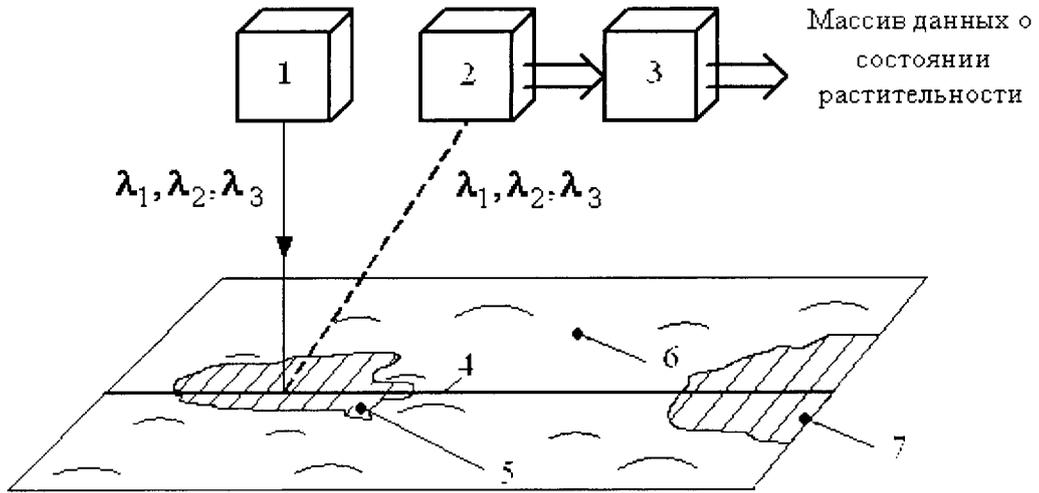
Изобретение относится к области измерительной техники и касается дистанционного способа обнаружения участков растительности, находящейся в неблагоприятных для развития условиях. Способ включает в себя лазерное облучение растений и регистрацию отраженного излучения. Облучение и регистрацию отраженного излучения проводят на трех длинах волн: 0,355, 1,54 и 2 мкм. Об обнаружении участков растительности, находящейся в неблагоприятных для развития условиях, судят по выполнению соотношений:

$$\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})} > N1$$

$$\text{или } \frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})} < N2 \quad - \quad \text{условия}$$

неблагоприятны для развития растительности, где: R(0,355 мкм), R(1,54 мкм), R(2 мкм) - коэффициенты отражения растительности; N1, N2 - пороговые значения. Технический результат заключается в повышении надежности получаемых результатов и обеспечении

безопасности проведения измерений. 4 ил., 1 табл.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА, No 2, 2016 г., стр. 105-122. US 2011101239 A1, 05.05.2011. US 8179533 B2, 15.05.2012.

RU 2664757 C1

RU 2664757 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01N 21/25* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017141623, 29.11.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**29.11.2017**

Registration date:  
**22.08.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **29.11.2017**

(45) Date of publication: **22.08.2018** Bull. № 24

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,  
MGTU im. N.E. Baumana, TSZIS, dlya Belova M.L.  
(NII RL)**

(72) Inventor(s):

**Baryshnikov Nikolaj Vasilevich (RU),  
Belov Mikhail Leonidovich (RU),  
Gorodnichev Viktor Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **REMOTE METHOD FOR DETECTING VEGETATION, THAT IS IN UNFAVORABLE CONDITIONS FOR DEVELOPMENT**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the field of measurement technology and relates to a remote method for detecting vegetation plots in unfavorable conditions for development. Method includes laser irradiation of plants and registration of reflected radiation. Irradiation and registration of reflected radiation is carried out at three wavelengths: 0.355, 1.54 and 2 mcm. About the detection of vegetation plots, that are in unfavorable conditions for development, it is judged by the

fulfillment of the relations:  $\frac{R(2\text{mcm})}{R(0,355\text{mcm})} > N1$

or  $\frac{R(1,54\text{mcm})}{R(2\text{mcm})} < N2$  – conditions are unfavorable

