



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2010133214/28, 06.08.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**06.08.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **06.08.2010**(45) Опубликовано: **27.02.2012** Бюл. № 6(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2155472 C1, 10.09.2000. RU 2133565 C1, 27.07.1999. RU 2246696 C1, 20.02.2005. US 2006149470 A1, 06.07.2006. CN 101435873 A, 20.05.2009.**

Адрес для переписки:

**167982, г.Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28, Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, инновационная группа**

(72) Автор(ы):

**Елсаков Владимир Валериевич (RU),  
Володин Владимир Витальевич (RU),  
Чадин Иван Федорович (RU),  
Марушак Юрий Владимирович (RU)**

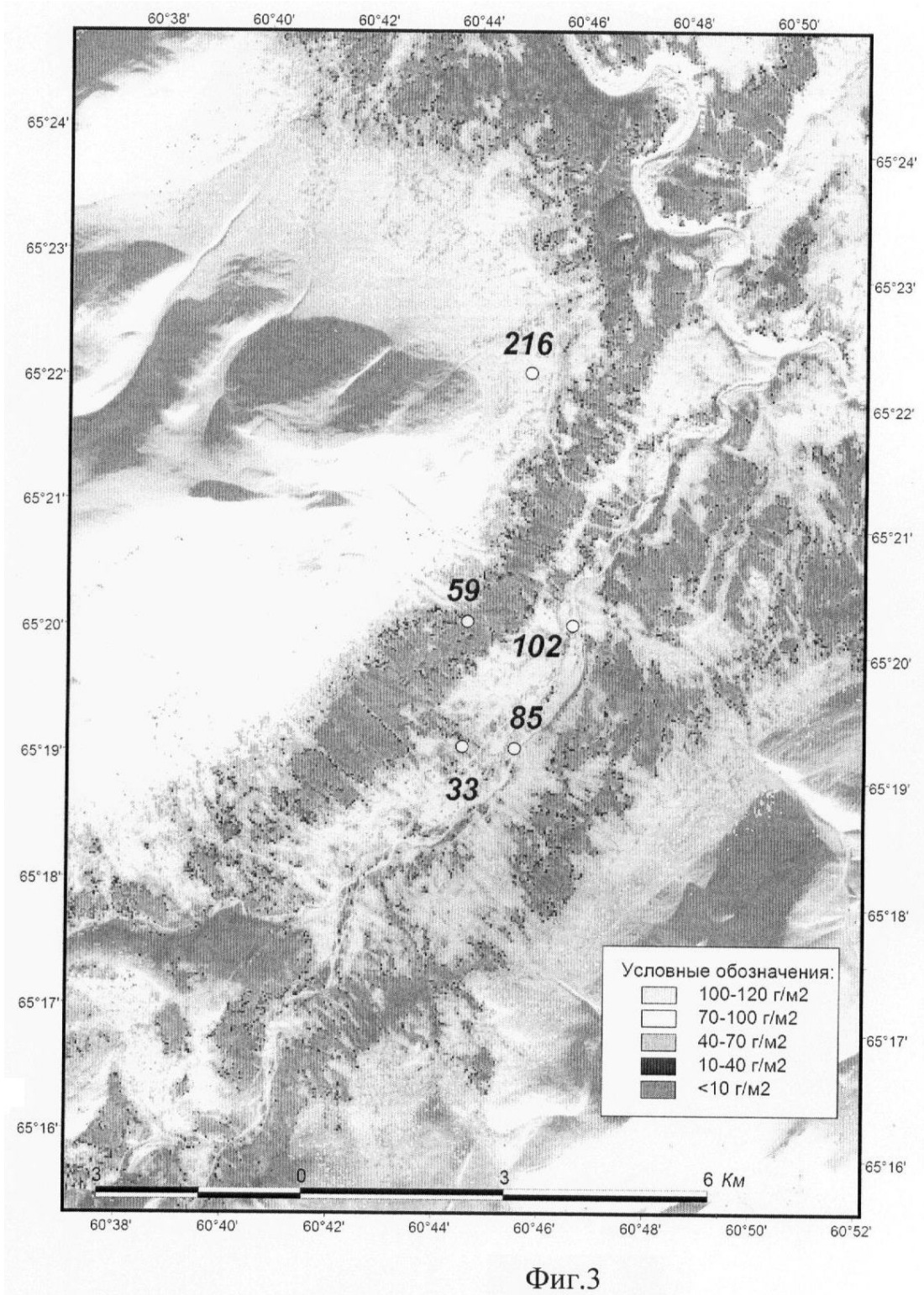
(73) Патентообладатель(и):

**Учреждение Российской академии наук  
Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения РАН (RU)****(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЗАПАСОВ РЕСУРСНЫХ И РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ КРУПНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ МАССИВОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области применения дистанционных методов исследований и может быть использовано для выявления местообитаний и картирования распространения ресурсных и редких видов растений и учета их запасов. Способ оценки распределения и запасов ресурсных и редких видов растений в пределах крупных территориальных массивов включает проведение маршрутных полевых наблюдений с использованием GPS/ ГЛОНАСС навигационных приемников для фиксации участков произрастания исследуемых популяций растений, подбор и обработку материалов спутниковой съемки, выявление связи между

