



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012150926/13, 27.11.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.11.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.11.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2014 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 27.09.2014 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2416193 C1, 20.04.2011. RU 2254707 C1, 27.06.2005. RU 2376749 C1, 27.12.2009. RU 2009133870 A , 20.03.2011.

Адрес для переписки:

424000, Рес. Марий Эл, г.Йошкар-Ола, пл.
Ленина, 3, ФГБОУ ВПО "ПГТУ", отдел
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Мазуркин Петр Матвеевич (RU),
Алгасова Мария Александровна (RU)

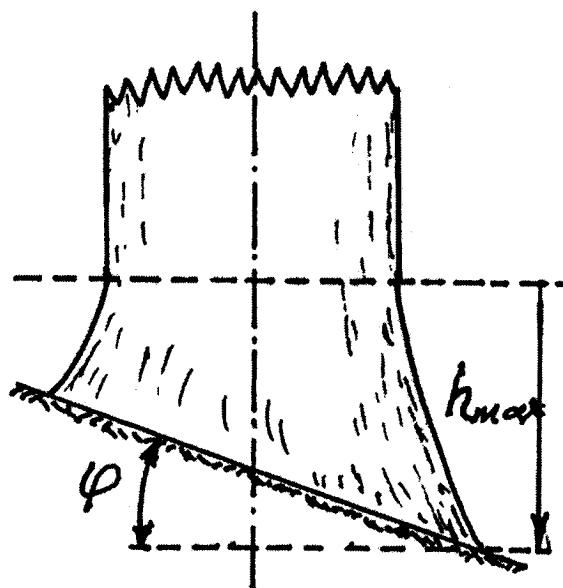
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Поволжский государственный
технологический университет" (RU)

(54) СПОСОБ АНАЛИЗА КОМЛЯ И МЕСТА ПРОИЗРАСТАНИЯ БЕРЕЗЫ НА СКЛОНЕ ОВРАГА

(57) Реферат:

Изобретение относится к дендрометрии. Способ включает выбор пробной полосы леса поперек оврага или холма с расположенными вдоль нее деревьями. У каждой березы на пробной полосе измеряют максимальную высоту комля от корневой шейки ствола до поверхности почвы на нижней стороне по склону оврага или холма и угол местного склона поперек общего склона места произрастания дерева. Для анализа роста и развития берез, произрастающих на склоне, по множеству измеренных параметров высоты комля берез и угла местного склона мест их произрастания статистическим моделированием выявляют взаимосвязь между высотой комля берез и углом местного склона мест их произрастания. Такая технология позволит расширить функциональные возможности при борьбе с водной эрозией. 1 з.п. ф-лы, 6 ил., 3 табл.



Фиг. 1

RU 2 529 164 C2

RU 2 529 164 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012150926/13, 27.11.2012

(24) Effective date for property rights:
27.11.2012

Priority:

(22) Date of filing: 27.11.2012

(43) Application published: 10.06.2014 Bull. № 16

(45) Date of publication: 27.09.2014 Bull. № 27

Mail address:

424000, Res. Marij Ehl, g. Joshkar-Ola, pl. Lenina,
3, FGBOU VPO "PGTU", otdel intellektual'noj
sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Mazurkin Petr Matveevich (RU),
Algasova Marija Aleksandrovna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Povolzhskij
gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet"
(RU)

(54) **METHOD OF BUTT ANALYSIS AND HABITAT OF BIRCH ON SLOPE OF RAVINE**

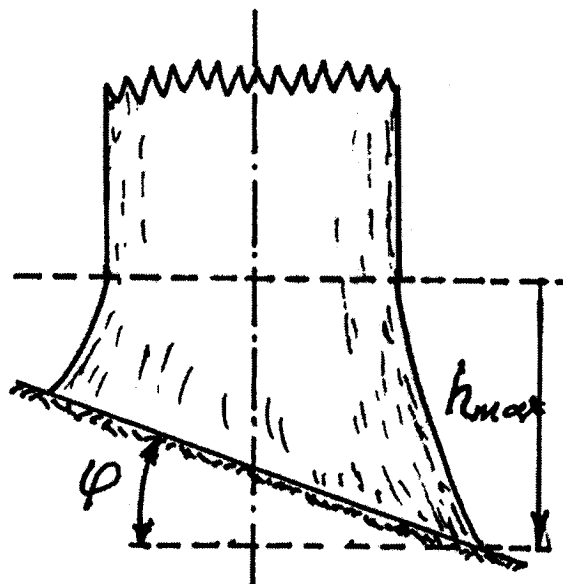
(57) Abstract:

FIELD: agriculture.

SUBSTANCE: invention relates to dendrometry. The method comprises the choice of test band of wood across the ravine or hill with trees located along it. Near each birch on the test band the maximum height of butt is measured from the root collar of the trunk to the soil surface on the loser side along the slope of the ravine or hill and the angle of the local slope across the general slope of the habitat of the tree. For analysis of growth and development of birches growing on a slope, according to a variety of measured parameters of height of the birch butt and the angle of the local slope of their habitat by statistical modelling the relationship between the height of the birch butt and the angle of the local slope of their habitat is revealed.

EFFECT: technology enables to extend the functional capabilities in the water erosion control.

2 cl, 6 dwg, 3 tbl



Фиг. 1

Изобретение относится к дендрометрии при изучении влияния склона оврагов и холмов на рост и развитие комлевой части березовых деревьев с учетом места каждой березы на этом склоне, разработке мероприятий по защите земельных участков около оврагов и холмов от водной эрозии и может быть для разработки экологических и климатических технологий использовано, а также при дендроэкологическом мониторинге за развитием овражной сети и рационализации землепользования с учетом изменений формы комлевой части растущих на склоне оврага или холма березовых деревьев.

