



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015148518, 12.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.11.2015

Дата регистрации:  
19.06.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.11.2015

(43) Дата публикации заявки: 18.05.2017 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 19.06.2017 Бюл. № 17

Адрес для переписки:  
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для МФ МГТУ

(72) Автор(ы):

Давыдов Вячеслав Федорович (RU),  
Комаров Евгений Геннадиевич (RU),  
Полещук Ольга Митрофановна (RU),  
Соболев Алексей 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 2558212 C2, 27.07.2015. RU  
2155472 C1, 10.09.2000. RU 2342636 C2,  
27.12.2008. ЗАГРЕЕВ В.В. и др., Справочник.  
Общесоюзные нормативы для таксации  
лесов, Москва, "КОЛОС", 1992, с. 150-152, с.  
182, табл. 60.

(54) Способ выбора вида пород для плана озеленения

(57) Реферат:

Способ может быть использован в лесном хозяйстве, при озеленении территорий городских поселений, в садово-парковом хозяйстве. Способ характеризуется тем, что осуществляют измерения совокупности показателей, определяющих объем продуцирующей кислород биомассы каждого вида для участков техногенного угнетения и эталонного участка, не подверженного техногенному угнетению, вычисляют объем  $Q_1$  биомассы каждого вида как произведение показателей: относительного количества деревьев, оставшихся здоровыми  $N_i/N$ ; средней

высоты  $h_i$ ; вегетационного индекса НДVI; средней площади сечения короны  $S_i$ ; густоты короны как средневзвешенной частоты пространственного спектра изображения короны  $F_i$ , определяют разность  $\Delta Q_i$  между объемом биомассы вида для эталонного и обследуемого участков, ранжируют виды пород по минимальному проценту потерь биомассы  $\Delta Q_i/Q_i$  [%]. Способ обеспечивает достоверность количественного показателя и его высокую чувствительность к составляющим. 5 ил., 2 табл., 1 пр.

RU 2622708 C2

RU 2622708 C2

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU (11)

2 622 708<sup>(13)</sup> C2

(51) Int. Cl.  
A01G 23/00 (2006.01)

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2015148518, 12.11.2015

(24) Effective date for property rights:  
12.11.2015

Registration date:  
19.06.2017

Priority:

(22) Date of filing: 12.11.2015

(43) Application published: 18.05.2017 Bull. № 14

(45) Date of publication: 19.06.2017 Bull. № 17

Mail address:  
105005, Moskva, 2-ya Baumanskaya ul., 5, str.1,  
MGTU im. N.E. Baumana, TSZIS, dlya MF MGTU

(72) Inventor(s):

Davydov Vyacheslav Fedorovich (RU),  
Komarov Evgenij Gennadievich (RU),  
Poleshchuk Olga Mitrofanovna (RU),  
Sobolev Aleksej Viktorovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Baumana  
(natsionalnyj issledovatelskij universitet)"  
(MGTU im. N.E. Baumana) (RU)

(54) METHOD OF BREEDS SELECTION FOR GREENING PLAN

(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: aggregate of indicators determining the amount of each oxygen-producing biomass species for man-made oppression sites and a reference site not subject to man-made oppression is measured, the amount  $Q_1$  of the biomass of each species is calculated as a product of the factors of: the relative number of trees remaining healthy  $N_i/N$ ; the average height  $h_i$ ; the vegetation index HDVI; the average crown section area

$S_i$ ; the crown density as the average spatial spectrum frequency of the crown image  $F_i$ ; the difference  $\Delta Q_i$  between the amount of the species biomass for the reference and the surveyed sites is determined, the sorts species are ranked based on the minimum percentage of biomass losses  $\Delta Q_i/Q_i [\%]$ .

EFFECT: quantitative index accuracy and its high sensitivity to the components.

