



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A01G 23/00 (2024.01); A01G 7/04 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023125070, 29.09.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.09.2023

Дата регистрации:
08.08.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.09.2023

(45) Опубликовано: 08.08.2024 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Чернышенко Оксана Васильевна (RU),
Фролова Вера Алексеевна (RU),
Комарова Мария Евгеньевна (RU),
Кустова Елена Владимировна (RU),
Миславский Александр Николаевич (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)

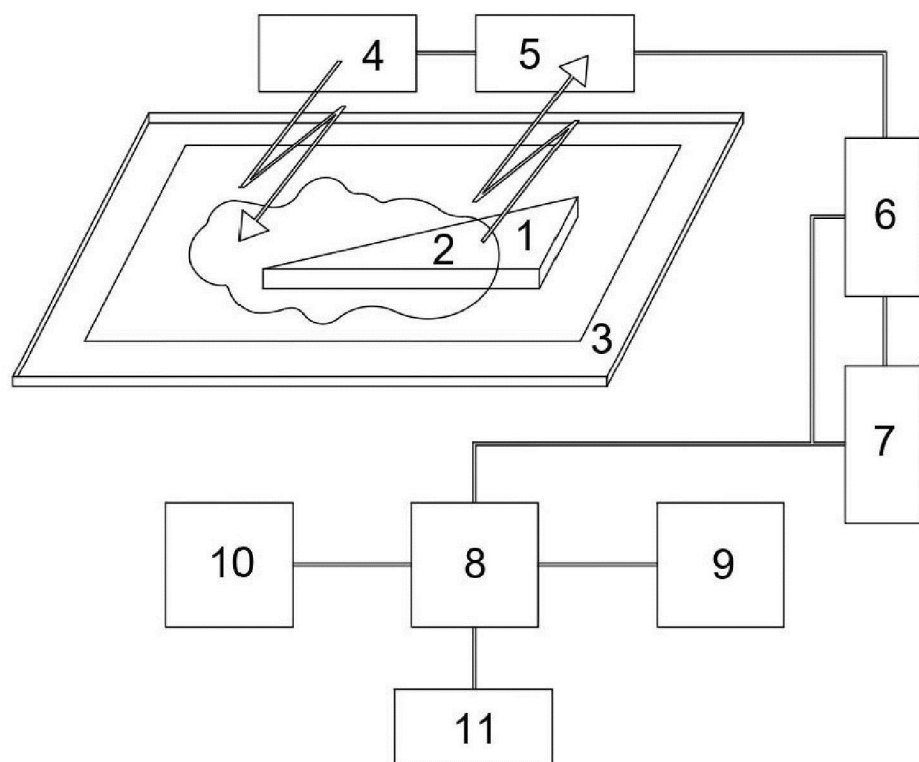
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2514400 C2, 27.04.2014. BY 12617
C1, 30.12.2009. UA 100642 C2, 10.01.2013.
ЧЕРНЫШЕНКО О. В. Устойчивость и
поглощательная способность насаждений в
урбоэкосистемах // Вестник МГУЛ - Лесной
вестник, N2, 1999, с.77-78.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЯ ПО ПОБЕГАМ КРОН

(57) Реферат:

Изобретение относится к области лесного хозяйства и экологического мониторинга. Способ включает заготовку образцов побегов видов деревьев, затенение образцов в зажимных клипсах. Облучение образцов осуществляют световым потоком в полосе 400-700 нм в импульсном режиме с регулируемой интенсивностью. Проводят прием фотоприемником отраженного от образцов сдвинутого по длине волны светового потока,

оцифровку сигнала флуоресценции с регулируемой дискретизацией, формируют массив регистрограмм зависимости от сигнала флуоресценции категорий состояния визуально отобранных образцов. Способ обеспечивает оперативность, достоверность, получение количественной зависимости категорий состояния от эффективности преобразования лучистой энергии деревом в зависимости от техногенных нагрузок. 3 ил.