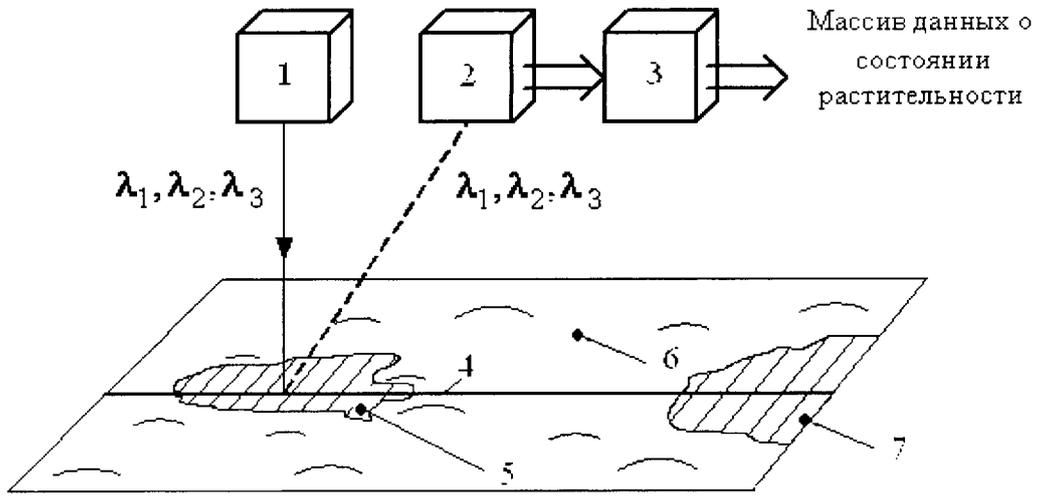
for development of vegetation, where: R(0.355 mcm), R(1.54 mcm), R(2 mcm) – reflection coefficients of vegetation; N1, N2 – threshold values.

EFFECT: technical result is to increase the reliability of the results obtained and to ensure the safety of measurements.

1 cl, 4 dwg, 1 tbl

C 1  
7  
5  
7  
4  
6  
6  
2  
R U

R U  
2  
6  
6  
4  
7  
5  
7  
C 1



Фиг. 1

RU 2664757 C1

RU 2664757 C1

## Область техники

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для дистанционного оперативного контроля состояния растительного покрова.

## Уровень техники

5 Дистанционный контроль состояния растительности является одним из перспективных практических приложений лазерного зондирования. Неблагоприятные внешние факторы, болезни, вредители, загрязнение окружающей среды и т.п. приводят к невозможности нормального развития растений.

10 Поэтому актуальной на сегодняшний день является задача разработка аппаратуры оптического диапазона, позволяющей проводить дистанционный контроль состояния растительного покрова с летательного аппарата при высотах несколько километров (при большой высоте полета сканирующая самолетная аппаратура обеспечивает большую полосу мониторинга на земной поверхности).

15 Известны способы дистанционного определения состояния растений (см., например, [1-5]), заключающиеся в том, что дистанционный контроль состояния растений проводят путем лазерного возбуждения флуоресценции хлорофилла растений и регистрации интенсивности флуоресценции на нескольких длинах волн (в красном 0,67...0,69 мкм и в дальнем красном 0,725...0,75 мкм спектральном диапазоне). Состояние растений определяют по отношению интенсивностей флуоресценции на длинах волн регистрации 20 излучения.

Недостатком способов [1-5] является небольшое значение сечения флуоресценции. Поэтому для большинства флуоресцентных лидаров достижимой на сегодняшний день является дальность уверенной регистрации флуоресцентного сигнала 100-150 м.

25 Известны также способы [6-10] оценки состояния и характеристик лесов по измерению и обработке полей яркости отраженного солнечного излучения в различных диапазонах видимого и ближнего инфракрасного участка спектра (0,4-1 мкм).

Недостатком пассивных оптических способов [6-10] является невозможность работы в темное время суток, в сумерках и в условиях облачности (для аппаратуры космического базирования).

30 Наиболее близким к предлагаемому способу является способ дистанционного лазерного зондирования состояния растений по данным измерений коэффициентов отражения на двух длинах волн, одна из которых лежит в видимой области спектра (0,532 мкм), а другая в ближней инфракрасной области спектра (в диапазоне 0,8...0,9 мкм) [11, 12]. Этот способ позволяет проводить обнаружение участков растительности, 35 находящихся в неблагоприятных условиях, с вероятностью правильного обнаружения близкой к 1 и вероятностью ложных тревог близкой к 0.

Однако этот способ имеет недостаток - используемые лазерные длины волн лежат в спектральных диапазонах, потенциально опасных для зрения.