Известен способ анализа комля древесного ствола по патенту №2254707, включающий разметку ствола на секции кратной или некратной длины в зависимости от расположения неровностей ствола с измерением соответствующих расстояний от корневой шейки, секции некратной длины размечают на неровностях комлевой части ствола, по крайней мере, дважды в трех точках неровности, а измерения вдоль и поперек ствола по секциям выполняют гибкой мерной лентой, причем поперек ствола измеряют гибкой мерной лентой периметр сечения ствола.

Недостатком является то, что измерения выполняют у деревьев, растущих на ровной местности. При этом известный способ не позволяет учитывать влияние периметров комля ниже корневой шейки деревьев. Причем березы могут произрастать на склоне оврага, сильно изменяя высоту корневой шейки от точки склона посередине ствола.

Известен также способ анализа комля растущего дерева для определения поперечного профиля оврага по патенту №2416193 РФ, характеризующийся тем, что поперек оврага выбирают пробную полосу леса с расположенными вдоль нее деревьями, измеряют расстояния и общий угол склона в поперечном сечении оврага между серединами диаметров корневой шейки смежных вдоль пробной полосы деревьев.

Недостатком также является отсутствие измерений периметра комлевой части дерева ниже корневой шейки, что не позволяет изучать влияние склона оврага или холма на комлевою часть, начиная на стволе от высоты 1,3 м над корневой шейкой до поверхности почвы на склоне оврага или холма. Кроме того, в дендрометрии до сих пор не выделены те лимитирующие факторы комля, которые влияют на параметры места произрастания дерева.

Технический результат - расширение функциональных возможностей анализа комлевой части деревьев, произрастающих на склоне оврага или холма, а также повышение точности измерений березы ниже корневой шейки, начиная от стандартной высоты ствола в 1,3 м над корневой шейкой дерева до поверхности склона оврага. По другим породам нужны исследования.

Этот технический результат достигается тем, что способ анализа комля и места произрастания березы на склоне оврага, характеризующийся тем, что поперек оврага выбирают пробную полосу леса с расположенными вдоль нее деревьями, измеряют расстояния и общий угол склона в поперечном сечении оврага между серединами диаметров корневой шейки смежных вдоль пробной полосы деревьев, отличающийся тем, что у каждой березы на пробной полосе вдоль оврага дополнительно измеряют максимальную высоту комля от корневой шейки ствола до поверхности почвы на нижней стороне по склону у комля, а по множеству измеренных берез выполняют статистическое моделирование идентификацией многочленной однофакторной математической модели.

По множеству комлей измеренных берез и мест их произрастания выполняют статистическое моделирование идентификацией многочленной однофакторной математической модели вида:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \sum_{i=1}^m y_i,$$

$$\varphi_1 = a_1 \exp(a_2 h_{\max}^{a_3}),$$

$$\varphi_2 = a_4 h_{\max}^{a_5} \exp(-a_6 h_{\max}^{a_7}),$$

$$y_i = b_{1i} h_{\max}^{b_{2i}} \exp(-b_{3i} h_{\max}^{b_{4i}}) \cos\left(\pi h_{\max} / (b_{5i} + b_{6i} h_{\max}^{b_{7i}}) - b_{8i}\right),$$

где φ - угол местного склона для места произрастания, град;

φ_1 - первая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого закона экспоненциального роста угла местного склона в зависимости от максимальной высоты комля у множества измеренных берез, град;

φ_2 - вторая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого биотехнического закона, показывающего стрессовое возбуждение мест произрастания популяции берез (по-видимому, при адаптации этого места произрастания к водной эрозии почвы на склоне оврага или холма) по ускоренному увеличению угла местного склона на каком-то интервале изменения максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

y_1 - волновые составляющие модели, показывающие колебательное возмущение места произрастания по углу местного склона в зависимости от максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

i - номер волновой составляющей в виде асимметричного вейвлет-сигнала о колебательном взаимодействии комля популяции берез с местами их произрастания, шт.;

m - общее количество волновых функций, зависящее от вычислительной возможности программной среды (CurveExpert дает только две дополнительные составляющие, то есть только до 19 параметров модели) и погрешности измерений (измерение угла в один градус и высоты в один сантиметр дали возможность получить дополнительно и пятую составляющую модели или же третью волновую составляющую);

h_{\max} - максимальная высота пня со стороны комля ниже по склону оврага или холма, см;

$a_1 \dots a_7, b_1 \dots b_8$ - параметры статистической модели, численные значения которых выявляются в программной среде при обработке одного примера в виде массива исходных данных измерений (максимальная высота комля и угол местного склона места произрастания) по всем березам из популяции.

Сущность технического решения заключается в том, что наиболее часто на склонах оврагов в лесостепной зоне России произрастают березы естественного происхождения. Они закрепляют овраги от водной эрозии, и происходит симбиоз между березняком и почвой на склоне оврага: березы своими корнями защищают почву от смыва, а почва наращивает свою плодородие, позволяя расти березам продуктивно без потери питательных веществ.

Сущность технического решения заключается также в том, что именно береза обладает замечательным свойством стать древесным растением для климатических и экологических технологий по изменению местного климата лесостепной зоны (стабилизируя температуру и водный баланс в почве в течение года) на земельных участках, подверженных водной эрозии, и предотвращает дальнейшее развитие овражной сети.

Сущность технического решения заключается также и в том, что в некоторых природно-антропогенных условиях частично восстанавливается и полноводность и регулярность водотока в течение года на дне оврага.

5 Сущность технического решения заключается также и в том, что факторный анализ множества измеренных параметров комля берез и места каждой березы по углу местного склона на общем склоне оврага показал наибольшую тесноту факторной связи между углом местного склона места произрастания каждой из 30 измеренных берез и максимальной высотой комля от поверхности почвы на нижней стороне по склону у комля березы до корневой шейки ствола этой же березы.