5 dwg, 2 tbl, 1 ex

R U 2 6 2 2 7 0 8 C 2

R U 2 6 2 2 7 0 8 C 2

Изобретение относится к лесному хозяйству и может найти применение при планировании мероприятий по озеленению городских территорий.

Лес имеет не только сырьевое, но и средообразующее значение для санитарно-гигиенического состояния воздуха городских поселений, поскольку непосредственно поглощает углекислый газ и продуцирует кислород. Продуцирующая способность леса определяется объемом фитомассы: размерами крон деревьев, их густотой, высотой насаждений, количеством деревьев на одном га, составом пород. Наибольшей продуцирующей способностью и объемом фитомассы обладают широколистные породы: дуб, липа, клен, ясень. Однако в условиях техногенного и антропогенного угнетения, высоких уровнях загрязнения воздушной среды выбросами промышленных предприятий, продуктивность растительных ценозов может существенно меняться. Поэтому при планировании озеленения городских территорий важно знать реальные показатели устойчивости и продуктивности различных видов пород при известных значениях предельно допустимых концентраций.

Существуют методы оценки зависимости между приростом биомассы древостоя и концентрацией углекислого газа в атмосфере над древесным пологом.

Известен «Способ определения стока поглощаемого из атмосферы углерода древесной растительностью», Патент.ru №2.342.636, 2008 - аналог.

В способе-аналоге осуществляют зондирование лесов космическими средствами, получение изображения лесов в виде матриц  $[m \times n]$  элементов зависимости функции яркости сигнала  $I(x, y)$  от пространственных 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, дополнительно изображения лесов получают одновременно в тех же спектральных полосах поглощения, на которых измеряют 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 прирост биомассы древостоя, выражаемой через параметры структуры полога из соотношения:

$$сток \left[ \frac{\text{тонн}}{\text{га}} / \text{год} \right] = a \cdot v_0 \cdot \left[ \frac{S_{p1} \cdot F_{cp1}}{S_{p2} \cdot F_{cp2}} - 1 \right] / T$$

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 конце интервалов наблюдений,

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

Недостатками аналога являются:

- невозможность вычленить из изображения лесного массива конкретный вид породы для дальнейшего анализа;

- виды пород городского озеленения, как правило, не образуют сплошного древесного полога, и его интегральные характеристики, как площадь рельефа изображения

древесного полога ( $S_p$ ), измерены быть не могут.

Ближайшим аналогом к заявленному техническому решению является «Способ определения рейтинга вида пород для плана озеленения», Патент Ru №2.588.212, A.01G, 23/00, 2015 г.

Способ ближайшего аналога включает составление каталога древесных пород обследуемого городского поселения с известной экологической обстановкой и соответствующей ему территории эталонного участка, проведение измерений техническими средствами: цифровой видеокамерой; цифровым видеоспектрометром; высотомером; счетчиком совокупности параметров, определяющих объем продуцирующей кислород биомассы каждого вида растений: площади сечения кроны  $S \text{ m}^2$ ; густоты кроны, как средневзвешенной пространственной частоты  $F_{cp} [1/\text{м}]$  функции сигнала ее изображения  $I(x, y)$ , цветности кроны как средневзвешенной длины волны  $\lambda_{cp} [\text{нм}]$  коэффициента спектральной яркости, средней высоты  $h [\text{м}]$  насаждения данного вида, относительного числа здоровых  $N_i$  деревьев к общему их количеству  $N$  данной породы, нормирование измеренных показателей относительно их значений для эталонных участков, ранжирование показателей по мере убывания их значимости в объеме продуцирующей фитомассы, вычисление функции рейтинговой оценки  $R$  как средневзвешенной суммы относительных показателей каждого вида породы:

$$R_i = \omega_1 \left( \frac{N_i}{N_{\text{эт}}} \right) + \omega_2 \left( \frac{h_i}{h_{\text{эт}}} \right) + \omega_3 \left( \frac{S_i}{S_{\text{эт}}} \right) + \omega_4 \left( \frac{F_i}{F_{cp,i}} \right) + \omega_5 \left( \frac{\lambda_i}{\lambda_{cp,i}} \right);$$

где  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$  – весовые коэффициенты значимости, составление итоговой таблицы рейтинга видов пород.