## Раскрытие изобретения

40 Задача, на решение которой направлено заявленное изобретение, заключается в устранении опасности использования источников лазерного излучения для органов зрения человека. Поставленная задача решается за счет того, что, согласно предлагаемому дистанционному способу обнаружения участков растительности, находящейся в неблагоприятных для развития условиях, растительность облучают 45 лазерным излучением. При этом облучение и регистрация отраженного от растений излучения проводятся на трех длинах волн 0,355, 1,54 и 2 мкм, лежащих в безопасных для зрения спектральных диапазонах, а об обнаружении растительности, находящейся в неблагоприятных для развития условиях, судят по выполнению соотношений:

$$\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})} > N1 \text{ или } \frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})} < N2 \quad (1)$$

где:

$R(0,355 \text{ мкм})$ ,  $R(1,54 \text{ мкм})$ ,  $R(2 \text{ мкм})$  - коэффициенты отражения растительности;  $N1$ ,  $N2$  - пороговые значения.

Способ основан на анализе данных экспериментальных измерений спектров отражения растений и позволяет проводить обнаружение участков растительности, находящейся в условиях, неблагоприятных для развития.

Перечень фигур

На фиг. 1 схематично изображено устройство, реализующее предлагаемый способ.

Фиг. 2 иллюстрирует принцип работы устройства, реализующего предлагаемый способ.

На Фиг. 3 показан пример результатов обработки спектров отражения растительности для спектральных каналов 0,355 и 2 мкм.

На Фиг. 4 показан пример результатов обработки спектров отражения растительности для спектральных каналов 1,54 и 2 мкм.

На Фиг. 3, 4 по вертикальной оси отложены значения отношений коэффициентов

отражения растений ( $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  для Фиг. 3 и  $\frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  для Фиг. 4), а по

горизонтальной оси отложен номер спектра растения из Табл. 1, ряд данных с номерами 1-23 относится к зеленой траве и растениям с живыми зелеными листьями (или иглами для хвойных деревьев), а ряд данных с номерами 24-33 относится к сухой траве и растениям с увядающими листьями или к сухим листьям (или иглам для хвойных деревьев).

Осуществление изобретения

Устройство (см. Фиг. 1) содержит источник лазерного излучения 1, облучающий растительность 5, 6, 7 на трех длинах волн  $\lambda_1=0,355$ ,  $\lambda_2=1,54$  и  $\lambda_3=2$  мкм; блок фотоприемников 2, регистрирующий вдоль трассы полета 4 авиационного носителя интенсивности отраженного излучения на трех длинах волн  $\lambda_1=0,355$ ,  $\lambda_2=1,54$  и  $\lambda_3=2$  мкм; блок обработки 3, который проводит проверку выполнения соотношений (1).

Источник лазерного излучения 1 может находиться на самолете или беспилотном летательном аппарате 8 - см. Фиг.2. На Фиг.1 и 2 участки 5,7- растительность в условиях, неблагоприятных для развития, 6 - растительность в нормальном состоянии. Облучение растительности лазерным пучком 9 осуществляют вертикально вниз (для увеличения полосы обзора возможно сканирование поперек направления полета носителя). При этом размер лазерного пятна подсвета 10 (которое несколько меньше поля зрения приемника) должен быть значительно меньше минимального размера участка растительности в неблагоприятных для развития условиях, который должен быть обнаружен.

Блок фотоприемников 2 (расположенный, как и источник излучения, на авиационном носителе - см. Фиг. 1) регистрирует интенсивности отраженного от растительности излучения на трех длинах волн 0,355, 1,54 и 2 мкм. Сигналы с фотоприемника 2 поступают в блок обработки 3 (см. Фиг. 1), в который заранее введены значения порогов  $N1$ ,  $N2$ . В блоке обработки 3 вычисляются (по величине регистрируемой интенсивности

отраженного от растительности излучения на трех длинах волн 0,355, 1,54 и 2 мкм) коэффициенты отражения  $R(0,355 \text{ мкм})$ ,  $R(1,54 \text{ мкм})$ ,  $R(2 \text{ мкм})$ , проводится проверка выполнения соотношений (1) и определяется состояние растительности для зондируемого участка. При облете исследуемого района результатом работы блока 3 является массив

5

данных о состоянии растительности вдоль трассы полета (карта участков растительности, находящейся в условиях, неблагоприятных для развития). Предлагаемый способ основан на использовании лазерного излучения. Это позволяет устранить недостаток пассивных оптических методов контроля состояния растений по их отражательным характеристикам [6-10] - невозможность работы в темное время