Фиг.3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

A01G 23/00 (2024.01); A01G 7/04 (2024.01)(21)(22) Application: **2023125070, 29.09.2023**

(24) Effective date for property rights:
29.09.2023

Registration date:
08.08.2024

Priority:

(22) Date of filing: **29.09.2023**(45) Date of publication: **08.08.2024** Bull. № 22

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MG TU im. N.E. Bauman, TSIS dlya Amelinoj
K.E.**

(72) Inventor(s):

**Chernyshenko Oksana Vasilevna (RU),
Frolova Vera Alekseevna (RU),
Komarova Mariia Evgenevna (RU),
Kustova Elena Vladimirovna (RU),
Mislavskii Aleksandr Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnicheskii universitet imeni N.E. Bauman
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)»
(MG TU im. N.E. Bauman) (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING THE STATE OF A TREE STAND BY CROWN SHOOTS**

(57) Abstract:

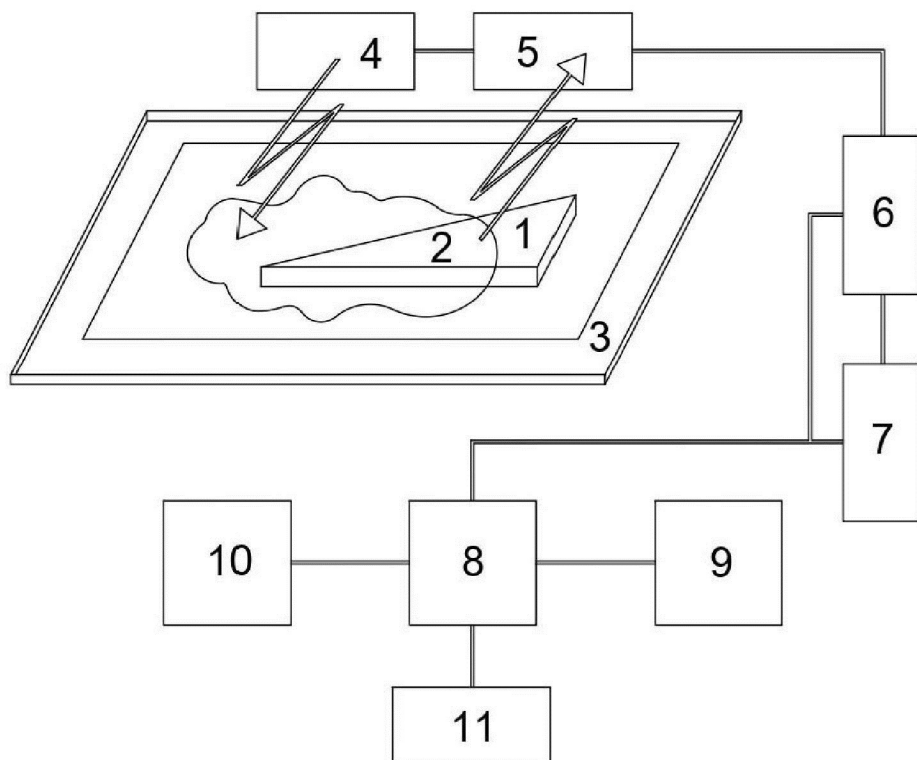
FIELD: forestry; environmental monitoring.

SUBSTANCE: method involves preparation of samples of sprouts of tree species, shading of samples in clamping clips. Samples are irradiated with a light flux in band of 400–700 nm in a pulsed mode with controlled intensity. Wavelength-shifted light flux is received by the photodetector, the fluorescence signal is digitized with controlled sampling, forming an array

of records depending on the fluorescence signal of the status categories of the visually collected samples.

EFFECT: method provides efficiency, reliability, obtaining quantitative dependence of categories of state on efficiency of conversion of radiant energy by tree depending on technogenic loads.

1 cl, 3 dwg



Фиг.3

Изобретение относится к области лесного хозяйства, в частности зависимости интенсивности фотосинтеза побегов от физиологического состояния дерева. Оно может быть использовано в технологиях исследования окружающей среды, например, в мониторинге древостоя, оценке устойчивости древесных растений, их продуктивности, приживаемости саженцев после пересадки, анализе влияния негативных факторов среды на деревья с использованием флуориметров.

Известна «Шкала оценки категорий состояния насаждений» деревьев по визуальным признакам [См. Справочник Общесоюзные нормативы для таксации лесов. – М.: Колос. 1982. – С.183–186. Табл.80–62.].

Визуальными признаками являются изменение окраски крон, некроз хвои, усыхание ветвей, суховершинность. Используя действующие "Санитарные правила в лесах России" выделяют 6 категорий состояния (жизнеспособности) деревьев: 1 - деревья без признаков ослабления, 2 - ослабленные, 3 - сильно ослабленные, 4 - усыхающие, 5 - сухостой текущего года (усохшие в текущем году), 6 - сухостой прошлых лет.

