



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A01G 23/00 (2021.08); G01N 21/25 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021110449, 14.04.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.04.2021

Дата регистрации:
29.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.04.2021

(45) Опубликовано: 29.12.2021 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Барышников Николай Васильевич (RU),
Белов Михаил Леонидович (RU),
Городничев Виктор Александрович (RU),
Федотов Юрий Викторович (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 2719731 C1, 22.04.2020. RU
2406295 C1, 20.12.2010. EP 2294447 B1, 04.11.2015.
WO 2008054348 A2, 08.05.2008.

(54) Дистанционный способ выделения участков лесных массивов с преобладанием сухих или зеленых лиственных или хвойных деревьев в летнее время с авиационного носителя

(57) Реферат:

Изобретение относится к лесному хозяйству и может найти применение при дистанционном мониторинге лесных массивов на обширных территориях. Дистанционный способ выделения участков леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев в летнее время включает дистанционную регистрацию полей яркости лесной растительности с авиационного носителя. В отличие от известных методов аэрокосмического мониторинга лесов используют лазерное зондирование с авиационного носителя на безопасных для зрения трех длинах волн λ_1 , λ_2 , λ_3 , выбранных по экспериментальным данным в УФ и ближнем ИК спектральных диапазонах. По данным измерений формируют два

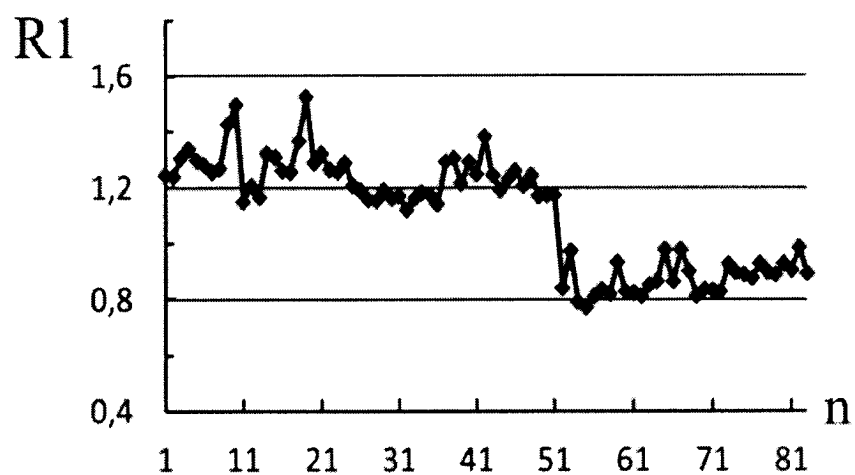
информационных индекса $R1(\lambda_2, \lambda_3) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_3)}$ и

$$R2(\lambda_2, \lambda_1) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}, \quad \text{равных отношению}$$

регистрируемых интенсивностей $I(\lambda_i)$ и $I(\lambda_j)$ на длинах волн λ_i и λ_j . Об участках с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев судят по выполнению соотношений: $R1(\lambda_2, \lambda_3) \geq R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$ для зеленых лиственных и хвойных пород деревьев; $R1(\lambda_2, \lambda_3) < R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$ для сухих деревьев; $R2(\lambda_2, \lambda_1) \geq R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ для зеленых лиственных деревьев; $R2(\lambda_2, \lambda_1) < R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ для зеленых хвойных деревьев, где $\lambda_1 = 355$ нм, $\lambda_2 = 2100$ нм; $\lambda_3 = 2030$ нм; $R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$, $R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ - пороговые значения, выбранные в результате предварительных исследований спектров отражения деревьев в данном регионе. Способ основан на анализе данных экспериментальных

измерений спектров отражения сухих, зеленых
лиственных и зеленых хвойных деревьев в
широком спектральном интервале 350-2500 нм и
позволяет проводить мониторинг независимо от

времени суток и в широком диапазоне
атмосферных условий при высотах полета
авиационного носителя до 10 км. 5 ил.