10

суток и в сумерках. Кроме того, использование лазерного излучения на авиационном носителе позволяет работать в более широком диапазоне оптических условий в атмосфере и ниже нижней границы облачности (при условиях, безопасных для полета). Использование источников лазерного излучения для различных практических приложений (в том числе и для дистанционного лазерного зондирования) всегда связано

15

с опасностью для органов зрения [13]. Однако с точки зрения опасности для зрения, не все равно, какую длину волны лазерного излучения использовать. Лазерное излучение в ультрафиолетовом спектральном диапазоне с длинами волн 0,18-0,38 мкм и в ближнем инфракрасном спектральном диапазоне с длинами волн свыше 1,4 мкм воздействует на передние среды

20

глаза и является более безопасным, чем излучение в спектральном диапазоне 0,38-1,4 мкм, которое воздействует на сетчатку глаза [13]. Поэтому требование безопасности для глаз приводит к необходимости выбора длин волн зондирования в ультрафиолетовом (0,18-0,38 мкм) и ближнем инфракрасном (свыше 1,4 мкм) спектральных диапазонах.

25

В спектральном диапазоне 0,18-0,38 мкм из-за сильного поглощения кислородом и озоном (в коротковолновой части этого диапазона) наиболее перспективной для бортовой аппаратуры является длина волны лазерного зондирования 0,355 мкм (третья гармоника твердотельного ИАГ-лазера с легированием неодимом).

30

В спектральном диапазоне свыше 1,4 мкм из-за сильного поглощения парами воды и двуокисью углерода наиболее перспективные длины волн лазерного зондирования ограничены окнами прозрачности земной атмосферы 1,5-1,8 мкм и 2-2,4 мкм (лазеры на эрбиевом стекле, оптические параметрические генераторы, лазеры на ИАГ с легированием гольмием).

35

В предлагаемом способе используются три лазерные длины волны излучения 0,355, 1,54 и 2 мкм. Предлагаемый способ основан на том, что отношения коэффициентов отражения растительности на этих длинах сильно зависят от состояния растительности (см. Фиг. 2, 3, 4 и табл. 1).

40

Исходными данными для разработки предлагаемого способа обнаружения участков растительности в стрессовом состоянии являются экспериментально измеренные спектры отражения различных видов растительности [14].

На Фиг. 3 показан пример результатов обработки спектров отражения растительности для спектральных каналов 0,355 и 2 мкм. На Фиг. 4 показан пример результатов обработки спектров отражения растительности для спектральных каналов 1,54 и 2 мкм.

45

На рисунке 3 по вертикальной оси отложены значения отношения  $\frac{R(2 \text{ мкм})}{R(0,355 \text{ мкм})}$

коэффициентов отражения из базы данных [14]. На рисунке 4 по вертикальной оси

отложены значения отношения  $\frac{R(1,540\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  коэффициентов отражения из базы данных

5 [14]. По горизонтальной оси на рисунках 3, 4 отложен номер спектра растения из таблицы 1. Ряд данных с номерами 1-23 относится к растениям с живыми зелеными листьями (или иглами для хвойных деревьев), а ряд данных с номерами 24-33 относится к растениям с желто-зелеными, красными или оранжевыми листьями или к сухим листьям (иглам).

10 Из Фиг. 3, 4 видно, что величина отношения коэффициентов отражения

$\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  и  $\frac{R(1,540\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  сильно зависит от состояния растительности. Причем

15 в подавляющем большинстве случаев вполне было бы достаточно только одного

отношения:  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  или  $\frac{R(1,540\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  при пороговых значениях  $N1=3,73$  и  $N2=$

2,24. Однако для повышения надежности измерений в предлагаемом способе

20 используются два отношения коэффициентов отражения:  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  и  $\frac{R(1,540\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$ .

Из Фиг. 3, 4 видно, что в тех редких случаях, когда использование одного отношения дает неправильный результат, другое отношение позволяет получить правильный

25 результат.

На фиг. 2 в верхней части рисунка показана схема зондирования. В средней части

рисунка показано изменение вдоль трассы полета отношения  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  (при

30 использовании каналов регистрации 2 и 0,355 мкм), а в нижней части рисунка показано

изменение вдоль трассы полета отношения  $\frac{R(1,540\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  (при использовании каналов

35 регистрации 1,54 и 2 мкм). На средней части рисунка видно, что отношение

$\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  11 для растительности в неблагоприятных для развития условиях на

40 участке 5 больше, чем отношение  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  12 для растительности в нормальном

состоянии на участке 6 и порогового значения  $N1$  14. Поэтому участок 5 может быть определен как участок с неблагоприятными для развития условиями по критерию

45  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})} > N1$ .