К недостаткам данного способа следует отнести

- статистическая неустойчивость, субъективность визуального метода;
- зависимость субъективных оценок от сезонной фенофазы развития древесных растений.

Известен дистанционный «Способ оценки состояния лесов», патент RU2038001, МПК A01G 23/00, 1995 г. – аналог. В способе аналога измеряют хроматические коэффициенты (g, r) цветности древесного полога с борта орбитальной станции «Мир» посредством установленного на ней спектрометрического модуля МС-03 в узких спектральных интервалах G, R вычисляют индексы зеленого и красного поражения $g = G/(G+R)$ $r = K/(R+G)$,

вычисляют функции взаимной корреляции хроматических коэффициентов g, r:

$$K(g,r) = (g - \check{g})(r - \hat{r}) / G_g G_r,$$

где K(r,g) – коэффициент корреляции;

g-хроматический коэффициент жизненности;

r - хроматический коэффициент поражения;

\check{g} , \hat{r} – среднее значение измеряемых коэффициентов;

G_g , G_r – среднеквадратические отклонения.

Способ оценки состояния лесов путем определения состояния и наличия хвои на контрольных площадках, определение категории состояния и оценку ее в баллах, отличающийся тем, что зондирование проводят с орбиты искусственного спутника Земли (ИСЗ), с автономной поворотной платформы на которой размещают спектрометрический модуль, поле зрения которого совмещено с полем зрения цветной телекамеры, с орбиты ИСЗ отслеживают заложенные площадки вводом установок баллистических данных в систему управления автономной платформы, измеряют коэффициенты спектральной яркости зондируемой площадки в синем, зеленом и красном участках видимого спектра, квантуют непрерывные значения амплитуд сигналов измеренной функции с шагом квантования не более 1/256, рассчитывают значения хроматических коэффициентов жизненности и повреждения, вычисляют функцию регрессии хроматических коэффициентов и тарируют ее в баллах по измерениям площадок с известными категориями состояния и получают оценку состояния лесных массивов на всей площади наблюдения.

К недостаткам аналога следует отнести:

- сложность технической реализации орбитальных измерений,

- зависимость орбитальных измерений от климатического состояния погоды в районе анализируемых участков;

- использование одного единственного измеренного параметра – цветности древесного полога.

5 Ближайшим аналогом к заявленному способу является «Способ определения стока поглощаемого из атмосферы углерода древесной растительностью», патент №2342636, МПК G01C 11/04, 2006 г.

Способ ближайшего аналога включает: получение изображений лесов в виде матриц $m \times n$ элементов зависимости функции яркости сигнала $I(x, y)$ от пространственных
10 координат, вычисление параметров древостоя по характеристикам матриц изображений, расчет концентрации загрязняющего вещества по отношению сигналов в каналах измерений спектральных полос поглощения основной компоненты воздуха и загрязняющего вещества, отличающийся тем, что изображения лесов получают одновременно в тех же спектральных полосах поглощения, на которых измеряют
15 концентрацию углекислого газа (CO_2) и кислорода O_2 в атмосфере по трассе прохождения сигнала, концентрацию CO_2 определяют на основе отношения сумм яркостей пикселей матриц изображений, соответствующих каналам CO_2 и O_2 , а сток углерода для данной концентрации CO_2 над древесным пологом определяют через
20 прирост биомассы древостоя, выражаемой через параметры структуры полога из соотношения:

$$\text{сток} \left[\frac{\text{ТОНН}}{\text{га}} / \text{ГОД} \right] = a \cdot V_0 \cdot \left[\frac{S_{p1} \cdot F_{cp1}}{S_{p2} \cdot F_{cp2}} - 1 \right] / T,$$

25 где a - коэффициент пересчета углекислого газа в биомассу растительности,

V_0 - расчетный запас насаждения в начале измерений, m^3 ,

T - интервал наблюдений отслеживаемых лесных массивов, лет,

S_{p1} ; S_{p2} - площади рельефов древесных пологов анализируемых участков в начале и
30 конце интервала наблюдений,

F_{cp1} ; F_{cp2} - средняя частота пространственного спектра матриц изображений анализируемых участков в начале и конце интервала наблюдений.

В способе определения стока измерение элементов структуры древесного полога и расчет биомассы анализируемого участка были получены путем анализа изображений,
35 получаемых в тех же спектральных полосах одновременно с измерениями CO_2 и O_2 .