Недостатками ближайшего аналога являются:

- некорректное использование, при оценке рейтинга общетеоретических весовых коэффициентов, рассчитываемых по формуле Фишберна, применительно к лесному ценозу;

30 - не все критичные параметры вида, как то нормализованный вегетационный индекс (ИДВИ), учтены при расчете рейтинга;

- критерий оценки вида (рейтинг) носит не технический характер.

Задача, решаемая заявленным техническим решением, состоит в ранжировании вида пород в общем ценозе городских посадок по объему продуцирующей кислород биомассы, в условиях техногенных нагрузок относительно эталонного участка насаждений, не подверженного техногенному угнетению.

Технический результат достигается тем, что способ выбора вида пород для плана озеленения включает расчет объема продуцирующей кислород биомассы каждым видом в общем ценозе городских посадок в условиях техногенных нагрузок и эталонного участка не подверженного техногенному угнетению путем измерения совокупности показателей: относительного числа деревьев, оставшихся здоровыми  $\frac{N_i}{N}$ ; средней высоты вида  $h_i$ ; нормализованного вегетационного индекса НДВИ; средней площади сечения кроны  $S_i'$ ; густоты кроны как средневзвешенной частоты пространственного спектра изображения кроны  $F_i$ ; вычисление объема  $Q_i$  биомассы вида как произведение перечисленных показателей,

$$Q_i = \frac{N_i}{N} * h_i * NDVI * S_i' * F_i;$$

определение разности  $\Delta Q_i$  между объемом биомассы вида для эталонного и обследуемого участков, ранжирование вида пород по минимальному проценту потерь биомассы:  $\Delta Q_i/Q_i [\%]$ .

Изобретение поясняется чертежами, где:

фиг. 1 - семейство спектральных характеристик видов пород для расчета вегетационного индекса;

фиг. 2 - зависимость фитомассы ( $\phi$ ) от вегетационного индекса;

фиг. 3 - масштабирование площади сечения кроны по ее изображению и измерениям оптического высотомера;

фиг. 4 - семейство пространственных спектров изображений крон в зависимости от их густоты;

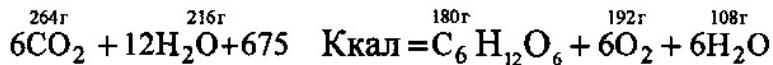
фиг. 5 - функциональная схема устройства, реализующая способ.

Техническая сущность способа состоит в следующем.

Основное назначение озеленения городских поселений - это очищение воздушной среды от вредных примесей при «вдохе» и продуцирование кислорода при «выдохе».

Все растения создают свою биомассу за счет усвоения атмосферных элементов C, O<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, ..., среди которых главными являются углерод, кислород, азот.

Минимальным требованием к протеканию реакции фотосинтеза является наличие CO<sub>2</sub>, воды H<sub>2</sub>O, света, подходящей температуры воздуха и влажности. Исходная ассимиляционная формула поглощения углекислого газа растительностью [см., например, Крапивин В.Ф., Кондратьев К.Я. «Глобальные изменения окружающей среды: экоинформатика», СПб ГУ, Санкт-Петербург, 2002, стр. 155]



В среднем из 264 грамм углекислоты прирастает 180 грамм клетчатки (коэффициент стока: 264/180=1,47). Клетчатка расходуется на образование ствола дерева, корней, коры, сучьев, образующих крону, листвы, хвои. Биомасса последних [см., например, Н.П. Анучин «Лесная таксация», учебник, 5-е издание. Лесная промышленность, стр. 193-194] в зависимости от возраста, полноты и типа породы оценивается величиной 20...30% от биомассы ствола. Известна плотность древесины [см. там же, стр. 69-70] в зависимости от типа породы и влажности, которая составляет для сосны 525-625 кг/м<sup>3</sup>, принимаемая за 100% и плотности пород соответственно: лиственница 130%, береза 128%, ольха 103%, осина 95%, ель 90%. Сам прирост запаса для бореальных лесов в зависимости от полноты и возраста насаждений изменяется в интервале от 3 до 8 м<sup>3</sup>/га/год, что составляет единицы процентов.