Однако для растительности в неблагоприятных для развития условиях на участке 7

отношение  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  13 меньше, чем отношение  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  12 для растительности в нормальном состоянии на участке 6 и порогового значения N1 14.

Поэтому для участка 7 критерий  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  не выполняется.

На нижней части рисунка видно, что отношение  $\frac{R(1,540\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  17 для растительности

в неблагоприятных для развития условиях на участке 7 меньше, чем отношение

$\frac{R(1,540\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  16 для растительности в нормальном состоянии на участке 6 и порогового

значения N2 18. Поэтому участок 7 может быть определен как участок с

неблагоприятными для развития условиями по критерию  $\frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})} < N2$ .

Для растительности в неблагоприятных для развития условиях на участке 5 критерий  $\frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})} < N2$  не выполняется. Однако этот участок уже отнесен к участкам с

неблагоприятными для развития условиями по критерию  $\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})} > N1$ .

Таким образом, фиг. 2 показывает, что при облучении и регистрации отраженного от растений излучения на трех длинах волн 0,355, 1,54 и 2 мкм об обнаружении растительности, находящейся в условиях, неблагоприятных для развития, можно судить по выполнению соотношений:

$$\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})} > N1 \text{ или } \frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})} < N2$$

где:

$R(0,355 \text{ мкм})$ ,  $R(1,54 \text{ мкм})$ ,  $R(2 \text{ мкм})$  - коэффициенты отражения растительности; N1, N2 - пороговые значения.

Пороговые значения N1, N2 выбирают по априорным массивам данных коэффициентов отражения растительности в нормальном состоянии и в неблагоприятных для развития условиях. Процедура выбора порога между массивами данных заключается в вычислении нижней или верхней грани (для растительности в нормальном состоянии и в неблагоприятных для развития условиях) массивов значений

$\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})}$  и  $\frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})}$  и определения «расстояния» между этими гранями

массивов данных. Пороговое значение соответствует половинному расстоянию между нижней и верхней гранями этих массивов данных (для растительности в нормальном состоянии и в неблагоприятных для развития условиях). Если нижняя грань одного массива оказывается ниже верхней грани другого массива данных, то отдельные данные

отбрасываются (спектр номер 5 на рисунке 3 и спектр номер 1 на рисунке 4), чтобы нижняя грань одного массива была выше верхней грани другого массива данных. Для используемой базы данных коэффициентов отражения растительности (для рисунков 3 и 4) -  $N_1=3,72$  и  $N_2=2,24$ .

5 Таким образом, предлагаемый способ дистанционного обнаружения участков растительности, находящейся в условиях, неблагоприятных для развития, основанный на облучении и регистрации отраженного от растений излучения на трех длинах волн 0,355, 1,54 и 2 мкм, позволяет решить поставленную задачу устранения опасности использования источников лазерного излучения для органов зрения человека и надежно  
10 обнаруживать участки растительности, находящейся в условиях, неблагоприятных для развития.

#### Источники информации

1. Патент RU 2453829. Способ дистанционного определения функционального состояния фотосинтетического аппарата растений. Дата действия патента 27.09.2010.  
15 МПК G01N 21/64.

2. Авторское свидетельство RU 1276963. Способ дистанционного определения физиологического состояния растения. Дата действия патента 22.11.1984. МПК G01N 21/64.

3. Patent US 20050072935. Bio-imaging and information system for scanning, detecting,  
20 diagnosing and optimizing plant health. Date of Patent Mar. 9, 2010. Int. C1. G01N 21/64.  
Дистанционный контроль состояния растения проводят путем лазерного возбуждения флуоресценции хлорофилла растения и регистрации интенсивности флуоресценции на специально выбранных длинах волн.

4. Патент RU 2610521. Способ дистанционного трассового обнаружения участков  
25 растительности в стрессовом состоянии. Дата действия патента 12.11.2015. МПК G01N 21/64.

5. Патент RU 2199730. Система детектирования флуоресценции для определения значимых параметров растительности. Дата действия патента 28.10.1998. МПК G01N 21/64.

30 6. Патент RU 2406295. Способ экологического мониторинга лесов. Дата действия патента 27.04.2009. МПК A01G 23/00.