Поскольку размер кадров получаемых изображений (определяемый фокусирующей системой измерителя) является одинаковым для полос CO_2 и O_2 , а коэффициенты отражения светового луча от древесного полога (ввиду близости спектральных полос)
40 равны, то яркость изображений зависит только от поглощения светового луча по трассе распространения. Поэтому отношение суммы яркостей пикселей изображений CO_2 и O_2 содержит информацию о концентрации CO_2 в атмосфере. Для расчета величины стока CO_2 растительным пологом проводят тематическую обработку изображений.

45 К недостаткам ближайшего аналога следует отнести:

- сложность технической реализации орбитальных измерений,

- зависимость орбитальных измерений от климатического состояния погоды в районе исследования участков,

- не оценивается эффективность фотосинтеза.

Задача, решаемая данным изобретением, состоит в количественной оценке зависимости между категорией состояния дерева в древостое и эффективностью фотосинтеза его побегов, измеренной по флуоресценции хлорофилла.

Поставленная задача решается тем, что способ определения состояния древостоя по побегам крон включает заготовку образцов побегов видов деревьев, затенение образцов в специальных зажимных клипсах, облучение образцов световым потоком в полосе 400...700 нм в импульсном режиме с регулируемой интенсивностью, приём отраженного от образцов сдвинутого спектра в полосе флуоресценции фотоприёмником, оцифровку сигнала флуоресценции с регулируемой дискретизацией, формирования массива регистрограмм зависимости категорий состояния визуально отобранных образцов от сигнала флуоресценции.

Изобретение поясняется фигурами, где:

Фиг 1 – полосы переизлучения солнечного спектра при квантовом взаимодействии с молекулами вещества;

Фиг 2 – экспериментальная зависимость категорий состояния от коэффициента поглощения лучистой энергии побегами крон;

Фиг 3 – функциональная схема устройства, реализующего способ.

Техническая сущность способа состоит в следующем.

Известно, что интенсивность процесса фотосинтеза служит индикатором влияния экологических факторов на древесные растения. Используя солнечную энергию, растения в процессе фотосинтеза производят углеводы и другие органические соединения из CO_2 и H_2O .

Взаимодействие солнечного света с хлоропластами происходит на молекулярном уровне. При поглощении энергии кванта молекулой хлорофилла, последняя переходит на другой энергетический уровень. При всех видах возможного взаимодействия, в том числе, поглощение, рассеяние, переизлучение интегральный эффект состоит в смещении спектра падающего потока в его длинноволновую часть (красное смещение). На рисунке фиг.1 иллюстрируются полосы смещенного переизлучения: серия Лаймана (100-300 нм) [См, например, Волновые числа комбинационного сдвига, Межерис, Р.М. Лазерное дистанционное зондирование / Р. Межерис; Пер. с англ. И. Г. Городецкого, В. В. Филюшкина; под ред. А. Б. Карасева. – М.: Мир, 1987. стр.123, табл.3.4.].

В частности, в интервале 400...700 нм (фиг.1) существует серия полос флуоресценции, в области которых эффективность поглощения светового потока хлорофиллом эталонного образца. Категория состояния древостоя характеризуется величиной соотношения переменной флуоресценции (Fv) к максимальной флуоресценции (Fm), $K = Fv / Fm$.

Флуоресценция хлорофилла *a* (Фл) представляет собой вторичное излучение световой энергии, поглощенной молекулой хлорофилла. Флуоресценция хлорофилла *a* во время фотосинтеза является мерой энергии поглощаемых квантов света, которые не были использованы в процессе фотосинтеза, и не были рассеяны в виде тепла. Часть поглощенной энергии, которая теряется в виде флуоресценции (Фл) составляет только от 3 % до 5 %, однако такая потеря является важной информацией об интенсивности процесса фотосинтеза. При нормальной и эффективной работе фотосинтетических реакций интенсивность флуоресценции хлорофилла *a* остается низкой, а любое нарушение процесса фотосинтеза понижает его эффективность, что приводит к значительному увеличению Фл. Использован показатель флуоресценции – отношение $(Fm - Fo) / Fm$, которое характеризует максимальный квантовый выход эффективности работы фотосистемы 2 (ФС2) в первичных процессах разделения заряда в рекреационном

центре P_{680} для образцов, выдержанных в темноте.

При расчетах этого показателя используются следующие показатели:

F_0 – начальная флуоресценция побегов, адаптированных к темноте.

F_m – максимальная флуоресценция, определяется после темновой адаптации.