В гораздо больших интервалах изменяются внешние характеристики особи: высота, размер кроны, ее густота, цветность. Чем больше измеряемых параметров отдельного дерева, тем точнее должен быть результат оценки его продуцирующей способности. При оценке лесопатологического и санитарного состояния насаждений выявляют количество сухостойных  $\Delta N$  и количество деревьев, оставшихся здоровыми  $N_i=N-\Delta N$ .

Измерения проводят методом перечислительной таксации с использованием ручного инструмента - счетчика [см., например, Общесоюзные нормативы для таксации лесов, Справочник, М., Колос, 1992 г., стр. 150-152]. За параметр устойчивости вида принимают отношение  $N_i/N$ . Следующим существенным параметром вида является бонитет.

В качестве критерия продуктивности вида породы используют так называемые бонитировочные шкалы [см., там же, Общесоюзные нормативы для таксации лесов,

Справочник, М., Колос, 1992 г., стр. 122-123, Бонитировочные шкалы].

Параметром бонитировочной шкалы является высота насаждения  $h$ , м. При обследовании насаждений используют оптический высотометр, как это иллюстрируется фиг. 3. Измеряют среднюю высоту  $h_i$  вида на обследуемом и эталонном участках.

- <sup>5</sup> Известна приближенная оценка фитомассы растительного покрова по цветности с использованием значений вегетационного индекса (NDVI) [см. В.М. Жирин, статья в научном сборнике «Аэрокосмические методы и геоинформационные системы в лесоведении и лесном хозяйстве», М., ЦЭППРАН, 1998 г., стр. 119-123].

$$\text{10} \quad \text{NDVI} = \frac{c_2 - c_1}{c_2 + c_1}$$

где  $c_1$  - значения коэффициента спектральной яркости (КСЯ) растительности в диапазоне 0,58...0,68 мкм,

$c_2$  - значения КСЯ в диапазоне 0,73...1,1 мкм.

- <sup>15</sup> Коэффициенты спектральной яркости видов пород иллюстрируются графиками фиг. 1. Зависимость фитомассы (условные единицы) от значений NDVI иллюстрируется графиком фиг. 2.

Следующим измеряемым показателем является размер кроны дерева в виде площади сечения кроны,  $S$ , [ $\text{м}^2$ ]. На фиг. 3 иллюстрируется масштабирование цифрового изображения кроны породы по показаниям оптического высотометра. По измеренной высоте кроны ( $H$ ), м, определяют пространственное разрешение одного пикселя

цифрового изображения кроны как  $\Delta = \frac{H}{N_{\text{пикселей}}}$  столбца изображения.

- <sup>25</sup> Затем цифровой видеокамерой осуществляют съемку всех насаждений данной породы на обследуемой территории и через устройство ввода изображения записывают в ПЭВМ для последующей обработки. Для обработки отснятых изображений используют специализированное программное обеспечение [см., например, «Обработка графики в Photoshop CS2», М., Издательство «Эксмо», 2007 г., для пользователей, глава 3. Методы выделения областей любой формы, стр. 48]. Посредством Photoshop выделяют кроны деревьев и рассчитывают разрешение одного пикселя. Площадь сечения одной кроны ( $S_i$ ) находят как площадь одного пикселя, домноженную на количество пикселей в выделенной области (контуре кроны). Рассчитывают среднюю площадь сечения кроны данной породы на обследуемой территории:

$$\text{35} \quad S_{cp} = \sum S_i / N_i$$

Следующим биометрическим параметром является густота кроны. Ажурность кроны, ее архитектура, изрезанность (шероховатость), охвоенность (облиственность), скрытые периодичности чередования ветвей, листьев содержит частотно-спектральный образ функции сигнала изображения  $I(x,y)$ .