10 Положительный эффект достигается тем, что выявление среднестатистической закономерности изменения угла местного склона места произрастания берез на пробной площади, заложенной на склоне оврага или холма, в зависимости от максимальной высоты комля, начиная от корневой шейки до самой нижней точки комля на нижней стороне березы по склону, позволяет проводить экологический мониторинг за состоянием и развитием самого оврага на участке с изучаемым березняком. Это позволит 15 следить за укреплением склонов оврагов и холмов от водной эрозии в ходе роста и развития посаженных берез. Такой мониторинг, по мере накопления опыта и данных измерений, дает возможность рекомендовать экологические и климатические технологии вначале на территориях лесостепной зоны России, а затем и в степной зоне. Это, по 20 опыту США (с 1960 года) и Китая (с 1970 года) значительно повысит урожайность зерновых культур на полях около оврагов и холмов, а также повысит продуктивность травяного покрова пойменных лугов на склонах оврагов со ставшими полноводными ручейками, а также на склонах холмов и берегов малых рек и их притоков.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые измерения проводят 25 ниже корневой шейки ствола растущего дерева, что позволит в будущем подойти к поиску научно-технических решений и по изучению изменений формы комлевой части дерева. Кроме того, научная новизна заключается в том, что впервые получена математическая закономерность влияния максимальной высоты комля берез на изменение угла местного склона на месте произрастания каждой березы.

30 Предлагаемое техническое решение обладает существенными признаками, новизной и значительным положительным эффектом. Материалов, порочащих новизну технического решения, нами не обнаружено. Поэтому предлагаемое изобретение становится научно-техническим решением, полученным на основе выявления 35 фундаментальной закономерности влияния параметра комля березы на параметр места ее произрастания.

На фиг.1 приведена схема измерения параметров комля и места произрастания березы: φ - угол местного склона для места произрастания; h_{\max} - максимальная высота 40 пня со стороны комля ниже по склону оврага или холма; на фиг.2 показан график детерминированной модели $\varphi = f(h_{\max})$ с двумя устойчивыми законами; на фиг.3 - показан график третьей составляющей математической модели в виде волновой функции; на фиг.4 - то же на фиг.3 четвертой составляющей; на фиг.5 дан график общей математической (статистической) модели $\varphi = f(h_{\max})$ с четырьмя составляющими; на 45 фиг.6 показан график следующей за четырехчленным уравнением колебательной закономерности в виде резко возмущающегося колебания.

Способ анализа комля и места произрастания березы на склоне оврага выполняется следующими действиями.

Вначале выбирают по прототипу пробную площадь с березами, в виде полосы на

склоне вдоль оврага, а также холма, малой реки, озера или другого элемента рельефа или ландшафта. На этой полосе выбирают учетные деревья для измерений. Для измерений максимальной высоты комля и угла местного склона в простейшем случае применяют гибкую мерную ленту и транспортир с отвесом на гибкой нитке.

5 По множеству комлей измеренных берез и мест их произрастания выполняют статистическое моделирование идентификацией многочленной однофакторной математической модели вида:

$$10 \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \sum_{i=1}^m y_i ,$$

$$\varphi_1 = a_1 \exp(a_2 h_{\max}^{a_3}) ,$$

$$\varphi_2 = a_4 h_{\max}^{a_5} \exp(- a_6 h_{\max}^{a_7}) ,$$

$$15 \quad y_i = b_{1i} h_{\max}^{b_{2i}} \exp(- b_{3i} h_{\max}^{b_{4i}}) \cos(\pi h_{\max} / (b_{5i} + b_{6i} h_{\max}^{b_{7i}}) - b_{8i}) ,$$

где φ - угол местного склона для места произрастания, град;

φ_1 - первая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого закона экспоненциального роста угла местного склона в зависимости от максимальной высоты комля у множества измеренных берез, град;

20 φ_2 - вторая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого биотехнического закона, показывающего стрессовое возбуждение мест произрастания популяции берез (по-видимому, при адаптации этого места произрастания к водной эрозии почвы на склоне оврага или холма) по ускоренному увеличению угла местного склона на каком-то интервале изменения максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

y_i - волновые составляющие модели, показывающие колебательное

возмущение места произрастания по углу местного склона в зависимости от максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

30 i - номер волновой составляющей в виде асимметричного вейвлет-сигнала о колебательном взаимодействии комля популяции берез с местами их произрастания, шт.;

m - общее количество волновых функций, зависящее от вычислительной возможности программной среды (CurveExpert дает только две дополнительные составляющие, то есть только до 19 параметров модели) и погрешности измерений (измерение угла в один градус и высоты в один сантиметр дали возможность получить дополнительно и пятую составляющую модели или же третью волновую составляющую);

h_{\max} - максимальная высота пня со стороны комля ниже по склону оврага или холма, см;

40 $a_1 \dots a_7, b_1 \dots b_8$ - параметры статистической модели, численные значения которых выявляются в программной среде при обработке одного примера в виде массива исходных данных измерений (максимальная высота комля и угол местного склона места произрастания) по всем березам из популяции.

Способ анализа комля и места произрастания березы на склоне оврага, например, с ручейком на дне оврага, имеющего на склоне березняк естественного происхождения, реализуется следующим образом.

У каждой березы на пробной полосе вдоль оврага дополнительно измеряют максимальную высоту комля от корневой шейки ствола до поверхности почвы, на

нижней стороне по склону у комля, а по множеству измеренных берез выполняют статистическое моделирование идентификацией многочленной однофакторной математической модели.