Фиг.4

RU 2 7 6 3 5 0 7 C 1

RU 2 7 6 3 5 0 7 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

A01G 23/00 (2021.08); G01N 21/25 (2021.08)(21)(22) Application: **2021110449, 14.04.2021**

(24) Effective date for property rights:
14.04.2021

Registration date:
29.12.2021

Priority:

(22) Date of filing: **14.04.2021**(45) Date of publication: **29.12.2021** Bull. № 1

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MGU im. N.E. Bauman, TSIS, dlya Belova (NII
RL)**

(72) Inventor(s):

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

(73) Proprietor(s):

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

(54) **REMOTE METHOD FOR ALLOCATION OF FOREST AREAS WITH PREDOMINANCE OF DRY OR GREEN DECIDUOUS OR CONIFEROUS TREES IN SUMMER FROM AN AIRCRAFT CARRIER**

(57) Abstract:

FIELD: forestry.

SUBSTANCE: invention relates to forestry and can be used for remote monitoring of forests in vast territories. The remote method for allocating forest areas with a predominance of dry or green deciduous or green coniferous trees in summer includes remote registration of the brightness fields of forest vegetation from an aircraft carrier. In contrast to the known methods for aerospace forest monitoring, laser sensing from an aircraft carrier is used at three wavelengths safe for vision, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, selected according to experimental data in the UV and near-IR spectral ranges. According to the measurement data, two information indices and are

formed
$$R1(\lambda_2, \lambda_3) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_3)}$$
 and

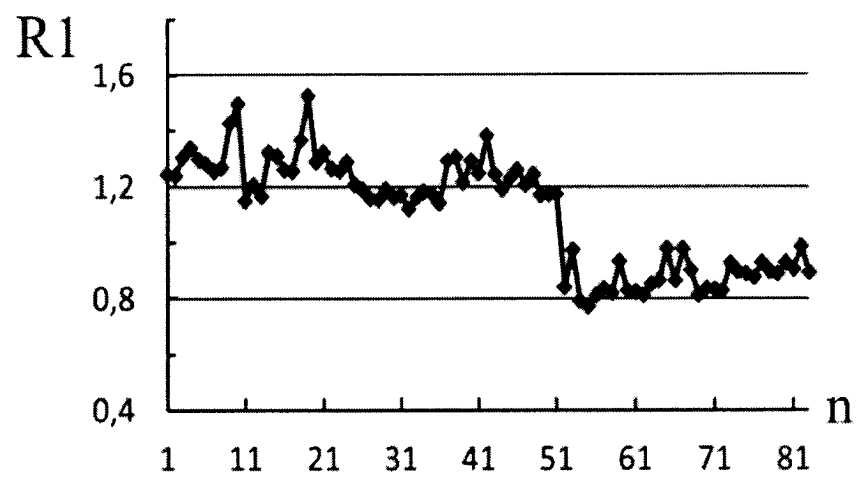
$$R2(\lambda_2, \lambda_1) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}$$
, equal to the ratio of the recorded

intensities $I(\lambda_i)$ and $I(\lambda_j)$ at the wavelengths λ_i and λ_j .

Areas with a predominance of dry or green deciduous or green coniferous trees are judged by the following ratios: $R1(\lambda_2, \lambda_3) \geq R1_{thr}(\lambda_2, \lambda_3)$ for green deciduous and coniferous trees; $R1(\lambda_2, \lambda_3) < R1_{thr}(\lambda_2, \lambda_3)$ for dry trees; $R2(\lambda_2, \lambda_1) \geq R2_{thr}(\lambda_2, \lambda_1)$ for green deciduous trees; $R2(\lambda_2, \lambda_1) < R2_{thr}(\lambda_2, \lambda_1)$ for green coniferous trees, where $\lambda_1 = 355$ nm, $\lambda_2 = 2100$ nm; $\lambda_3 = 2030$ nm; $R1_{thr}(\lambda_2, \lambda_3)$, $R2_{thr}(\lambda_2, \lambda_1)$ are threshold values selected in the preliminary studies of the spectra of the reflection of trees in the region.