- <sup>40</sup> Для получения спектра-образа используют математические процедуры Фурье-преобразования сигнала изображения. По определению [см., например, Н.С. Пискунов, Дифференциальное и интегральное исчисления для ВТУЗов, учебник, 5-е издание, т. II, Наука, М., 1964 г., стр. 180-182, 218-221, Ряды Фурье], пространственный спектр Фурье вычисляют как двумерное преобразование от функции сигнала изображения  $I(x,y)$  матрицы размером  $m \times n$  элементов:

$$G(F_x, F_y) = \iint_0^{\infty} I(x, y) \cdot \exp[-j2\pi(F_x \cdot x + F_y \cdot y)] dx dy.$$

Расчет спектра осуществляется алгоритмами быстрого Фурье-преобразования по специализированным программам, входящим в комплект программного обеспечения ПЭВМ типа MATH.CAD [см., например, Специализированное программное обеспечение MATH.CAD, 6.0, PLUS, издание 2-е, стереотипное, М., Информационно-издательский дом «Филинъ», 1997 г., стр. 441]. Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) изображений крон иллюстрируются графиками фиг. 4. В качестве густоты крон различных пород используют средневзвешенную величину пространственного спектра кроны  $F_{cp}$ . Средневзвешенная величина пространственного спектра делит площадь под кривой графика фиг. 4 пополам.

По результатам измерений совокупности параметров вычисляют объем продукцииющей биомассы вида  $Q_i$  для оцениваемого и эталонного участков и их разность  $\Delta Q_i = Q_{эталон} - Q_i$ . Предпочтительность вида породы для плана озеленения в условиях техногенных нагрузок оценивают по минимальному проценту потерь  $\Delta Q_i / Q_{эталон}$ .

#### Пример реализации способа.

Заявленный способ может быть реализован на базе устройства по схеме фиг. 5. Функциональная схема устройства содержит комплект (1) измерительных приборов в составе цифровой видеокамеры (2) типа Panasonic, модель DMC-TZ 18 «Lumix», с разрешением  $14,1 \cdot 10^6$  пикселей в кадре, цифровой видеоспектрометр (3) типа «Кварц» с разрешением до 3 нм, оптический высотометр (4) типа «Метра» (Чешская республика), ручной счетчик (5) перечислительной таксации, средства обработки измерительной информации на базе персональной ЭВМ (6) типа «Intel» в составе устройства ввода информации (7), процессора (8), оперативного запоминающего устройства (9), винчестера (10), дисплея (11), принтера (12), клавиатуры (13), устройства вывода (14), сопряженного с сетью «Internet».

В 2008-2012 гг. в рамках общегородского мониторинга состояния зеленых насаждений были обследованы семнадцать видов древесных и кустарниковых растений, произрастающих в сложных экологических условиях Бульварного кольца в г. Москва. Обследовано 4084 растения. Одной из целей обследования была выработка решений о перспективности использования этих видов для озеленения города. Каталог древесных пород обследуемого городского поселения представлен таблицей 1.

35

40

45

Таблица 1. Название вида.

№ п/п	Название вида	№ п/п	Название вида
1	Береза повислая	10	Липа крупнолистная
2	Боярышник полумягкий	11	Липа мелколистная
3	Вяз гладкий	12	Сирень венгерская
4	Вяз шершавый	13	Сирень обыкновенная
5	Боярышник однопестичный	14	Тополь душистый
6	Кизильник блестящий	15	Тополь бальзамический
7	Клен остролистный	16	Ясень обыкновенный
8	Клен татарский	17	Ясень пенсильванский
9	Клен ясенелистный		

По операциям заявленного способа проведена сравнительная оценка устойчивости двух видов широколистных пород: липы крупнолистной и клена ясенелистного.