5 Уменьшение F_m указывает на то, что исследуемый фотосинтезирующий объект находится в состоянии стресса.

F_v – представляет собой разницу между величинами F_m и F_0 , измеренными после темновой адаптации. Значение F_v уменьшается под воздействием стрессовых факторов окружающей среды при повреждениях тилакоидов.

10 F_v / F_m - максимальная фотохимическая эффективность ФС 2. Параметр F_v / F_m , который представляет собой отношение $(F_m - F_0) / F_m$, измеренное в адаптированных к темноте растениях, отражает потенциальную квантовую эффективность ФС 2. Для большинства растений при полном развитии всех органов в оптимальных условиях произрастания максимальное значение этого параметра равно 0,83. Его понижение
15 означает, что перед измерением растение было подвержено влиянию стресса, который повредил фотосинтетические функции, что привело к снижению эффективности переноса электронов. Это часто наблюдается в растениях, которые подвергаются воздействию различных стрессовых факторов. Фотосинтез древесных растений происходит не только в листьях, но и в коре побегов и ствола. Такие хлоренхимные ткани обнаруживают
20 высокие показатели чистого фотосинтеза (до 75% от соответствующих показателей фотосинтеза листьев) [Larcher W, Lutz C, Nagele M, Bodner M (1988) Photosynthetic functioning and ultrastructure of chloroplasts in stem tissue of *Fagus sylvatica*. J Plant Physiol 132:731–737].

Соотношение F_v / F_m отражает актуальную продуктивность или ее снижение под
25 действием внешних факторов. На рисунке фиг.2 иллюстрируется экспериментально измеренная зависимость категории состояния образцов от упомянутого соотношения F_v/F_m . При этом категория состояния образцов устанавливалась по способу – аналогу (визуально).

Достоинства метода:

30 1.Оперативность, в любой момент времени можно взять пробу непосредственно в древесное, измерения не разрушают структуру дерева.

2. Сравнительно короткая продолжительность измерения – несколько минут.

3.Точность и информативность – количественная оценка категории состояния
древостоя.

35 4.Воспроизводимость, легко можно повторить эксперимент, одновременно измерять несколько побегов.

5.Доступность реализации метода – относительно низкая стоимость измерений и доступность различных типов приборов.

40 6. Выявления стресса до того, как проявятся видимые симптомы ухудшения состояния растений.

Пример реализации способа

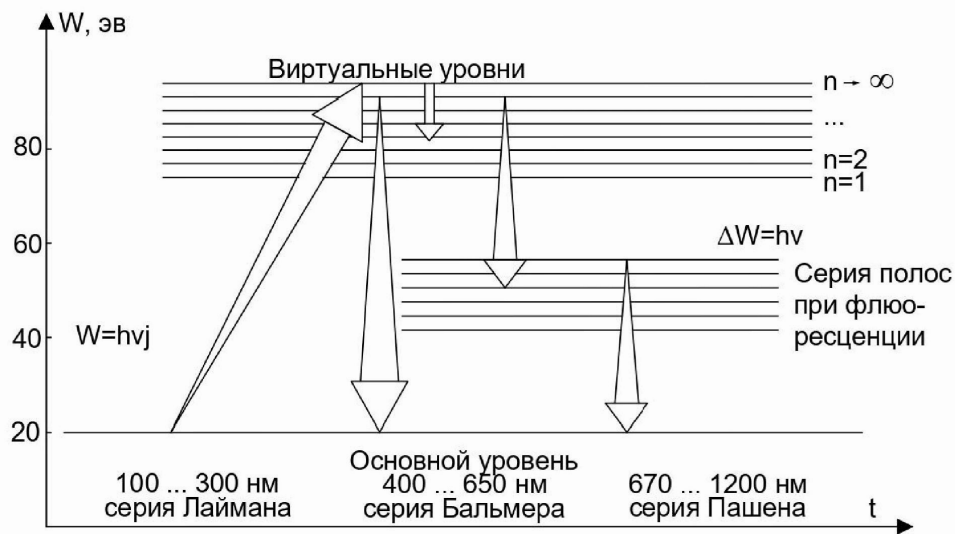
Заявленный способ может быть реализован по схеме фиг.3. Функциональная схема содержит зажимную светонепроницаемую клипсу (1), внутрь которой помещают
испытуемый образец побега (2), размещенный на поверхности стола (3). Облучение
45 образца осуществляемый через отверстие в клипсе, диаметром 4 мм, импульсами световым потоком, с регулируемой интенсивностью посредством генератора (4), собранного на светодиодах, обеспечивающих равномерность освещения поверхности посредством рассеивающих линз (светочувствительная матрица), сдвинутый по длине