спектральными характеристиками фиксированных участков и результатами полевых измерений, моделирование распределения и запасов с последующей проверкой полученных результатов и оценкой запасов ресурсных и редких видов растений. Техническим результатом является разработка способа, позволяющего оценить плотность ценопопуляций и запасов фитомассы на территориях большой протяженности на основе данных полевых исследований и анализа спектрональных спутниковых изображений высокого разрешения Landsat и позволяющего прогнозировать запасы растительного сырья для участка территории. 3 ил., 4 табл.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2010133214/28, 06.08.2010**(24) Effective date for property rights:  
**06.08.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **06.08.2010**(45) Date of publication: **27.02.2012 Bull. 6**

Mail address:

**167982, g.Syktyvkar, ul. Kommunisticheskaja, 28,  
Institut biologii Komi nauchnogo tsentra UrO RAN,  
innovatsionnaja gruppa**

(72) Inventor(s):

**Elsakov Vladimir Valerievich (RU),  
Volodin Vladimir Vital'evich (RU),  
Chadin Ivan Fedorovich (RU),  
Marushchak Jurij Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk Institut  
biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo  
otdelenija RAN (RU)**

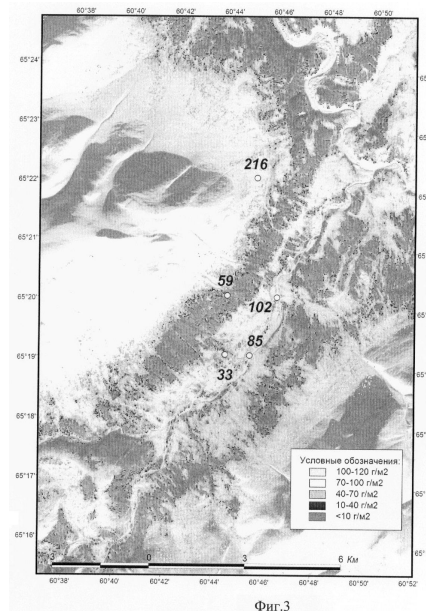
(54) **METHOD OF ESTIMATING DISTRIBUTION AND RESERVES OF RESOURCES AND ENDANGERED SPECIES OF PLANTS IN LARGE TERRITORIES**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method of estimating distribution and reserves of resources and endangered species of plants in large territories involves making route field observations using GPS/GLONASS navigation receivers to determine areas where the investigated plant populations are growing, selecting and processing satellite imaging materials, detecting a link between spectral characteristics of the determined areas and field measurement results, modelling distribution and reserves, followed by checking the obtained results and estimating reserves of resources and endangered plant species.

EFFECT: method which enables to estimate density of cenopopulations and reserves of phytomass on large territories based on field investigation data and analysis of high-resolution spectrozonal satellite images Landsat, and the method also enables to forecast reserves of plant material for part of the

territory.  
3 dwg

Изобретение относится к области применения дистанционных методов исследований и может быть использовано для выявления местообитаний и картирования распространения ресурсных и редких видов растений и учета их запасов.

5 Методы аэро- и спутникового мониторинга находят в настоящее время все большее применение в исследовании растительных ресурсов. Использование технологий дистанционных методов исследования для оценки запасов отдельных видов, групп или жизненных форм растений чаще всего обусловлено  
10 биоценотической природой формирования спектров отражения, где отдельные компоненты экосистем тесно связаны друг с другом, при этом в качестве индикационных признаков присутствия или обилия отдельных видов выступают характеристики природно-территориальных комплексов и их элементы {Косицин В.Н. Комплексный методический подход к учету и оценке ресурсов *Rubus chamaemorus* L. В южно-таежных лесах // Растительные ресурсы Т.33. Вып.2. 1997. С.87-91). Часто в качестве оцениваемых показателей выступают компоненты/доли признаков, полученные в ходе использования методов субпиксельного анализа (метод анализа спектральных смесей, SMA-анализ) (The'au J., Peddle D.R., Duguay C.R.  
15 Mapping lichen in a caribou habitat of Northern Quebec, Canada, using an enhancement-classification method and spectral mixture analysis // Remote Sensing of Environment 94 (2005) 232-243) или модели, связанные с привлечением спектральных индексов (Zhen-qi HU, Fen-qin HE, Jian-zhong YIN, Xia LU, Shi-lu TANG, Lin-lin WANG, Xiao-jing LI Estimation of fractional vegetation cover based on digital camera survey data and a remote sensing model //  
20 Journal of China University of Mining&Technology, №1, Vol.17. 2007. Pp.116-120).

Известен способ определения площади рельефа (RU патент 2255357, МПК G01V 9/00, G01C 7/00, опубл. 27.06.2005 г.), который включает съемку запланированных участков местности с борта космического аппарата, на котором устанавливают  
30 оптическую систему стереосъемки. Получают массив цифровых моделей местности аэрокосмическими средствами с высоким пространственным разрешением. Разбивают матрицу ЦММ участка местности на фрагменты. Вычисляют двумерный пространственный спектр и рассчитывают автокорреляционную функцию сигнала фрагмента по координатам  $b(x)$ ,  $b(y)$ . Определяют площадь рельефа численным  
35 интегрированием по специализированной программе для ПЭВМ поверхностного интеграла  $S=S[b(x), b(y)]$  в зависимости от расчетных величин  $b(x)$ ,  $b(y)$ .