Результаты измерений и определение расчетного показателя: объема биомассы представлены таблицей 2.

Таблица 2. Липа крупнолистная и клен ясенелистный.

Вид породы	Липа крупнолистная						
	Параметры	N <sub>i</sub> /N	h <sub>i</sub>	NДVI	S <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>	Q
Бульварное кольцо	0,92	15,2	0,31	18,2	8	670	39%
Эталонный участок	0,98	18,8	0,35	20	8,8	1100	
Вид породы	Клен ясенелистный						
	Параметры	N <sub>i</sub> /N	h <sub>i</sub>	NДVI	S <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>	Q
Бульварное кольцо	0,94	21	0,32	26	8,5	1400	28%
Эталонный участок	0,96	22	0,33	27,8	9	1950	

По результатам измерений и последующих вычислений клен ясенелистный  $\Delta Q/Q_{Эт}=28\%$  более устойчив для озеленения в пределах Бульварного кольца, чем липа крупнолистная  $\Delta Q/Q_{Эт}=39\%$ .

Эффективность заявленного способа характеризуется высокой чувствительностью интегрального показателя к измеряемым параметрам, достоверностью и документальностью результатов обследования в виде оригиналов изображений крон и технологий их обработки.

5

(57) Формула изобретения

Способ выбора вида пород для плана озеленения, включающий расчет объема продуцирующей кислород биомассы каждым видом в общем ценозе городских посадок в условиях техногенных нагрузок и эталонного участка, не подверженного техногенному

10

утнетению, путем измерения совокупности показателей: относительного числа деревьев, оставшихся здоровыми  $\frac{N_i}{N}$ ; средней высоты вида  $h_i$ ; нормализованного вегетационного

индекса NDVI; средней площади сечения кроны  $S'_i$ ; густоты кроны как

15

средневзвешенной частоты пространственного спектра изображения кроны  $F_i$ ;

вычисление объема  $Q_i$  биомассы вида как произведение перечисленных показателей:

$$Q_i = \frac{N_i}{N} \cdot h_i \cdot NDVI \cdot S'_i \cdot F_i,$$

20

определение разности  $\Delta Q_i$  между объемом биомассы вида для эталонного и

обследуемых участков, ранжирование вида пород по минимальному проценту потерь биомассы:  $\Delta Q_i/Q_i [\%]$ .