EFFECT: method is based on the analysis of experimental measurements of the reflection spectra of dry, green deciduous and green coniferous trees in a wide spectral range of 350-2500 nm and makes it possible to monitor regardless of the time of day and in a wide range of atmospheric conditions at aircraft carrier flight altitudes up to 10 km.

1 cl, 5 dwg



Фиг.4

R U 2 7 6 3 5 0 7 C 1

R U 2 7 6 3 5 0 7 C 1

Область техники

Изобретение относится к лесному хозяйству и может найти применение при дистанционном мониторинге лесных массивов на обширных территориях.

Уровень техники

5 Перспективным методом мониторинга лесных ресурсов является аэрокосмическое оптическое зондирование с использованием мультиспектральных датчиков [1-9].

Одними из наиболее важных задач мониторинга лесных массивов являются определение породного состава лесов и оценка их состояния.

10 Известны способы, которые позволяют определять породный состав лесов (см. [4, 6, 8-11]).

Недостатками большинства способов определения породного состава лесов являются: невозможность работы в сумерках и в темное время суток; сильная зависимость от оптического состояния земной атмосферы; сложность их реализации; использование 15 для мониторинга пассивных датчиков в видимом и ближнем (до 1 мкм) спектральных диапазонах, для которых спектральные характеристики пород деревьев могут сильно различаться для разных регионов (см. [8]).

Одновременный дистанционный мониторинг породного состава лесного массива и его санитарного состояния в общей постановке является очень сложной задачей.

20 Предлагаемый способ предназначен для решения более простой задачи дистанционного оптического мониторинга с авиационного носителя участков лесных массивов с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев.

Наиболее близким к предлагаемому способу является способ мониторинга лесов [8], включающий дистанционную регистрацию полей яркости лесной растительности 25 аэрокосмическими средствами путем зондирования, с авиационного носителя проводится лазерное зондирование на безопасных для зрения двух длинах волн λ_1, λ_2 выбранных по экспериментальным данным в УФ и ближнем ИК спектральных диапазонах,

формируется информационный индекс $R(\lambda_1, \lambda_2) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}$ равный отношению 30 регистрируемых интенсивностей $I(\lambda_1)$ и $I(\lambda_2)$ на этих длинах волн и об участках с преобладанием хвойных или лиственных пород деревьев судят по выполнению соотношений:

$R(\lambda_1, \lambda_2) \geq R_{\text{пор}}(\lambda_1, \lambda_2)$ для лиственных пород

35 $R(\lambda_1, \lambda_2) < R_{\text{пор}}(\lambda_1, \lambda_2)$ для хвойных пород

где:

$\lambda_1 = 355$ нм, $\lambda_2 = 2100$ нм;

$R_{\text{пор}}(\lambda_1, \lambda_2)$ - пороговое значения, выбранное в результате предварительных 40 исследований спектров отражения хвойных и лиственных пород деревьев в данном регионе.

Недостатком способа [8] для дистанционного определения участков лесных массивов с преобладанием сухих или зеленых лиственных или хвойных пород деревьев является недостаточное количество и не оптимальность (для более сложной задачи) длин волн 45 зондирования.

Раскрытие изобретения

Избежать этих недостатков можно тем, что согласно дистанционному способу мониторинга лесов, включающему дистанционную регистрацию полей яркости лесной

растительности аэрокосмическими средствами путем зондирования, с авиационного носителя проводится лазерное зондирование на безопасных для зрения трех длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ выбранных по экспериментальным данным в УФ и ближнем ИК

5 спектральных диапазонах, формируется два информационных индекса $R1(\lambda_2, \lambda_3) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_3)}$

и $R2(\lambda_2, \lambda_1) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}$, равных отношению регистрируемых интенсивностей $I(\lambda_i)$ и $I(\lambda_j)$ на
10 длинах волн λ_i и λ_j , и об участках с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев судят по выполнению соотношений:

$R1(\lambda_2, \lambda_3) \geq R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$ для зеленых лиственных

и хвойных пород деревьев

(1)

15 $R1(\lambda_2, \lambda_3) < R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$ для сухих деревьев

$R2(\lambda_2, \lambda_1) \geq R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ для зеленых лиственных деревьев

(2)

20 $R2(\lambda_2, \lambda_1) < R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ для зеленых хвойных деревьев

где: $\lambda_1=355$ нм, $\lambda_2=2100$ нм; $\lambda_3=2030$ нм;

$R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$, $R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ - пороговые значения, выбранные в результате

предварительных исследований спектров отражения деревьев в данном регионе.