По множеству комлей измеренных берез и мест их произрастания выполняют статистическое моделирование идентификацией многочленной однофакторной математической модели вида:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \sum_{i=1}^m y_i$$

$$\varphi_1 = a_1 \exp(a_2 h_{\max}^{a_3})$$

$$\varphi_2 = a_4 h_{\max}^{a_5} \exp(-a_6 h_{\max}^{a_7}),$$

$$y_i = b_{1i} h_{\max}^{b_{2i}} \exp(-b_{3i} h_{\max}^{b_{4i}}) \cos\left(\pi h_{\max} / (b_{5i} + b_{6i} h_{\max}^{b_{7i}}) - b_{8i}\right),$$

где φ - угол местного склона для места произрастания, град;

φ_1 - первая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого закона экспоненциального роста угла местного склона в зависимости от максимальной высоты комля у множества измеренных берез, град;

φ_2 - вторая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого биотехнического закона, показывающего стрессовое возбуждение мест произрастания популяции берез (по-видимому, при адаптации этого места произрастания к водной эрозии почвы на склоне оврага или холма) по ускоренному увеличению угла местного склона на каком-то интервале изменения максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

y_i - волновые составляющие модели, показывающие колебательное возмущение места произрастания по углу местного склона в зависимости от максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

i - номер волновой составляющей в виде асимметричного вейвлет-сигнала о колебательном взаимодействии комля популяции берез с местами их произрастания, шт.;

m - общее количество волновых функций, зависящее от вычислительной возможности программной среды (CurveExpert дает только две дополнительные составляющие, то есть только до 19 параметров модели) и погрешности измерений (измерение угла в один градус и высоты в один сантиметр дали возможность получить дополнительно и пятую составляющую модели или же третью волновую составляющую);

h_{\max} - максимальная высота пня со стороны комля ниже по склону оврага или холма, см;

$a_1 \dots a_7, b_1 \dots b_8$ - параметры статистической модели, численные значения которых выявляются в программной среде при обработке одного примера в виде массива исходных данных измерений (максимальная высота комля и угол местного склона места произрастания) по всем березам из популяции.

Пример

Для снижения линейной эрозии почвы оврагами применяют растения. Цель исследования - изучение формы комля деревьев, растущих в овраге, для выявления закономерностей взаимодействия между древесными растениями и склоном. Объектом исследования был лесной овраг около деревни Ямолино Горномарийского района Республики Марий Эл. Эксперименты были проведены летом 2011 года.

Методика измерения комля выполняется следующим образом (фиг.1).

Сначала определяли участок оврага по методике, изложенной в патенте №2416193 РФ по прототипу, на склоне которого растут деревья. Выбрали учетные деревья для измерений в количестве 30 штук. Для измерений применяли гибкую мерную ленту и транспортёр с отвесом.

После факторного анализа 14 измеренных параметров комля и места произрастания берез оказалось, что имеются сильная факторная связь влияния максимальной высоты комля от корневой шейки ствола до поверхности почвы на нижней стороне по склону на угол местного склона места произрастания деревьев. При этом обратное влияние угла местного склона на максимальную высоту комля березы по коэффициенту корреляции составляет менее 0,3. Поэтому прямое влияние $\varphi f(h_{\max})$ является высокоадекватным.

По принципу «от простого к сложному» можно предложить (табл.1) «кирпичики» для построения, по ходу структурно-параметрической идентификации биотехнического закона, любой статистической модели.

Таблица 1	
Математические конструкторы для построения статистической модели	
Фрагменты без предыстории изучаемого явления или процесса	Фрагменты с предысторией изучаемого явления или процесса
$y = ax$ - закон линейного роста или спада (при отрицательном знаке перед правой стороной приведенной формулы)	$y = a$ - закон не влияния принятой переменной на показатель, который имеет предысторию значений
$y = ax^b$ - закон показательного роста (закон показательной гибели $y = ax^{-b}$) не является устойчивым, из-за бесконечности при нулевом значении объясняющей переменной	$y = a \exp(\pm cx)$ - закон Лапласа (Ципфа в биологии, Парето в экономике, Мандельброта в физике) экспоненциального роста или гибели, относительно которого создан метод операторных исчислений
$y = ax^b \exp(-ct)$ биотехнический закон в упрощенной форме	$y = a \exp(\pm cx^d)$ - закон экспоненциального роста или гибели, по автору статьи
$y = ax^b \exp(-cx^d)$ - биотехнический закон, предложенный проф. П.М. Мазуркиным	

В таблице 1 показаны все «нормальные» фрагменты, у которых впереди могут быть расположены оперативные константы, в виде знаков «+» или «-». Все шесть устойчивых законов распределения являются частными случаями биотехнического закона, показанного внизу таблицы 1.

Как известно из классической математической статистики, грубая классификация уровней коэффициента корреляции следующая:

а) до 0,3 - нет связи между факторами (то есть можно не учитывать эти связи, хотя они в других условиях проявления могут оказаться даже сильными по факторной связи);

б) от 0,3 до 0,7 - есть связь между двумя факторами, но она считается достаточно слабой, чтобы ее учитывать в практических выводах, однако дополнение волновыми возмущениями может перевести в сильные связи;

в) выше 0,7 - имеется сильная связь между переменными факторами даже при не волновых биотехнических закономерностях.

По множеству комлей измеренных берез и мест их произрастания выполнили статистическое моделирование идентификацией многочленной однофакторной математической модели общего вида:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \sum_{i=1}^m y_i$$

$$\Phi_1 = a_1 \exp(a_2 h_{\max}^{a_3})$$

$$\Phi_2 = a_4 h_{\max}^{a_5} \exp(-a_6 h_{\max}^{a_7})$$

$$y_i = b_{1i} h_{\max}^{b_{2i}} \exp(-b_{3i} h_{\max}^{b_{4i}}) \cos(\pi h_{\max} / (b_{5i} + b_{6i} h_{\max}^{b_{7i}}) - b_{8i}),$$

где φ - угол местного склона для места произрастания, град;

φ_1 - первая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого закона экспоненциального роста угла местного склона в зависимости от максимальной высоты комля у множества измеренных берез, град;