25

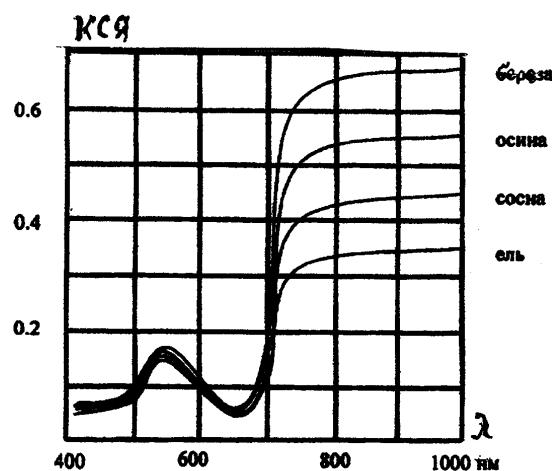
30

35

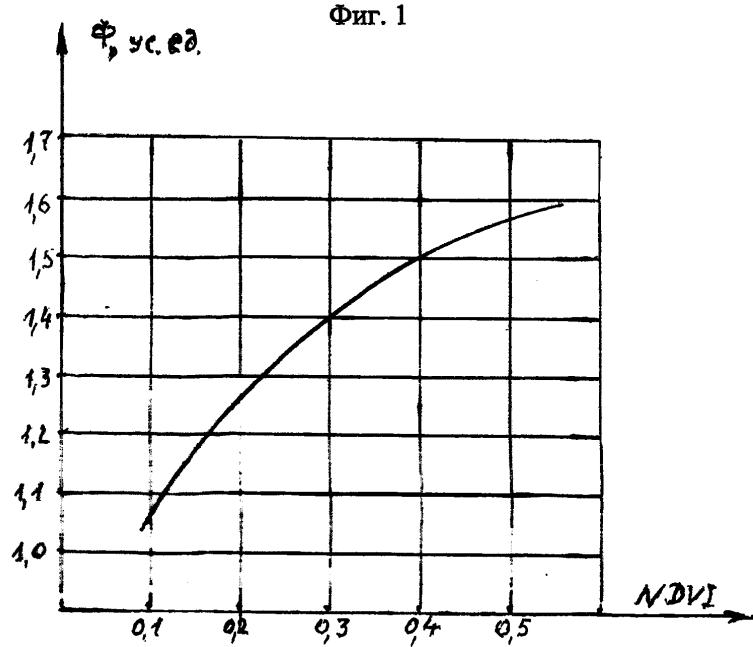
40

45

Способ выбора вида пород  
для плана озеленения

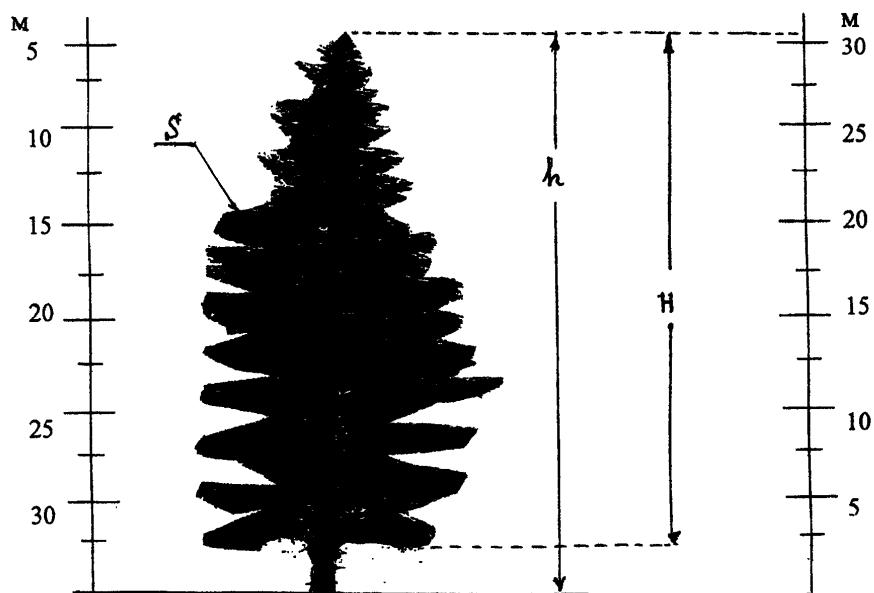


Фиг. 1