Способ основан на анализе данных экспериментальных измерений спектров
25 отражения сухих или зеленых лиственных и хвойных деревьев в широком спектральном интервале 350-2500 нм.

Перечень фигур

30 На Фиг. 1 схематично изображено устройство, реализующее предлагаемый способ.

На Фиг. 2 показаны примеры спектров отражения сухих лиственных и хвойных деревьев в широком спектральном интервале 350-2500 нм [12, 13].

На Фиг. 3 показаны примеры спектров отражения зеленых лиственных и зеленых хвойных деревьев в широком спектральном интервале 350-2500 нм [12, 13].

35 На Фиг. 4 показаны значения информационного индекса $R1(\lambda_2, \lambda_3)$ для $\lambda_2=2100$ нм, $\lambda_3=2030$ нм.

На Фиг. 5 показаны значения информационного индекса $R2(\lambda_2, \lambda_1)$ для $\lambda_1=355$ нм, $\lambda_2=2100$ нм.

Осуществление изобретения

40 Устройство содержит (см. Фиг. 1) блок источников лазерного излучения 1, облучающий земную поверхность на трех длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ в УФ (355 нм) и ближнем ИК (2030, 2100 нм) спектральных диапазонах, блок фотоприемников 2, регистрирующий излучение, отраженное от земной поверхности на трех длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$; блок
45 обработки 3, который поданным измерений $I(\lambda_1)$, $I(\lambda_2)$ и $I(\lambda_3)$ проводит проверку выполнения соотношений (1), (2).

Устройство работает следующим образом.

Блок источников лазерного излучения 1 облучает исследуемый лесной массив 4 на

трех длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ в УФ (355 нм) и ближнем ИК (2030, 2100 нм) спектральных диапазонах (блок источников лазерного излучения 1 находится на авиационном носителе). Облучение лесного массива осуществляют вертикально вниз (для увеличения

полосы обзора возможно сканирование поперек направления полета носителя).
 5 Фотоприемник 2 регистрирует излучение, отраженное от лесного массива на трех длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$. Сигналы с фотоприемника 2 поступают в блок обработки 3, в который заранее введены пороговые соотношения (1), (2) и значение порогов $R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$, $R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$. В блоке обработки по данным измерений $I(\lambda_1)$, $I(\lambda_2)$ и $I(\lambda_3)$

10 проводится проверка выполнения соотношений (1), (2) и определение участков леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных или хвойных пород деревьев. При облете исследуемого района леса результатом работы блока 3 является массив данных о участках леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных или хвойных пород деревьев (карта границ участков леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных

15 или зеленых хвойных деревьев).
 Исходными данными для разработки способа лазерного определения участков леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных и хвойных пород деревьев в летнее время с авиационного носителя являются данные экспериментальных измерений спектров отражения хвойных и лиственных деревьев в широком спектральном интервале
 20 350-2500 нм [12, 13].

На Фиг. 2 и 3 показаны примеры спектров отражения сухих и зеленых лиственных и зеленых хвойных деревьев в широком спектральном интервале 350-2500 нм [12, 13].

На Фиг. 2 приведены примеры спектров отражения, характерных для участков сухого леса. Здесь 1 - сосна, сухие иголки; 2 - сосна, кора; 3 - сухой лишайник; 4 - кора дуба; 5
 25 - опавшие листья дуба, 6 - сухие листья дуба; 7 - кора березы.