φ_2 - вторая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого биотехнического закона, показывающего стрессовое возбуждение мест произрастания популяции берез (по-видимому, при адаптации этого места произрастания к водной эрозии почвы на склоне оврага или холма) по ускоренному увеличению угла местного склона на каком-то интервале изменения максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

y_i - волновые составляющие модели, показывающие колебательное возмущение места произрастания по углу местного склона в зависимости от максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

i - номер волновой составляющей в виде асимметричного вейвлет-сигнала о колебательном взаимодействии комля популяции берез с местами их произрастания, шт.;

m - общее количество волновых функций, зависящее от вычислительной возможности программной среды (CurveExpert дает только две дополнительные составляющие, то есть только до 19 параметров модели) и погрешности измерений (измерение угла в один градус и высоты в один сантиметр дали возможность получить дополнительно и пятую составляющую модели или же третью волновую составляющую);

h_{\max} - максимальная высота пня со стороны комля ниже по склону оврага или холма, см;

$a_1 \dots a_7, b_1 \dots b_8$ - параметры статистические модели, численные значения которых выявляются в программной среде.

Исходные данные для моделирования приведены в таблице 2.

Результаты измерений комля и места произрастания берез

Таблица 2

№ березы	Угол φ , град	Высота пня h_{\max} , см	№ березы	Угол φ , град	Высота пня h_{\max} , см	№ березы	Угол φ , град	Высота пня h_{\max} , см
1	20	70	11	15	120	21	15	105
2	18	66	12	20	115	22	20	104
3	15	69	13	20	120	23	15	100
4	15	50	14	20	117	24	15	100
5	15	40	15	15	130	5	15	102
6	30	55	16	20	115	26	15	103
7	20	70	17	20	120	27	15	102
8	30	80	18	20	105	28	20	103
9	20	90	19	20	105	29	15	105
10	15	115	20	15	107	30	15	103

Примечание. Береза №6 резко отклоняется по значению угла местного склона, поэтому она была исключена из статистической выборки для моделирования.

Вначале получили тренд, то есть тенденцию (фиг.2), с детерминированными составляющими в виде формулы

$$\varphi = 13,62968 \exp(1,61495 \cdot 10^{-5} h_{\max} 2,02456) +$$

$$+ 3,63583 \cdot 10^{-9} h_{\max}^{57,87164} \exp(-0,0096015 h_{\max} 1,84610).$$

Затем наращиванием статистической модели получили две волновые составляющие (фиг 3 и фиг.4), а после их объединения получилась конкретная модель вида:

$$\varphi = \varphi_1 \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4,$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 13,31534 \exp(2,35264 \cdot 10^{-5} h_{\max} 1,94375), \\ \varphi_2 &= 4,49196 \cdot 10^{-96} h_{\max} 57,99893 \exp(-0,0097477 h_{\max} 1,84784). \\ A_1 &= 0,52162 h_{\max} 0,40329 \exp(-0,11685 h_{\max} 0,34888), \\ p_1 &= 11,74668 - 0,0022848 h_{\max} 1,52715, \\ \varphi_4 &= A_2 \cos(\pi h_{\max} / p_2 + 5,02174), \\ A_2 &= 2,05982, \end{aligned}$$

где A_1, A_2 - амплитуды (половина) первого и второго колебательного возмущения угла местного склона на развитие и рост комля по максимальной высоте, измеренной ниже по склону от корневой шейки, град,

p_1, p_2 - полупериоды колебательного возмущения угла местного склона в зависимости от максимальной высоты комля березы, см.

Для анализа наглядней запись в матричной форме как обобщенной волновой функции. В этом случае детерминированные составляющие являются амплитудами больших волн, у которых полупериод намного превышает диапазон (интервал) изменения влияющего фактора по оси абсцисс. Тогда получается, что две составляющие детерминированной модели имеют полупериоды колебательного возмущения намного более 130 см.

В таблице 3 дана матричная запись всех пяти составляющих.

Таблица 3

Параметры общей математической модели									
Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коефф. коррел. r
	Амплитуда (половина) колебания				полупериод колебания			сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
	13,31354	0	-2,35264e-5	1,94375	0	0	0	0	0,8316
	4,49196e-96	57,99893	0,0097477	1,84784	0	0	0	0	
1	0,52162	0,40329	0,11685	0,34888	11,74668	-0,0022848	1,52715	-0,63193	
2	2,68791e-16	11,34049	0,15974	1	2,05982	0	0	-5,02174	
5	0,0046060	0	-0,0023534	1,72566	0,99930	0	0	-1,29460	

Примечание. Функция для матричной записи параметров модели дана наверху таблицы.

Анализ показывает, что по первой детерминированной составляющей с увеличением максимальной высоты комля березы происходит экспоненциальный рост угла местного склона места ее произрастания. По таблице 2 этот процесс является кризисным (отрицательный знак перед параметром a_{3i}). При благоприятных условиях произрастания комли деревьев стараются выравнить склон до горизонтального уровня.

Первая волна возмущения имеет параметр $a_{6i} = -0,0022848$ и в этом случае полупериод колебания уменьшается. В итоге частота колебательного возмущения нарастает с ростом максимальной высоты комля березы. Это также становится кризисным (в экологическом смысле) для склона оврага. Поэтому склон оврага под изученными учетными березами может не выдержать сильных ливней.

Этот вывод подтверждает пятая составляющая (третья волна возмущения) с нарастающей по закону экспоненциального роста амплитудой. Чтобы компенсировать дальнейший рост максимальной высоты комля, стволы берез стали искривляться. Поэтому на крутых склонах трудно ожидать развитие и рост прямоствольных берез.

Таким образом, предлагаемое техническое решение основано на результатах фундаментальных исследований взаимного влияния комлевой части лесных деревьев, произрастающих как единая популяция и как микрогеотехническая система, десятилетиями на склоне оврага или холма.