Указанный способ относится к геодезии и может быть использовано в процессе кадастрового учета.

40 Известен способ оценки биомассы растительности (RU патент 2155472, МПК A01G 23/00, опубл. 10.09.2000), выбранный за прототип, включающий обработку изображений космических снимков различных географических районов, последовательное преобразование участков изображения в цифровые матрицы зависимости яркости от пространственных координат, вычисление числовых  
45 характеристик матриц, попиксельное совмещение матриц, элементы которых составлены из зональных отношений яркости спектрального изображения и матриц радиолокационного изображения тех же участков, затем осуществляют векторизацию элементов и получают результирующие матрицы, дополнительно  
50 вычисляют автокорреляционные функции результирующих матриц, запас биомассы участков рассчитывают по регрессионной зависимости.

Способ позволит производить оценку биомассы лесов и кустарников, однако этот способ не может быть применен для оценки распределения и запасов ресурсных и

редких видов растений.

Задачей изобретения является разработка способа, позволяющего оценить плотность ценопопуляций и запасов фитомассы на территориях большой протяженности на основе данных полевых исследований и анализа спектрозональных спутниковых изображений высокого разрешения Landsat и позволяет прогнозировать запасы растительного сырья для участка территории.

В этом состоит технический результат.

Технический результат достигается тем, что способ оценки распределения и запасов ресурсных и редких видов растений в пределах крупных территориальных массивов включает:

- выбор модельной территории в пределах крупных территориальных массивов;
- выполнение спектрозональной спутниковой съемки модельной территории с высоким разрешением и подбор ранее выполненных изображений из архивов данных, относящихся к разным сезонам наблюдений;

предобработка изображений путем топографической, радиометрической и атмосферной коррекции и пространственной привязки, составление временных серий изображений, относящихся к разносезонным и разногодовым периодам съемки;

- проведение полевых маршрутов и выявление местообитаний ресурсных и/или редких видов растений путем фиксирования их географических координат с применением GPS/ ГЛОНАСС навигационных приемников, установление количественных характеристик по исследуемым видам растений в разных местообитаниях, например, плотность распределения популяций, площадь покрытия, масса частей и/или органов и иных;

- выполнение классификации растительного покрова модельной территории в программных продуктах, предназначенных для обработки растровых изображений, например Erdas Imagine, ENVI, и иные и выделение доминирующих классов фитоценозов;

- последующее взаимное наложение изображений и точек с фиксированными географическими координатами выявленных местообитаний видов растений;

- анализ приуроченности зафиксированных точек местообитаний в шкалах облака рассеивания спектральных величин спутниковых изображений, например, по отдельным каналам, шкалам Tasseled Cap и иным для изображений разных сезонов и лет;

- моделирование потенциально возможных местообитаний для исследуемых видов растений по их расположению в облаке рассеивания спектральных величин по спутниковым изображениям с различными диапазонами варьирования доверительных интервалов;

- сопоставление контуров выделенных потенциально возможных местообитаний по разносезонным и разногодовым изображениям, выделение перекрывающихся областей;

- выявление математической зависимости между яркостными значениями пикселей спутниковых изображений для точек количественного учета исследуемого вида и количественными характеристиками популяций растений;

- построение тематического изображения распределения запасов по выявленной зависимости;

- оценку запасов ресурсных и редких видов растений на модельной территории по плотности распределения в пределах крупных территориальных массивов.

Способ осуществляется следующим образом.

Способ оценки распределения и запасов растительного сырья и отдельных видов растений в пределах крупных территориальных массивов, опробован для оценки плотности ценопопуляций и запасов фитомассы на примере алкалоидсодержащего растения *Aconitum septentrionale* Koelllr. (аконита северного). Создана карта прогноза 5 плотности запаса сырья *A. septentrionale* для участка территории Приполярного Урала. Ценность растения определяется содержанием органических кислот (транс-аконитовая), алкалоидов (мезаконитин, эксцельзин, аксин, аксинатин, лаппаконитин, циноктонин, септентрионалин, деацетиллаппаконитин).

