



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007119600/09, 28.05.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.05.2007

(45) Опубликовано: 10.09.2008 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: US 6241143 B1, 24.07.2001. RU 2245515
 C2, 27.01.2005. RU 2199803 C2, 27.02.2003. RU
 2046311 C1, 20.10.1995. RU 2193217 C2,
 20.11.2002. US 6265974 B1, 24.07.2001. EP
 0544173 A1, 02.06.1993. US 5386953 A,
 07.02.1995. EP 0297737 A2, 04.01.1989.

Адрес для переписки:

123242, Москва, ул. Дружниковская, 9, ООО
 "АМТ", С.С. Машурову

(72) Автор(ы):

Машуров Сергей Сэмович (RU),
 Захаров Александр Иванович (RU),
 Красногорский Михаил Георгиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

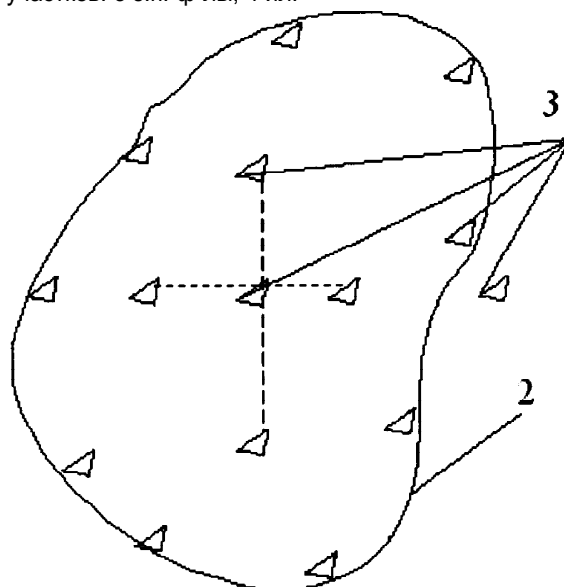
ООО "Аэрокосмический мониторинг и
 технологии" (АМТ) (RU)

(54) СПОСОБ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ КАРСТОВЫХ И/ИЛИ ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, ЖЕЛЕЗНЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технической диагностике состояния железных, автомобильных дорог и подземных трубопроводов, к оценке опасности карстовых и оползневых участков землеотводов вдоль полотен железных, автомобильных дорог и трасс трубопроводов методами дистанционного зондирования из космоса. Достижимым техническим результатом является повышение безопасности эксплуатации магистральных газопроводов, железных и автомобильных дорог. Заявленный способ включает радиолокационное космическое зондирование земной поверхности с помощью установленного на космическом аппарате радиолокационного интерферометра, при этом предварительно выявляют опасные в карстовом и оползневом отношениях зондируемые районы, создают цифровые матрицы рельефа почвенного контроля и полей когерентности на выявленные опасные районы, выделяют внутри выявленных опасных районов активные участки и фиксируют на них изменения рельефа, после чего по периметру и в центральной зоне этих участков производят определенным образом установку и закрепление

пассивных искусственных отражателей радиолокационного сигнала и выполняют периодический контроль изменений положения отражателей и рельефа почвенного покрова участков. 3 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007119600/09, 28.05.2007**(24) Effective date for property rights: **28.05.2007**(45) Date of publication: **10.09.2008 Bull. 25**

Mail address:

**123242, Moskva, ul. Druzhnikovskaja, 9, OOO
"AMT", S.S. Mashurovu**

(72) Inventor(s):

**Mashurov Sergej Sehmovich (RU),
Zakharov Aleksandr Ivanovich (RU),
Krasnogorskij Mikhail Georgievich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**OOO "Aehrokosmicheskij monitoring i
tekhnologii" (AMT) (RU)**

(54) **METHOD FOR MONITORING DANGEROUS KARST AND/OR SLIDE OF SECTIONS MAIN PIPELINE RAILWAYS AND AUTO-ROAD WAYS**

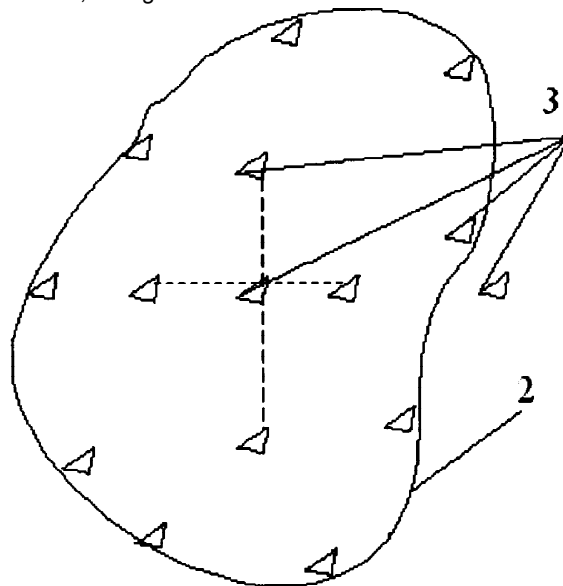
(57) Abstract:

FIELD: constructional engineering.