Поэтому предлагаемый способ может быть применен в индикации не только лесного

рельефа, но и фитоиндикации тех мест произрастания берез, расположенных на склонах оврагов и холмов, берегов малых рек и озер. Минимальное количество деревьев на одной пробной площади в виде полосы вдоль склона определяется возможностью идентификации биотехнических закономерностей и должно быть не менее 30 деревьев.

5

Формула изобретения

1. Способ анализа роста и развития березы, произрастающей на склоне оврага или холма, включающий выбор пробной полосы леса поперек оврага или холма с расположенными вдоль нее деревьями, отличающийся тем, что у каждой березы на пробной полосе вдоль оврага или холма измеряют максимальную высоту комля от корневой шейки ствола до поверхности почвы на нижней стороне по склону оврага или холма и угол местного склона поперек общего склона места произрастания дерева, а для анализа роста и развития берез, произрастающих на склоне, по множеству измеренных параметров высоты комля берез и угла местного склона мест их произрастания статистическим моделированием выявляют взаимосвязь между высотой комля берез и углом местного склона мест их произрастания.

15

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что статистическое моделирование выполняют идентификацией многочленной однофакторной математической модели вида

20

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \sum_{i=1}^m y_i,$$

$$\varphi_1 = a_1 \exp(a_2 h_{\max}^{a_3}),$$

$$\varphi_2 = a_4 h_{\max}^{a_5} \exp(-a_6 h_{\max}^{a_7}),$$

25

$$y_i = b_{1i} h_{\max}^{b_{2i}} \exp(-b_{3i} h_{\max}^{b_{4i}}) \cos(\pi h_{\max} / (b_{5i} + b_{6i} h_{\max}^{b_{7i}}) - b_{8i}),$$

где φ - угол местного склона для места произрастания, град;

φ_1 - первая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого закона экспоненциального роста угла местного склона в зависимости от максимальной высоты комля у множества измеренных берез, град;

30

φ_2 - вторая детерминированная составляющая модели в виде устойчивого биотехнического закона, показывающего стрессовое возбуждение мест произрастания популяции берез по ускоренному увеличению угла местного склона на каком-то интервале изменения максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

35

y_i - волновые составляющие модели, показывающие колебательное возмущение места произрастания по углу местного склона в зависимости от максимальной высоты комля деревьев в популяции берез, град;

i - номер волновой составляющей в виде асимметричного вейвлет-сигнала о колебательном взаимодействии комля популяции берез с местами их произрастания, шт.;

40

m - общее количество волновых функций, зависящее от вычислительной возможности программной среды и погрешности измерений;

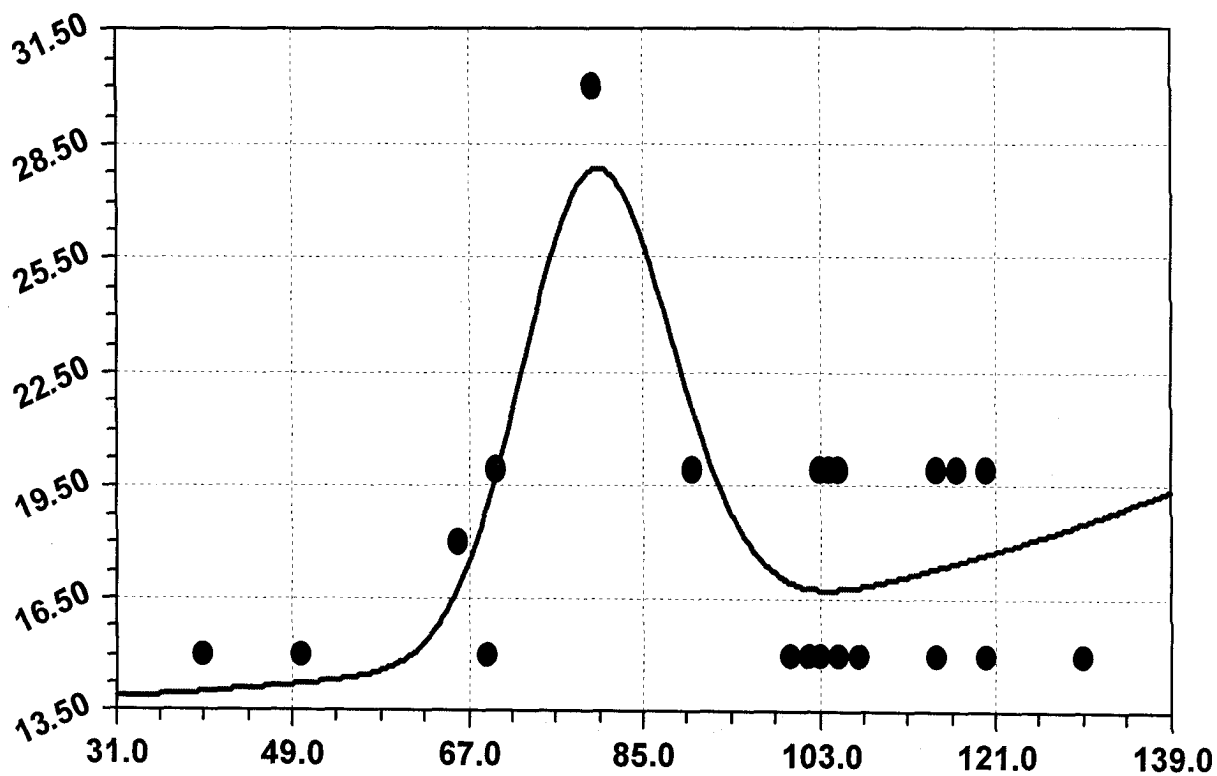
h_{\max} - максимальная высота пня со стороны комля ниже по склону оврага или холма, см;

45

$a_1 \dots a_7, b_1 \dots b_8$ - параметры статистической модели, численные значения которых выявляются в программной среде при обработке одного примера в виде массива исходных данных измерений максимальной высоты комля и угла местного склона места произрастания по всем березам из популяции.