10 Территория бассейна р. Кожим неоднородна в геоморфологическом плане, что нашло отражение в ландшафтно-геоботаническом районировании территории: равнинная территория отнесена к северо-восточной части Усинско-косвинского елово-березового округа, предгорная и горная к Южно-приполярно-уральскому округу [Производительные силы Коми АССР. Т.Ш. Ч.1. Растительный мир. Наука: 15 Санкт-Петербург, 1954. 378 с.]. Климатические особенности территории неоднородны и контрастны, что влияет на распределение доминирующих классов растительности. Суровость климатических условий, короткий вегетационный сезон в горной части (период активной вегетации 60 дней) [Непомилуева Н.И., Пахучий В.В., 20 Симонов Г.А. Древесная растительность горных долин Приполярного Урала // География и природные ресурсы, 1986 №4. С.73.], существенно лимитируют возможности продвижения растительного покрова. Привлечение временных серий (16-дневные композиты) изображений спутника Terra MODIS позволяет 25 установить, что период бесснежного покрова на территории всего бассейна изменяется по продолжительности от 152-168 дней на отдельных равнинных участках (1% территории бассейна), до 56-72 дней на большей части гольцового пояса (2.5%). На большей части территории (43.2%) (предгорная и равнинная части) продолжительность бесснежного периода варьирует в интервале 120-136 дней. 30 Растительный покров территории представлен преимущественно сочетаниями формаций тундровых и лесных типов растительности, выраженных в градиенте высотных и экологических условий. Большая часть территории не подверглась антропогенному влиянию, сохранила свои природные особенности и в 1995 г. включена в перечень объектов Всемирного наследия природы ЮНЕСКО.

35 Пространственную приуроченность растений аконита высокого на модельной территории бассейна р. Балбанью и верховий Кожима выявляли с помощью фиксирования координат местообитаний аконита, используя в ходе полевых маршрутов GPS-приемники GARMIN. Для территории отмечено порядка 300 точек. 40 На пяти участках проводили учет количественных показателей популяций аконита по признакам: плотность генеративных побегов, шт./м<sup>2</sup>, средняя численность товарных экземпляров, шт/м<sup>2</sup>, плотность запаса сырья наземных органов, г/м<sup>2</sup> и др. Плотность запаса сырья определяли методом модельных экземпляров [Методика 45 определения запасов лекарственных растений. М., 1986, 50 с.].

Доминирующие классы растительного покрова территории, после полевых исследований, выявляли по летним изображениям Landsat периода 1988-2009 гг. методами управляемой классификации в программной среде ENVI 4.6.1. Для более 50 точного разделения классов лиственных и еловых фитоценозов привлечены комбинации съемки различных сезонов (зимнего и летнего периода). Для калибровки данных, выделения эталонных участков и проверки результатов выполнены серии полевых выездов (7-10 апреля, 28 июня-11 июля, 16-22 августа 2009 гг.). Общая протяженность маршрутов порядка 200 км.

При моделировании потенциально возможных местообитаний (ПВМ) аконита высокого помимо полевых наблюдений, использовали характеристики, полученные на основании обработки разносезонных изображений Landsat. Для более полной характеристики основных экологических условий местообитаний проводили преобразование Tasseled Cap (TC), с генерацией шкал «Brightness», «Greenness» и «Wetness». Для этого использовали общепринятое [King, R. Tasseled Cap transformation Mississippi coastal corridor July 24, 2000 / R. King, Ch. O'Hara, L. Wang. - CGTS, Mississippi State University, 2001; Huang, Ch. Derivation of a Tasseled Cap transformation based on Landsat 7 satellite reflectance / Ch. Huang, B. Wylie, L. Yang, C. Homer, G. Zylstra. - Raytheon ITSS, USGS EROS Data Center Sioux Falls, USA, 2001. - 10 P.] отношение:

$$" Br, Gr, W" = a * D_1 + b * D_2 + c * D_3 + d * D_4 + e * D_5 + f * D_7 \quad (1)$$

где «Br, Gr, W» - значения соответствующих шкал,  $D_1$ - $D_7$  - величины отраженного излучения соответственно для каналов снимков Landsat TM/ETM+; a-f - коэффициенты преобразования TC для сенсоров ETM+ и TM). Расчет шкал проводили по двум разносезонным изображениям, приуроченным к началу и завершению вегетационного периода (23.06.1995 и 17.08.2006). Полученные спектральные величины в сопоставлении с данными полевых наблюдений (спектральные характеристики пикселов, отмеченных при GPS позиционировании) использовали для построения маски ПВМ аконита по каждому году с разными статистическими допусками варьирования параметров (1, 3, 5 и 10%). Перекрывающиеся области распределения вида разных сезонов использовали для создания общей маски ПВМ.

В качестве дополнительных параметров, характеризующих условия местообитаний вида в построенных масках, использовали независимые от спектральных величин критерии: характеристики рельефа (абсолютные высоты, экспозиция, угол наклона), полученные по данным радарной топографической съемки разрешения 30 м (SRTM, Shuttle Radar Topography Mission), сомкнутость древесного и кустарникового покрова. Для учета сомкнутости крон древесного и кустарникового ярусов проведено сравнение результатов тематической обработки спутниковых изображений, датированных второй половиной зимы за период наблюдений с 1988 по 2006 гг. При обработке использовали принципы декомпозиции спектральных смесей (SMA-анализ) [Барталев С.А., Ховратович Т.С., Елсаков В.В. Использование спутниковых изображений для оценки потерь углерода лесными экосистемами в результате вырубок // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М.: ООО «Азбука-2000», 2009. Вып.6. Т.2. С.343-352]

исходя из положения, что соответствующая пикселу яркость может быть выражена линейной функцией взвешенных яркостей отдельных, составляющих его контрастных компонент. Доля компонент при этом принимается пропорционально их площади в проекции на земную поверхность, что позволяет количественно оценить вклад отдельных компонент в пикселах изображения. В качестве «чистых компонент» использовали параметры, полученные для открытых пологих заснеженных участков (сомкнутость крон равна 0), и характеристики участков с максимально-сомкнутым древостоем (сомкнутостью крон 0.9-0.95). Расчет значений сомкнутости для пикселов изображения по крайним элементам значений (0-100%) выполнено с использованием возможностей программного пакета ENVI.