На Фиг. 3 приведены примеры спектров отражения зеленых лиственных деревьев (бук, береза, дуб) и зеленых хвойных деревьев (сосна, кедр, ель).

Из данных, приведенных на Фиг. 2 и 3, видно, что в ближнем ИК спектральном диапазоне:

- 30 - спектры отражения разных сухих лиственных и хвойных деревьев сильно отличаются от спектров отражения зеленых лиственных и хвойных деревьев;
- спектры отражения зеленых лиственных деревьев сильно отличаются от спектров отражения зеленых хвойных деревьев.

Излучение в ближнем ИК спектральном диапазоне с длинами волн более 1400 нм и
 35 в УФ спектральном диапазоне с длинами волн 200 - 380 нм является более безопасным (оно воздействует на передние среды глаза), чем излучение в спектральном диапазоне 380 - 1400 нм (оно воздействует на сетчатку глаза) [14].

Длины волн зондирования $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ в предлагаемом способе были выбраны из двух
 40 условий: безопасности для зрения и разделения участков леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев в летнее время (в зимнее время участки леса с лиственными породами хорошо выделяются по отсутствию лиственного покрова).

Математическое моделирование с использованием данных экспериментальных измерений спектров отражения хвойных и лиственных деревьев в широком спектральном
 45 интервале 350-2500 нм [12, 13] показывает, что перспективными вариантами длин волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ являются: λ_1 в УФ спектральном диапазоне - 355 нм и λ_2, λ_3 в ближнем ИК - 2030 и 2100 нм.

На Фиг. 4 показаны значения информационного индекса $R1(\lambda_2, \lambda_3)$ для $\lambda_2=2100$ нм,

$\lambda_3=2030$ нм для созданной (на основе данных [12, 13]) базы данных.

На Фиг. 4 по вертикальной оси отложены значения информационного индекса $R1$, а по горизонтальной оси - номер n спектра отражения деревьев в созданной базе данных.

Номера 1-24 - зеленые лиственные деревья в летний период (1, 2 - бук (*Fagus sylvatica*); 3-8 - дуб (разных пород разных пород с разных участков); 9-11 - осина (с разных участков); 12, 13 - бук (*Fagus grandifolia*); 14-17 - береза (с разных участков); 18 - орех; 19-23 - клен (разных пород с разных участков); 24 - лох узколистый.

Номера 25-51 - зеленые хвойные деревья в летний период (25-41 - сосна разных пород с разных участков, 42, 43 - ель разных пород, 44 - можжевельник, 45-48 - кедр с разных участков, 49-51 - пихта с разных участков).

Номера 52-83 - сухой лес в летний период (52 - сухие листья дуба; 53 - сухие листья ивы; 54-56, 61-63, 72, 72 - сухие иголки сосны; 57, 58, 70 - сухие иголки пихты; 59, 68, 73 - опавшие листья дуба; 60, 64, 66, 69 - сухой лишайник; 65, 67 - кора березы; 74 - кора дуба, 75, 76, 78, 81 - кора сосны; 77 - кора клена, 79, 80 - кора пихты).

Из Фиг. 4 видно, что значения информационного индекса $R1$ для зеленых лиственных и хвойных деревьев (номера 1-51) в подавляющем большинстве случаев больше, чем значения информационного индекса для разных сухих лиственных и хвойных деревьев (номера 52-83).

Это позволяет использовать в летнее время информационный индекс $R1$ для разделения участков с преобладанием сухих или зеленых лиственных и хвойных деревьев.

На Фиг. 5 показаны значения информационного индекса $R2(\lambda_2, \lambda_1)$ для $\lambda_1=335$ нм, $\lambda_2=2100$ нм для созданной (на основе данных [12, 13]) базы данных.

На Фиг. 5 по вертикальной оси отложены значения информационного индекса $R2$, а по горизонтальной оси - номер n спектра отражения деревьев в созданной базе данных.

Из Фиг. 5 видно, что значения информационного индекса $R2$ для зеленых лиственных деревьев в большинстве случаев больше, чем значения информационного индекса для зеленых хвойных деревьев.