S = 2.65068809

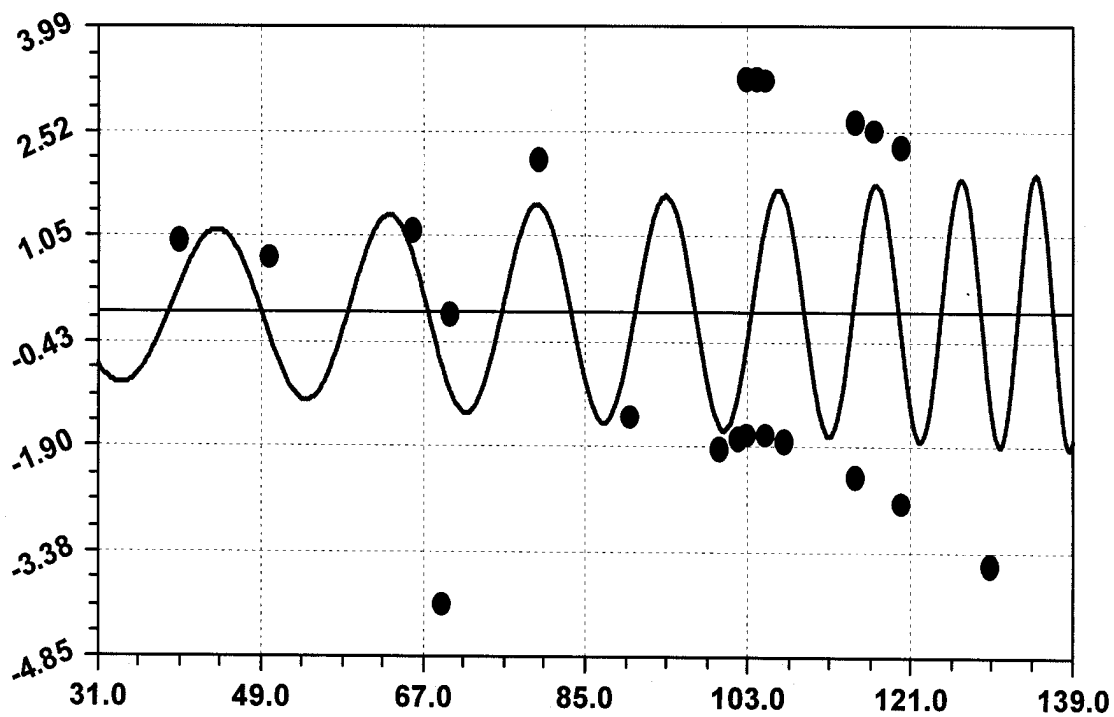
r = 0.72333974



Фиг. 2

S = 2.41710861

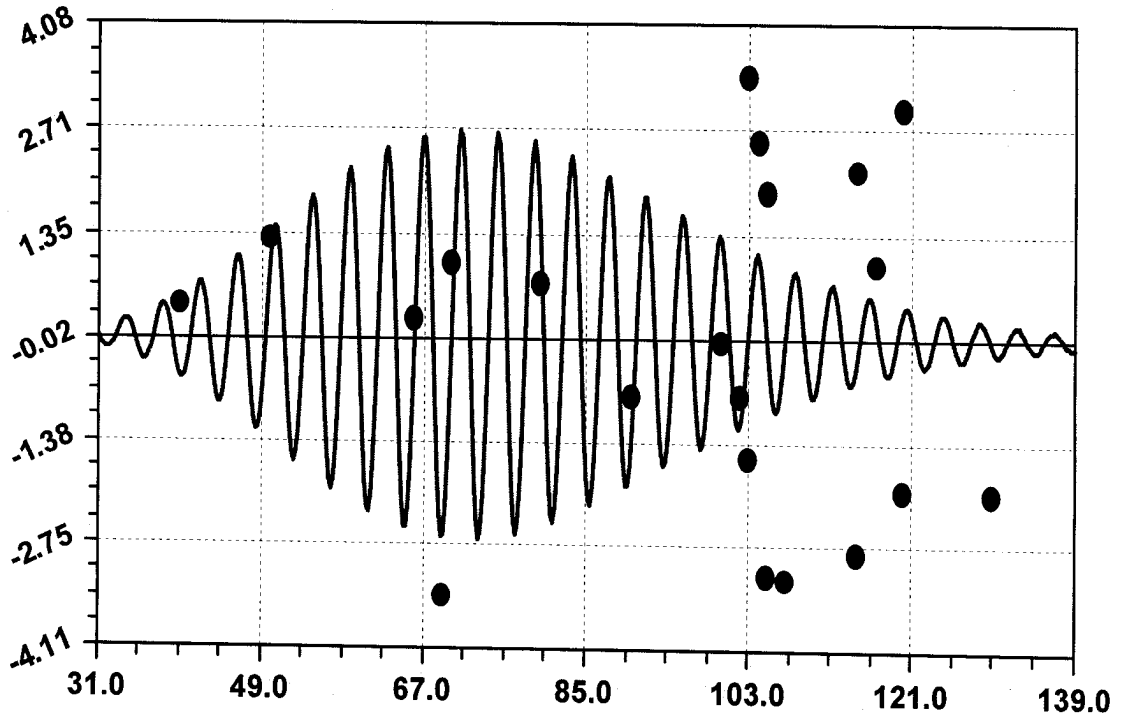
r = 0.45417063



Фиг. 3