Моделирование распределения запасов вида на территории предгорной и горной части Приполярного Урала выполнено на основании выявленной связи между спектральными величинами фиксированных участков и результатами полевых

измерений.

В ходе выполнения классификации растительного покрова территории выделено 18 классов поверхности, из них 14 представлены доминирующими на территории фитоценозами (фиг.1). Отмеченные в ходе полевых маршрутов местообитания аконита (порядка 300 точек) приурочены к сообществам тундровых, лесных и интразональных типов растительности. Все многообразие участков, на которых были отмечен вид, представлено в 6 выделенных классах (табл.1).

Таблица 1	
Доминирующие классы сообществ, в которых отмечены растения аконита.	
	Лесные сообщества:
	- Долинные темнохвойные леса (СК 0.7-0.9) выполаженных склонов на суглинистых почвах с доминированием <i>Picea obovata</i> , с примесью лиственных: <i>Betula pubescens</i> , <i>B.tortuosa</i> , травяно-зеленомошные.
	- Ерниковые леса (СК 0.6-0.7) из <i>Picea obovata</i> и <i>Larix sibirica</i> облика крайне северной тайги с примесью преимущественно ерничково-зеленомошных. В моховом покрове примесь кустистых лишайников.
	- Лиственничные ерничково-зеленомошные леса (СК 0.4-0.6) пологих склонов и речных долин с близким залеганием скальных пород.
	- Тундровые сообщества
	- Крупноерниковые травяно-моховые. В кустарниковом ярусе доминирует <i>B.nana</i> , часто в смеси с <i>Salix glauca</i> , <i>S.phylicifolia</i> . Присутствие кустарничков (багульник, брусника, голубика, водяника), в травянистом (морозка, осоки, злаки).
	- Интразональные сообщества:
	- Ивняки травяные. В кустарниковом ярусе <i>S.viminalis</i> , <i>S.glauca</i> , <i>S.phylicifolia</i> . Среди трав обычны виды осок ( <i>C.aquatilis</i> ) разнотравья - <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Rubus arcticus</i> , <i>Ranunculus repens</i> , <i>Pedicularis lapponica</i> и <i>P.palustris</i> , <i>Veronica longifolia</i> , <i>Myosotis palustri</i> , <i>Viccia cracca</i> и <i>V.sepium</i> и: <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Calamagrostis neglecta</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Poa pratensis</i> . Мхи родов <i>Campyllum</i> , <i>Drepanocladus</i> , <i>Mnium</i> , <i>Pseudobryum</i> .
	- Крупнотравные луга пологих склонов гор и нивальные луга.

В период проведения полевых наблюдений растения аконита высокого были встречены в растительных сообществах в диапазоне высот от 318 до 677 м над у. м. (среднее  $394 \pm 4$  м,  $p=0.95$ ,  $N=300$ ), на разноориентированных склоновых поверхностях. Порядка 37% обследованных биотопов имели восточную, 24% юго-восточную и 18% северо-восточную экспозицию. В меньшей степени были представлены биотопы других экспозиций (менее 6%), что связано преимущественно с большей протяженностью пеших маршрутов на склонах восточной ориентации (басс. р.Балбанью), с другой - меньшей нарушенностью данной территории (пожарами и рубками). Рост растений был отмечен на склонах, имеющих незначительный и средний уклон поверхности: диапазон варьирования значений  $0.4-9.9^\circ$  при средних величинах  $3.7 \pm 0.19$  ( $p=0.95$ ,  $N=300$ ).

Верхние границы леса, как правило, определяются средней 10-градусной изотермой летних месяцев или только июля для условий сомкнутого леса [Горные леса / Синицин С.Г., Агеенко А.С., Гулисашвили В.З., Калущий К.К., Коваль И.П. и др. М.: Лесн. пр-ть, 1979. - 200 с.], присутствие аконита в тундровых сообществах высокогорий Урала, приуроченность растений к разным сообществам и формам рельефа демонстрируют широкую экологическую пластичность вида. В лесных сообществах отмеченных местообитаний сомкнутость крон древесных пород не превышала 74%.

В изученных ценопопуляциях общая плотность запаса сырья надземной сухой фитомассы варьировала в пределах от  $27.4 \pm 4.7$  г/м<sup>2</sup> (ценопопуляции, произрастающие в ивняковых зарослях (ивняк аконитовый)) до  $216.8 \pm 46.9$  г/м<sup>2</sup> (ивняк аконитово-разнотравный среди лиственничника) и в среднем составила  $33.1 \pm 9.1$  г/м<sup>2</sup>, при коэффициенте вариации  $Cv=69.0\%$  (табл.2).