Это позволяет использовать в летнее время информационный индекс $R2$ для определения участков леса с преобладанием зеленых лиственных или хвойных деревьев.

Надежность выделения участков леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев может быть увеличена при использовании пространственного усреднения данных измерений.

В качестве лазерных источников для $\lambda_1=355$ нм может быть использован модуль третьей гармоники лазера на иттрий-алюминиевом гранате с легированием неодимом [15], а для $\lambda_2=2030$ нм; $\lambda_3=2100$ нм - оптический параметрический генератор [16].

Использование ультрафиолетового спектрального диапазона для одного из спектральных каналов измерения ограничивает применение заявляемого способа авиационным зондированием (с высот не более 10 км, ниже озонового слоя атмосферы).

Однако, преимуществом заявляемого способа является возможность работы в сумерках, в темное время суток и в широком диапазоне атмосферных условий (в том числе и под сплошной облачностью).

Процедура выделения участков с преобладанием сухих или зеленых лиственных или хвойных пород деревьев состоит в последовательной проверке выполнения соотношений:

1 этап.

$R1(\lambda_2, \lambda_3) \geq R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$ для зеленых лиственных
и хвойных деревьев

(1)

$R1(\lambda_2, \lambda_3) < R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$ для сухих деревьев

2 этап.

$R2(\lambda_2, \lambda_1) \geq R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ для зеленых лиственных деревьев

(2)

$R2(\lambda_2, \lambda_1) < R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ для зеленых хвойных деревьев

где: $\lambda_1=355$ нм, $\lambda_2=2100$ нм; $\lambda_3=2030$ нм;

$R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$, $R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ - пороговые значения, выбранные в результате
предварительных исследований спектров отражения деревьев в данном регионе.

Предлагаемый способ дистанционного лазерного определения участков лесных массивов с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев в летнее время с авиационного носителя основан на регистрации отраженного излучения на безопасных для зрения лазерных длинах волн, использует информацию о коэффициентах отражения лесной растительности на длинах волн 355, 2030 и 2100 нм и позволяет проводить мониторинг независимо от времени суток и в широком диапазоне атмосферных условий при высотах полета авиационного носителя до 10 км.

Источники информации

1. Санаев В.Г., Степанов И.М., Запруднов В.И., Панферов В.И. Создание отраслевой глобальной мониторинговой аэрокосмической системы леса (ГЛОМАС-ЛЕС) - прорывное направление критических технологий // Лесной вестник. №2. 2014. С. 140-146.

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

3. Патент RU 2489845. Способ мониторинга лесов. Дата действия патента 24.04.2012. МПК A01G 23.

4. Патент RU 2428004. Способ определения состава насаждений. Дата действия патента 31.03.2010. МПК A01G 23, G01C 11/04.

5. Патент RU 2416192. Способ определения экологического состояния лесов. Дата действия патента 27.04.2009. МПК A01G 23/00.

6. Патент RU 2371910. Способ определения состава насаждений. Дата действия патента 21.05.2008. МПК A01G 23/00.

7. Патент RU 2716477. Система мониторинга лесопользования и лесопатологических изменений. Дата действия патента 30.05.2019. МПК A01G 23/00, G05B 13/00.

8. Патент RU 2719731. Дистанционный способ выделения участков леса с преобладанием хвойных или лиственных пород деревьев в летнее время с авиационного носителя. Дата действия патента 14.10.2019. МПК G01C 11/00, A01G 23/00.

9. Давыдов В.Ф., Батырев Ю.П. Способ определения состава насаждений // Лесной вестник. 2010. №7. С. 48-52.

10. Егоров В.Д., Козодеров В.В. Распознавание лесной растительности по самолетным гиперспектральным данным // Исследование Земли из космоса. 2016. №3. С. 47-58.

11. Козодеров В.В., Егоров В.Д. Распознавание типов лесной растительности по гиперспектральным самолетным и многоканальным спутниковым данным высокого

пространственного разрешения. Сравнение результатов и оценка их точности // Исследование Земли из космоса. 2019. №6. С. 89-102.