SUBSTANCE: invention refers to technical diagnostics of railways, highways and buried pipelines condition, to estimation of dangerous karst and slide land uptakes along railway beds auto-road ways and pipeline sections by methods of space remote sensing. Proposed method includes radar space sensing of earth surface using radar interferometer installed on spacecraft. Dangerous karst and slide sensed regions are preliminary detected. Digital matrixes of soil control relief and coherence fields are formed on detected dangerous regions. Within detected dangerous regions, the active sections are detected and relief variations are fixed. Passive artificial radar signal reflector are mounted and fixed on rigid ground-joined foundation along the perimeter and in the centre of the said regions. Changes in position of reflectors and region soil cover relief are periodically inspected.

EFFECT: increased operation safety of main gas pipelines, railways and highways.

4 cl, 4 dwg

**Фиг.1**

Изобретение относится к технической диагностике состояния железных, автомобильных дорог и подземных трубопроводов, к оценке опасности карстовых и оползневых участков землеотводов вдоль полотен железных, автомобильных дорог и трасс трубопроводов методами дистанционного зондирования из космоса с применением технологии

5 космической радиолокационной интерферометрии.

Известен способ мониторинга участков магистральных трубопроводов, включающий зондирование земной поверхности с помощью лазерного интерферометра и измерение колебания земной поверхности в месте прокладки магистрального подземного трубопровода и по колебанию земной поверхности, определение места утечки
10 перекачиваемой среды из трубопровода (см. патент US №4172382, кл. G01M 3/24, 30.10.1979).

Данный способ мониторинга позволяет определить место утечки перекачиваемой среды из подземного трубопровода без проведения землеройных работ. Однако данный способ не позволяет использовать космические аппараты для проведения мониторинга, что в
15 значительной степени усложняет и удорожает процесс мониторинга, а в ряде случаев, например при прокладке трубопровода в труднодоступных, заросших растительностью местах, практически не применим.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является способ мониторинга земной поверхности, включающий радиолокационное
20 космическое зондирование земной поверхности путем измерения расстояния до определенной точки на земной поверхности с помощью установленного на космическом аппарате, например спутнике, радиолокационного интерферометра (см. патент US №6264143, кл. G01S 13/00, 24.07.2001).

Данный способ мониторинга позволяет определить расстояние и месторасположение
25 исследуемой точки на земной поверхности с помощью нескольких космических аппаратов. Однако данный способ недостаточно надежен, поскольку не учитывает влияния климатических сезонных явлений, в частности дождя и снега, которые приводят к изменению состояния земной поверхности и при этом не оказывают влияния на процессы ухудшения состояния земной поверхности в результате оползней и развития опасных
30 процессов, например просадки грунта, в карстовых местах, что снижает достоверность получаемой информации и повышает трудоемкость проведения достоверного мониторинга опасных карстовых и оползневых участков.

Задачей, на решение которой направлено настоящее изобретение, является разработка способа мониторинга карстовых и оползневых участков с помощью космических аппаратов.
35 Техническим результатом, достигаемым при использовании изобретения, является повышение достоверности и снижение трудоемкости получаемой информации при зондировании поверхности земли в карстовых и оползневых участках поверхности и раннее определение опасных процессов на этих участках, что позволяет повысить безопасность эксплуатации на этих участках земной поверхности магистральных газопроводов, железных
40 и автомобильных дорог.

Указанная задача решается, а технический результат достигается за счет того, что способ мониторинга опасных карстовых и оползневых участков магистральных трубопроводов, железных и автомобильных дорог включает радиолокационное
45 космическое зондирование земной поверхности путем измерения расстояния до определенной точки на земной поверхности с помощью установленного на космическом аппарате, например спутнике, радиолокационного интерферометра, при этом предварительно выявляют опасные в карстовом и оползневом отношении зондируемые районы с использованием космической дифференциальной интерферометрии, создают цифровые матрицы рельефа почвенного контроля и полей когерентности на выявленные
50 опасные районы, выделяют внутри выявленных опасных районов активные участки и фиксируют на них изменения рельефа, после чего по периметру и в центральной зоне этих участков производят установку и закрепление на жестком, связанном с грунтом, основании пассивных искусственных отражателей радиолокационного сигнала и

выполняют периодический контроль изменений положения отражателей и рельефа почвенного покрова участков, при этом, по крайней мере, один отражатель устанавливают в геометрическом центре активного участка и, по крайней мере, один отражатель устанавливают вне зоны активного участка, причем отражатели устанавливают друг от друга на расстоянии не менее 3Δ , где Δ - линейная разрешающая способность космического радиолокационного интерферометра, а все отражатели устанавливают с возможностью их поворота по азимуту на $\pm 180^\circ$ и в вертикальной плоскости на 90° , а в исходном состоянии отражатель устанавливают под углом к горизонтالي от 30° до 80° .