Таблица 2



Количественные характеристики отдельных ценопопуляций аконита высокого в районе исследований			
Номер ценопопуляции	Плотность запаса сырья в г сухой массы/м <sup>2</sup>		Средняя численность товарных экземпляров, шт./м <sup>2</sup>
	надземных органов	подземных органов	
17A1	27.4±4.7	11.2±1.8	
18A2	58.9±11.8	19.6±3.8	1.41±0.17
19A3	101.9±18.7	9.5±1.8	2.64±0.38
20A4	216.8±46.9	30.0±4.8	1.65±0.24
21AC1	60.3±16.8	18.5±3.6	3.00±0.38
22AC2	85.0±21.9	7.5±1.6	2.25±0.36
Среднее арифметическое	33.1±9.1	15.1±1.2	1.35±0.24

Плотность запасов подземных частей аконита высокого примерно в 2.5 раза меньше плотности запаса надземной части. При этом величины линейно связаны между собой (коэффициент корреляции  $r=0.92$ , вероятность нулевой гипотезы = 0.003). Как следствие этого, закономерности, выявленные для надземной массы растений, характерны и для урожайности их подземных частей. Выявлена сильная связь между плотностью товарных экземпляров аконита на единицу площади и плотностью запасов подземных частей ( $r=0.96$ , вероятность нулевой гипотезы = 0.003).

Все многообразие спектральных значений изображения модельного участка может быть представлено в виде облака рассеивания в пределах соответствующих шкал. При этом спектральные величины, полученные для фиксированных точек местообитаний с выявленными растениями аконита, обнаруживают значительную вариабельность в пределах облака рассеивания разносезонных изображений шкал ТС (фиг.2). Так, в пределах шкал «Greenness» - «Wetness» (фиг.2 (А)) распределение точек локализовано в четырех областях, что подтверждает высокую степень эвритопности данного вида. Полученные группы демонстрируют возможные начальные этапы дивергенции вида и дают общую оценку степени экологической пластичности. Использование шкал позволяет разделить сообщества по запасу фотосинтетически активной биомассы и условиям увлажнения. Наиболее высокие значения по оси «Greenness» (0.2-0.29) отмечены для массива точек местообитаний ерниковых и смешанных (с *Betula tortuosa*) лиственничников, травяных ивняков. Снижение показателя до 0.1-0.15 приурочено к тундровым фитоценозам (ерниково-моховые тундры) и ельникам. В пределах данного класса отмечено разделение группы на две обособленные области, различающиеся по степени увлажнения (шкала «Wetness»). Наибольшая степень увлажнения отмечена для еловых фитоценозов (от - 0.05 до - 0.03). Наиболее низкими величинами фитомассы («Greenness» от 0.01 до 0.04) характеризовались сообщества пологих склонов гор - склоновых и нивальных лугов. Часто местообитания аконита данной группы сообществ были расположены в пределах участков с изрезанным рельефом, окружены обнажениями скальных пород, что в целом оказывало влияние на формирование суммарного спектрального значения в пикселе (30×30 м).

На основании установленного облака рассеяния точек были построены маски, учитывающие ПВМ растений аконита в районе исследований. При выборе таких участков допускали возможность варьирования экологических условий, относительно фиксированной точки. Для этого, вокруг выделенного в облаке рассеивания пиксела, представляющего одно местообитание, формировали окружность с радиусом, равным 1, 3, 5 и 10% изменчивости, по всему диапазону вариабельности анализируемого признака.

Анализ представленности выделенных местообитаний аконита на модельном участке в предгорной и горной области Приполярного Урала площадью 3.6 тыс. км<sup>2</sup> показал, что при использовании наиболее низкого порога вариабельности (1%) происходит выделение от 1.3% (изображение начала периода вегетации 23.06.1995) до 4.2% (вторая половина вегетационного периода, изображение 17.08.2006) пикселей в зависимости от сезона съемки (табл.3). Рост допустимых величин изменчивости до 10%, увеличивает выделенную область до 52.2-56.3%, соответственно. Перекрывание выделенных областей между изображениями разных лет при разной степени вариабельности отмечено в пределах от 0.2% до 43.8% изображения, при 1% и 10% вариабельности соответственно. Полученные методы позволяют проводить выделение ПВМ ресурсных, нуждающихся в охране или редких видов растений, составлять тематические карты ареала их возможного распространения.

Наличие данных по количественному учету запаса отдельных ценопопуляций аконита, полученных для фиксированных местообитаний (табл.3) и связанных с точками наблюдений серий спектральных величин по выделенным участкам, позволило оценить наличие коррелятивных связей между рассматриваемыми величинами.

Роль доверительных интервалов при выделении маски ПВМ по индивидуальным значениям спектральных величин для фиксированных точек (%)					
	23.06.1995	1%	3%	5%	10%
17.08.2006	для отдельных лет, %:	1.3	18.2	32.9	52.2
1%	4.2	0.2	2.2	3.4	4.1
3%	26.4	0.9	12.2	19.7	24.7
5%	36.7	1.1	15.2	25.2	33.2
10%	56.3	1.3	17.3	30.1	43.8

Выявленные связи использовали для экстраполяции данных количественного учета на участки выделенных ПВМ (фиг.3). В ходе выполненного моделирования были установлены плотность распределения особей аконита и запас на территории модельного участка. Анализ гистограммы распределения пикселей изображения, полученного в ходе выполненного моделирования, показал, что рост степени вариабельности (от 1 к 10%) расширяет диапазон варьирования значений показателя. Так, варьирование значений фитомассы, полученных в ходе использования модели и маски ПВМ с интервалом 1%, были ограничены значениями 160 г/м<sup>2</sup>, 3% - 250 г/м<sup>2</sup>, 5% - 255 г/м<sup>2</sup>, 10% - 355 г/м<sup>2</sup>.