12. Meerdink S.K., Hook S.J., Abbott E.A., Roberts D.A., ECOSTRESS Spectral Library - Version 1.0, <https://speclib.jpl.nasa.gov> (2018).

13. Clark, R.N., Swayze, G.A., Wise, R., Livo, K.E., Hoefen, T.M., Kokaly, R.F. and Sutley, S.J., USGS Digital Spectral Library splib06a, U.S. Geological Survey, Data Series 231, 2007, <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib06> (2007).

14. Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий. ГОСТ 31581-2012. М.: Стандартинформ, 2013.

15. NL230 series, <https://ekspla.cn/product/nl230-series-nanosecond-q-switched-dpss-ndyag-lasers/>.

16. NT230 series, <https://ekspla.com/product/nt230-series-nanosecond-tunable-dpss-lasers/>.

(57) Формула изобретения

Дистанционный способ выделения участков леса с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев в летнее время путем дистанционной регистрации полей яркости лесной растительности аэрокосмическими средствами путем зондирования, отличающийся тем, что используют лазерное зондирование с авиационного носителя на безопасных для зрения трех длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, выбранных по экспериментальным данным в УФ и ближнем ИК спектральных диапазонах, формируют два информационных индекса $R1(\lambda_2, \lambda_3) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_3)}$ и $R2(\lambda_2, \lambda_1) = \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)}$, равных отношению регистрируемых интенсивностей $I(\lambda_i)$ и $I(\lambda_j)$ на длинах волн λ_i и λ_j , и об участках с преобладанием сухих или зеленых лиственных или зеленых хвойных деревьев судят по выполнению соотношений:

$$R1(\lambda_2, \lambda_3) \geq R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3) \text{ для зеленых лиственных}$$

и хвойных пород деревьев

(1)

$$R1(\lambda_2, \lambda_3) < R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3) \text{ для сухих деревьев}$$

$$R2(\lambda_2, \lambda_1) \geq R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1) \text{ для зеленых лиственных деревьев}$$

(2)

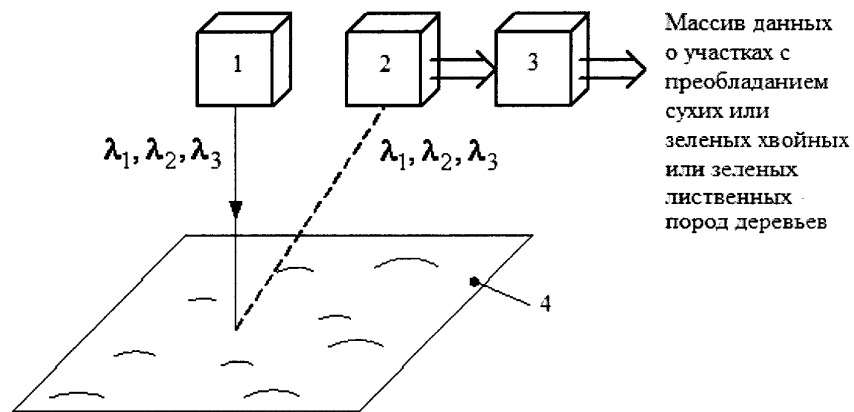
$$R2(\lambda_2, \lambda_1) < R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1) \text{ для зеленых хвойных деревьев}$$

где $\lambda_1=355$ нм, $\lambda_2=2100$ нм; $\lambda_3=2030$ нм;