7. Патент RU 2489845. Способ мониторинга лесов. Дата действия патента 24.04.2012. МПК A01G.

8. Патент RU 2038001. Способ оценки состояния лесов. Дата действия патента  
35 02.04.1992. МПК A01G 23/00.

9. Патент RU 2371909. Способ определения бонитета насаждений. Дата действия патента 18.03.2008. МПК A01G 23/00.

10. Патент RU 2373694. Способ определения категорий состояния лесных массивов. Дата действия патента 25.01.2008. МПК A01G 23/00.

40 11. Белов М.Л., Фесенко Ю.С., Городничев В.А., Кувшинов А.В. Лазерный мониторинг состояния растительного покрова по данным измерений коэффициентов отражения. Радиооптика. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон, журн. 2016. №03. С. 1-17. DOI: 10.7463/rdopt.0316.0840843. <http://radiooptics.ru/doc/840843.html>.

12. Белов М.Л., Фесенко Ю.С., Городничев В. А., Готальская О.В. Лазерное  
45 зондирование состояния растительности по результатам двухспектральных измерений коэффициента отражения. Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2017. 3. С. 137-149. DOI:10.7463/0317.00000945.

13. Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и

эксплуатации лазерных изделий. ГОСТ 31581-2012. М: Стандартинформ, 2013.

14. USGS Digital Spectral Library 06. Режим доступа: <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib06> (дата обращения 05.08.2016).

Табл.1

Номер спектра	Растение
1	полынь обыкновенная
2	осина
3	осина, с другого участка
4	дуб
5	лох узколистный
6	лебеда
7	ель голубая
8	энгельманова ель
9	пихта
10	можжевельник виргинский
11	молочай, июнь, с 1-го участка
12	молочай, июль, с 1-го участка
13	молочай, сентябрь, с 1-го участка
14	молочай, июнь, с 2-го участка
15	молочай, июль, с 3-го участка
16	молочай, июль, с 4-го участка
17	молочай, июль, с 5-го участка
18	сосна скрученная широкохвойная
19	ореховое дерево
20	газонная трава
21	газонная трава
22	ива
23	клён
24	полынь обыкновенная, сухие листья
25	сухая трава
26	дуб, сухой лист
27	молочай, октябрь, с 1-го участка, листья и стебли в основном оранжевые
28	молочай, октябрь, с 3-го участка, увядающие листья и стебли в основном красные
29	молочай, октябрь, с 6-го участка, увядающие листья и стебли в основном оранжевые
30	сосна скрученная широкохвойная, сухие иголки
31	сосна скрученная широкохвойная, сухие, коричневые иголки
32	сухая высокая трава
33	ива, сухие листья

#### (57) Формула изобретения

Дистанционный способ обнаружения участков растительности, находящейся в неблагоприятных для развития условиях, путем лазерного облучения растений, отличающийся тем, что облучение и регистрацию отраженного от растений излучения проводят на трех длинах волн 0,355, 1,54 и 2 мкм, лежащих в безопасных для зрения спектральных диапазонах, а об обнаружении участков растительности, находящейся в неблагоприятных для развития условиях, судят по выполнению соотношений:

$$\frac{R(2\text{мкм})}{R(0,355\text{мкм})} > N1$$

или  $\frac{R(1,54\text{мкм})}{R(2\text{мкм})} < N2$  - условия неблагоприятны для развития растительности.

где:

5 R(0,355 мкм), R(1,54 мкм), R(2 мкм) - коэффициенты отражения растительности;  
N1, N2 - пороговые значения.

10

15

20

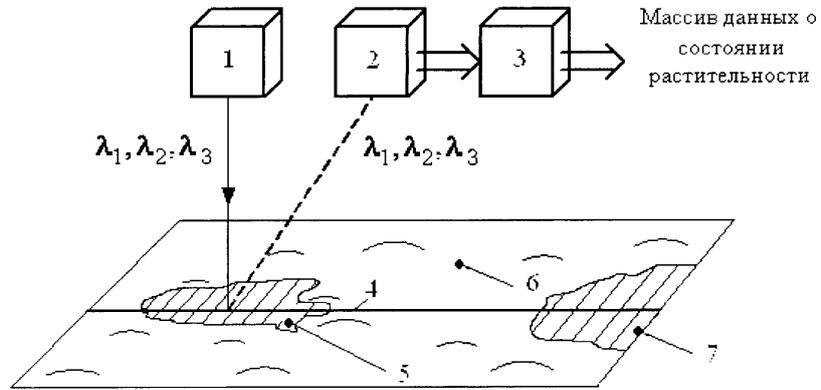
25

30

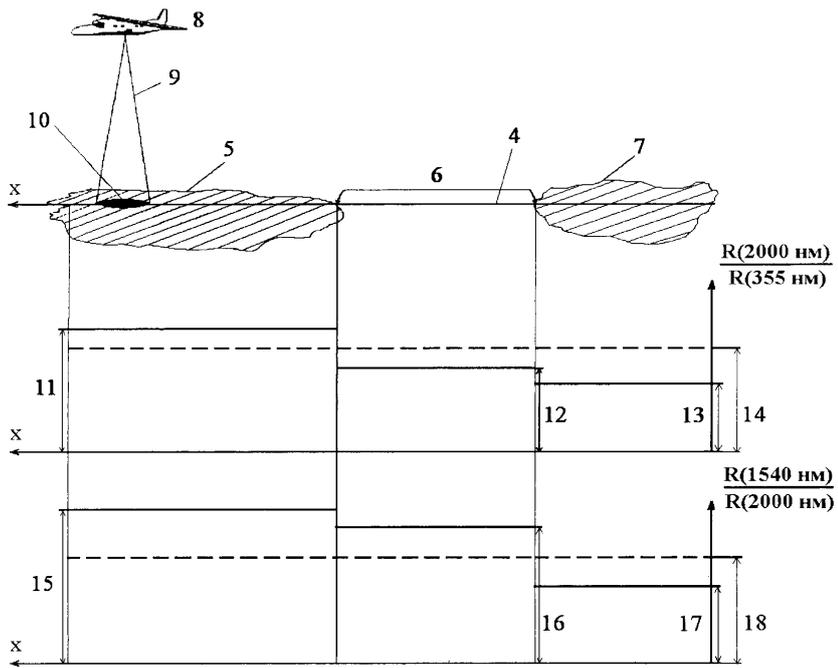
35

40

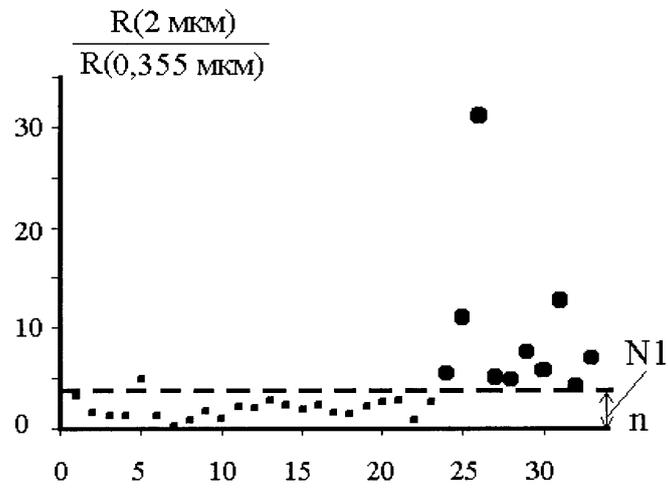
45



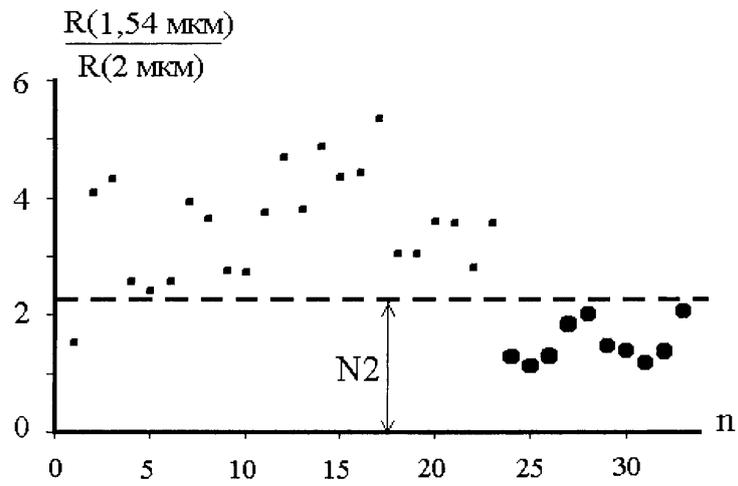
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4