S = 2.07155957

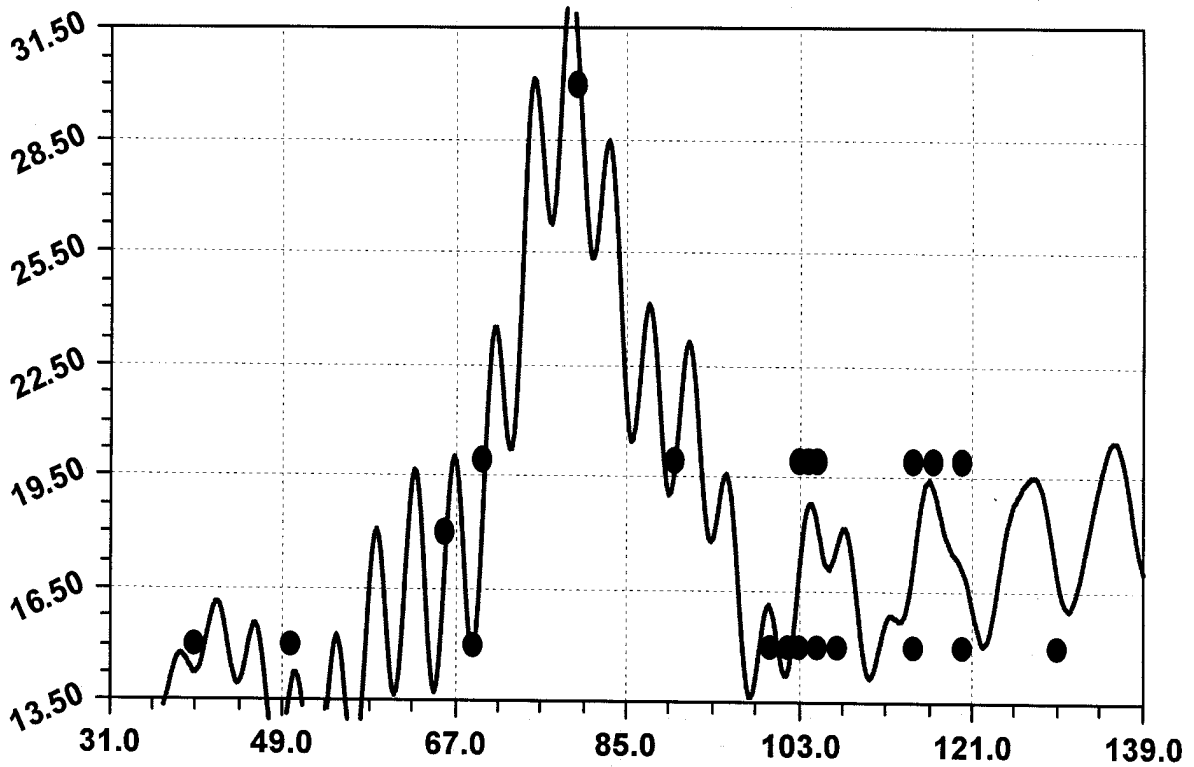
r = 0.39513297



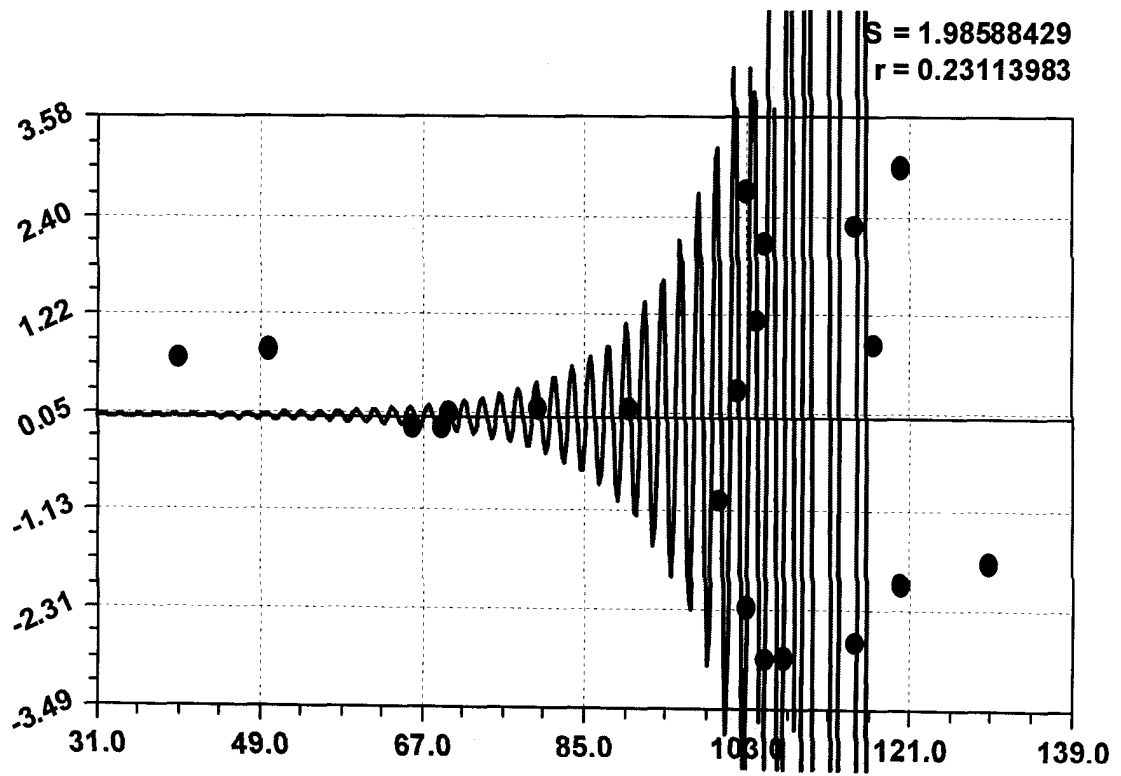
Фиг. 4

S = 2.88663297

r = 0.83161306



Фиг. 5



Фиг. 6