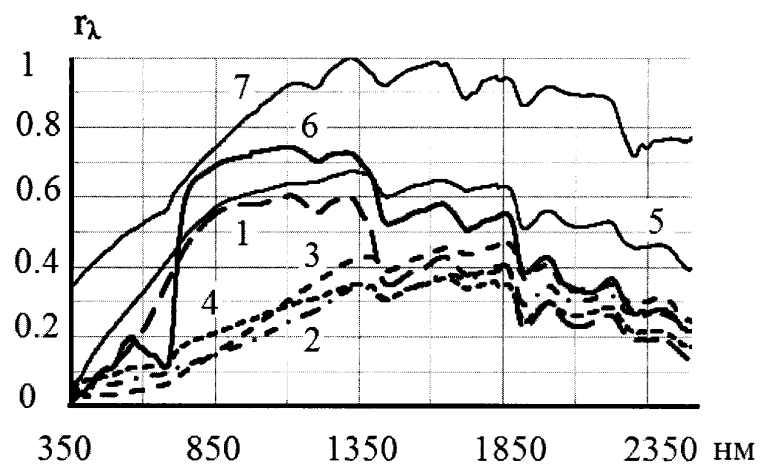
$R1_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_3)$, $R2_{\text{пор}}(\lambda_2, \lambda_1)$ - пороговые значения, выбранные в результате

предварительных исследований спектров отражения деревьев в данном регионе.

1

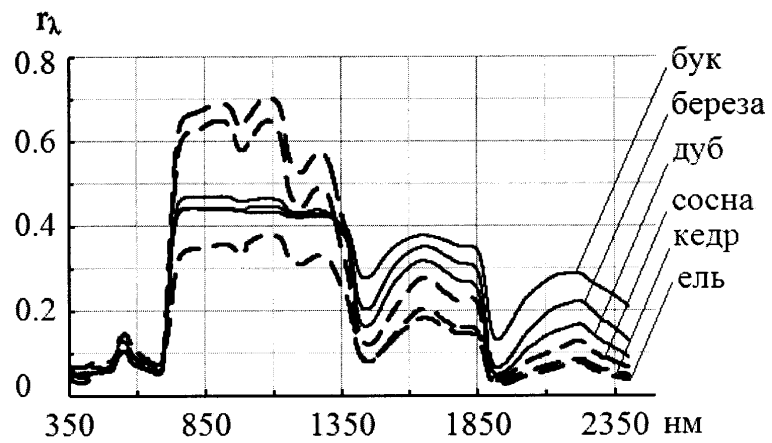


Фиг.1

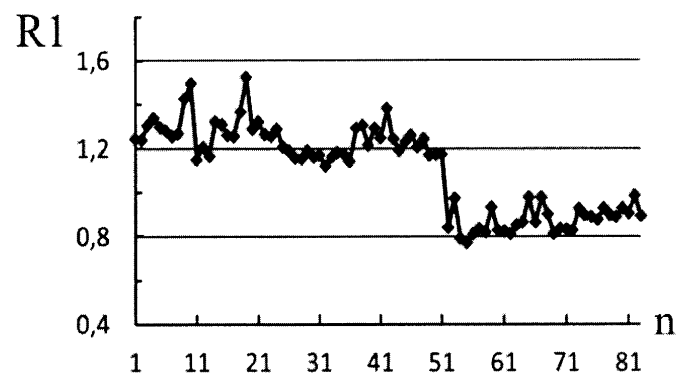


Фиг.2

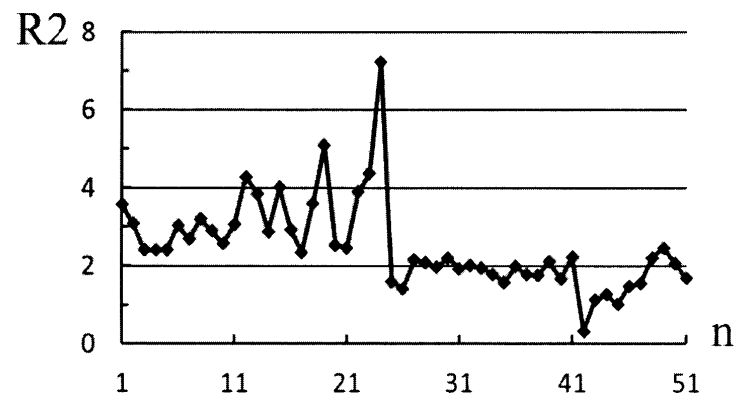
2



Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5