В ходе анализа полученного изображения установлено, что средний запас надземной фитомассы аконита в выделенных сообществах варьировал от 54.5 т/км<sup>2</sup> (1%-й уровень вариабельности), до 95.5 т/км<sup>2</sup> (10%), при этом, диапазон полученных средних значений входит в интервал, который наблюдали при выполнении полевых измерений (запас надземной фитомассы аконита варьировал в пределах 22.4-216.8 т/км<sup>2</sup>) (табл.4).

Оценка запасов надземной фитомассы аконита на территории предгорной и горной части Приполярного Урала (2.8 тыс км <sup>2</sup> )				
Показатели:	Допустимые пороги вариабельности			
	1%	3%	5%	10%

площади местообитаний аконита, км <sup>2</sup> (в % от всего участка)	0.61 (0.02)	128.1 (4.5)	522.0 (18.7)	1124.7 (68.5)
Общий запас надземной фитомассы на модельном участке предгорной и горной части басс.р.Кожим, т	33.2	8796.6	42388.0	107394.6
Средний запас в сообществах (т/км <sup>2</sup> )	54.4	68.7	81.2	95.5

10      Общий запас надземной фитомассы на модельной территории (2.8 тыс. км<sup>2</sup>) при 1%-ном уровне варьирования оценен в 33.2 т.

15      Таким образом, на примере басс. р. Кожим показан способ оценки плотности ценопопуляций и запасов фитомассы ресурсного вида - аконита северного (*Aconitum septentrionale*), на основе анализа спектрозональных спутниковых изображений высокого разрешения Landsat. Для прогноза обнаружения местообитаний растения и оценке количественных характеристик теоретически обоснован учет облака рассеивания точек, имеющих фиксированные географические координаты, полученные в ходе GPS-позиционирования местообитаний, в шкалах спектральных величин изображения. Привлечение дополнительных параметров (цифровая модель рельефа, сомкнутость древостоя, увлажненность местообитаний) позволяет повысить степень достоверности прогноза. Способ может быть использован для выявления начальных этапов дивергенции и оценки экологической пластичности исследуемых видов.

#### Формула изобретения

30      Способ оценки распределения и запасов ресурсных и редких видов растений в пределах крупных территориальных массивов, включающий выбор модельной территории в пределах крупных территориальных массивов, выполнение спектрозональной спутниковой съемки модельной территории с высоким разрешением и подбор ранее выполненных изображений из архивов данных, относящихся к разным сезонам наблюдений, предобработку изображений путем топографической, радиометрической и атмосферной коррекции и пространственной привязки, составление временных серий изображений, относящихся к разносезонным и разногодовым периодам съемки, проведение полевых маршрутов и выявление местообитаний ресурсных и/или редких видов растений путем фиксирования их географических координат с применением GPS/ ГЛОНАСС навигационных приемников, установление количественных характеристик по исследуемым видам растений в разных местообитаниях, например плотность распределения популяций, площадь покрытия, масса частей и/или органов и иных, выполнение классификации растительного покрова модельной территории в программных продуктах, предназначенных для обработки растровых изображений, например Erdas Imagine, ENVI и иные, и выделение доминирующих классов фитоценозов, последующее взаимное наложение изображений и точек с фиксированными географическими координатами выявленных местообитаний видов растений, анализ приуроченности зафиксированных точек местообитаний в шкалах облака рассеивания спектральных величин спутниковых изображений, например, по отдельным каналам, шкалам Tasseled Cap и иным для изображений разных сезонов и лет, моделирование потенциально возможных местообитаний для исследуемых видов растений по их расположению в облаке рассеивания спектральных величин по спутниковым

изображениям с различными диапазонами варьирования доверительных интервалов, сопоставление контуров выделенных потенциально возможных местообитаний по разносезонным и разногодовым изображениям, выделение перекрывающихся областей, выявление математической зависимости между яркостными значениями пикселей спутниковых изображений для точек количественного учета исследуемого вида и количественными характеристиками популяций растений, построение тематического изображения распределения запасов по выявленной зависимости, оценку запасов ресурсных и редких видов растений на модельной территории по плотности распределения в пределах крупных территориальных массивов.