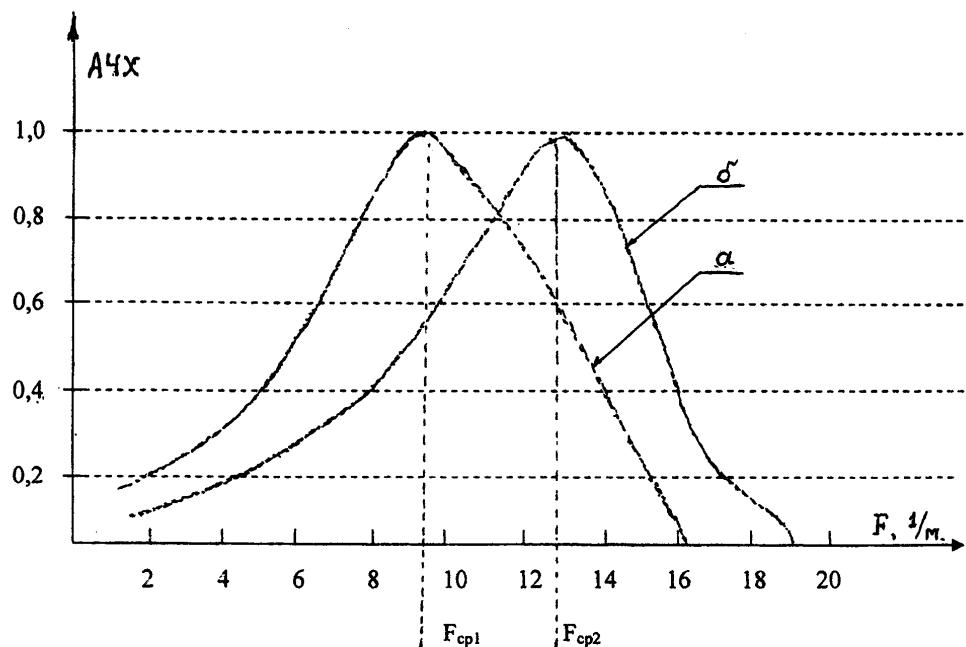


Фиг. 2

Способ выбора вида пород  
для плана озеленения

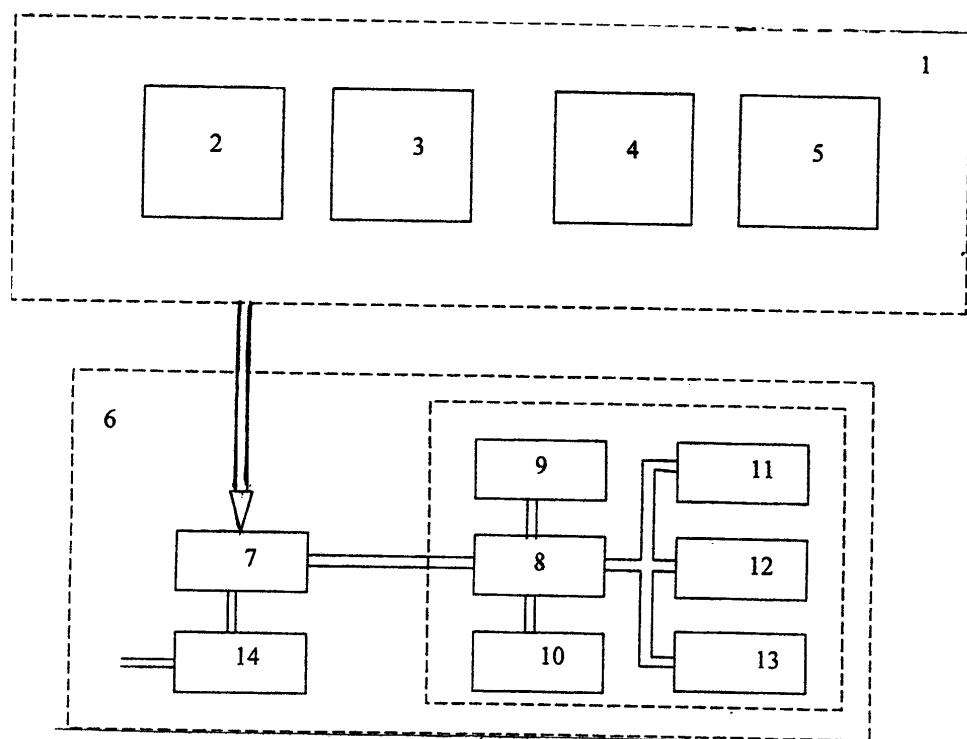


Фиг. 3



Фиг. 4

Способ выбора вида пород  
для плана озеленения



Фиг. 5