волны световой поток из-за флуоресценции хлорофилла образца воспринимается фотоприемником (5). Сигнал флуоресценции кватрируется аналоговым цифровым преобразователем (6), с изменяемой дискретизацией отсчетов в интервале (от единиц микросекунд до десятков секунд) и накапливается накопителе (USB) отсчетов (7) в виде массивов измерений. Обработку массивов измерений осуществляют посредством микропроцессора (8), на основании программ, записанных на жестком диске (9). Результаты обработки отображаются на жидкостно-кристаллическом дисплее (10). Управление микропроцессором осуществляется посредством буквенно-цифровой клавиатуры (11).

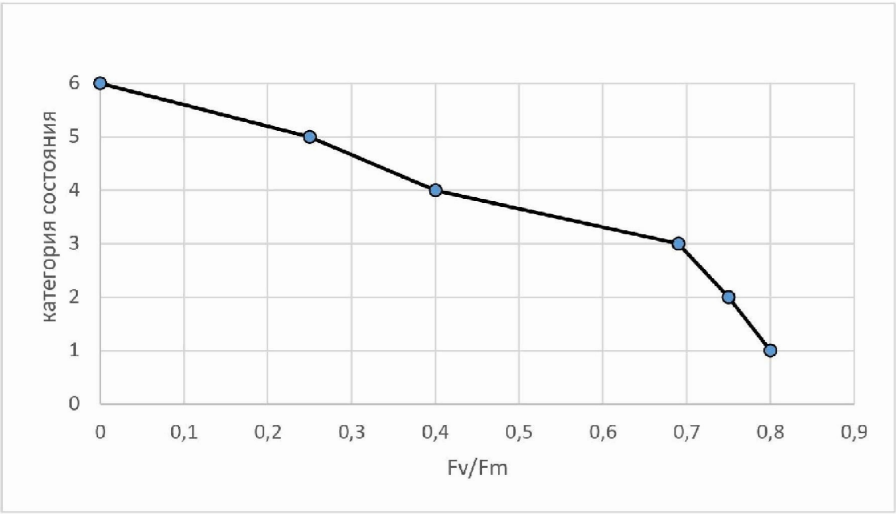
(57) Формула изобретения

Способ измерения флуоресценции хлорофилла образцов побегов крон деревьев, включающий заготовку образцов побегов видов деревьев, затенение образцов в зажимных клипсах, облучение образцов световым потоком в полосе 400-700 нм в импульсном режиме с регулируемой интенсивностью, прием фотоприемником отраженного от образцов сдвинутого по длине волны светового потока, оцифровку сигнала флуоресценции с регулируемой дискретизацией, формирование массива регистрограмм зависимости от сигнала флуоресценции категорий состояния визуально отобранных образцов.

1

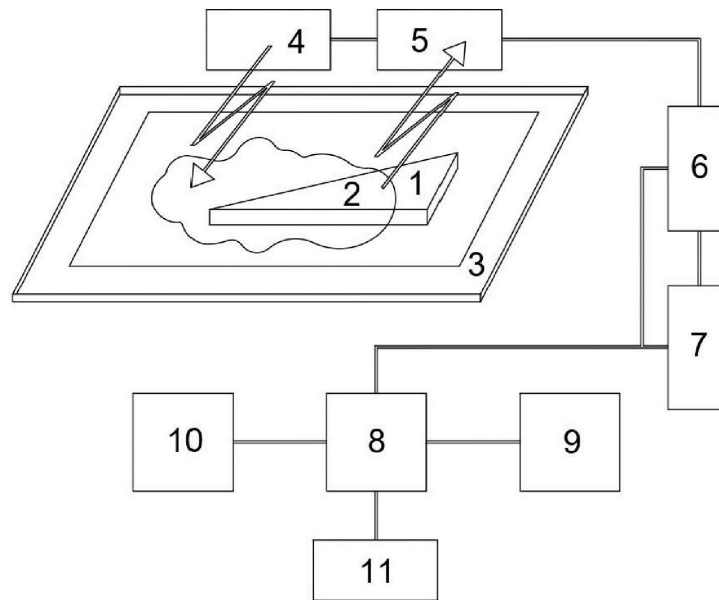


Фиг.1



Фиг.2

2



Фиг.3