15

20

25

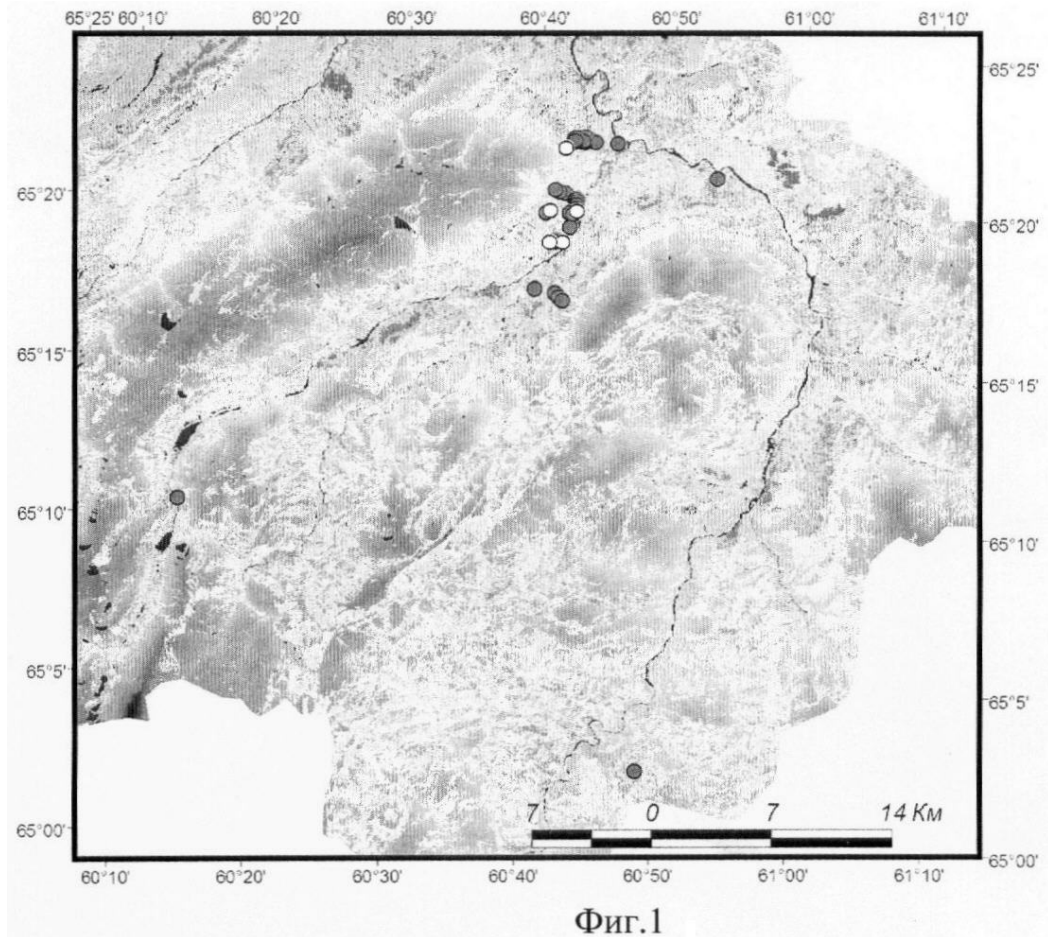
30

35

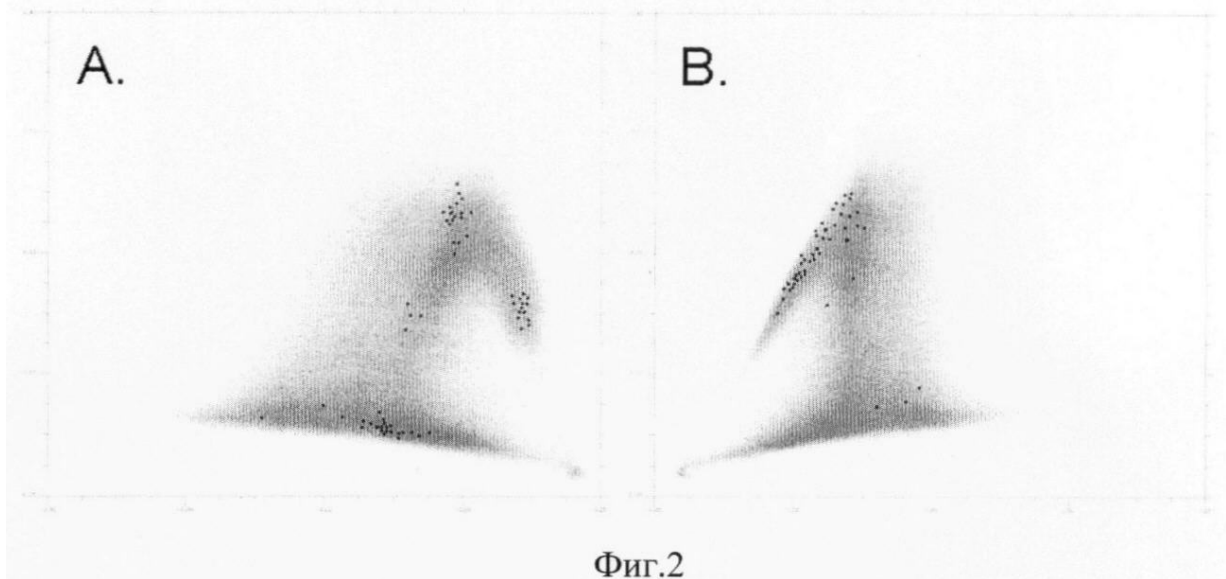
40

45

50



Фиг.1



Фиг.2