Вокруг отражателя в геометрическом центре предпочтительно устанавливают, по крайней мере, четыре отражателя с образованием геометрической фигуры «крест».

Отражатель, установленный вне активного участка, может быть расположен с возможностью изменения его положения по высоте на величину $\pm \lambda$, где λ - длина волны радиолокационного сигнала.

Периодический контроль изменения положения отражателей и рельефа почвенного покрова проводят предпочтительно через 12-19 суток.

В ходе проведенных исследований было установлено, что различные погодные условия накладывают ряд ограничений на проведение мониторинга земной поверхности. В частности, выпадение снега может до неузнаваемости изменить рельеф зондируемого участка, что не позволит вовремя установить изменения на опасных, например карстовых, участках. Не менее сложные проблемы возникают в случае выпадения дождей и образования на обследуемых участках луж. Обследуемый участок может зарости густой растительностью, что не позволит приборам обследовать непосредственно земную поверхность. В этих условиях наиболее целесообразно размещение на обследуемой территории пассивных искусственных отражателей. Кроме того, установка пассивных искусственных отражателей позволяет добиться совпадения максимума диаграммы направленности с направлением на локатор интерферометра на траверсе съемки. Однако практически невозможно всю территорию обставить отражателями, поскольку, с одной стороны, это практически невозможно чисто технически, а с другой стороны, не представляется возможным обработать такой огромный объем постоянно поступающей информации и выделить из нее на ранних стадиях информацию о подвижках земной поверхности. Поэтому экономически наиболее целесообразно вначале выделить территорию, требующую контроля, а именно территорию, по которой проходят магистральные газопроводы, железные и автомобильные дороги, а затем на этой территории выделить опасные участки, которые затем можно постоянно контролировать. Было установлено, что наиболее достоверную информацию удастся получить в случае расположения, по крайней мере, одного отражателя в геометрическом центре активного в карстовом или оползневом отношении участка и установки, по крайней мере, одного отражателя вне зоны активного участка, причем отражатели должны быть установлены друг от друга на расстоянии не менее 3Δ , где Δ - линейная разрешающая способность космического радиолокационного интерферометра. При этом все отражатели устанавливают с возможностью их поворота по азимуту на $\pm 180^\circ$ и в вертикальной плоскости на 90° , а в исходном состоянии отражатель устанавливают под углом к горизонтали от 30° до 80° . Установка отражателя вне зоны активного участка дает возможность проводить периодически калибровочную съемку и учитывать такие особенности космического аппарата, как угол наклона орбиты и высоту орбиты космического аппарата над местом съемки, а также изменение траектории полета космического аппарата, в том числе и в результате коррекции орбиты полета космического аппарата, причем в ходе исследований была установлена наиболее оптимальная периодичность съемки каждого конкретного опасного района, которая составляет от 12 до 19 суток. На это же направлена возможность поворота отражателей по азимуту и в вертикальной плоскости. Выполнение съемки активного участка с расположением в нем нескольких отражателей с образованием строго определенных геометрических фигур, например треугольника, прямоугольника или многоугольника,

позволяет повысить достоверность полученной информации при незначительном увеличении обрабатываемой информации. Наилучшие результаты были получены при расположении отражателей на активном участке с образованием фигуры «крест».

В результате удалось добиться минимизации вклада сигнала, отраженного от поверхности земли, в суммарную величину сигнала на выходе системы обработки полученной информации, при этом удалось добиться минимального ухудшения условий когерентности сигналов при интерферометрической съемке, а также возможного искажения диаграммы обратного рассеяния при попадании на его апертуру сигналов, переотраженных от подстилающей поверхности или окружающих объектов, а также обеспечить в ходе калибровки повышение точности результатов путем периодического изменения высоты части отражателей и сравнение полученных после обработки данных радиолокационной космической интерферометрии значений высоты пассивных искусственных отражателей, например уголковых отражателей, с априорными данными.

На фиг.1 схематически показано расположение отражателей на активном участке.

На фиг.2 представлена схема ориентации пассивного искусственного отражателя на космический аппарат.

На фиг.3 представлен фронтальный вид пассивного искусственного отражателя.

На фиг.4 представлен вид сбоку на пассивный искусственный отражатель.

Система мониторинга опасных карстовых и оползневых участков магистральных трубопроводов, железных и автомобильных дорог включает установленные на нескольких космических аппаратах 1 или на одном космическом аппарате 1, например искусственном спутнике, радиолокационный интерферометр. На предварительно выявленном опасном в карстовом и/или оползневом отношении зондируемых районах выявляют активные участки. На фиг.1 показана граница 2 такого активного участка. По периметру и в центральной зоне каждого активного участка установлены и закреплены на жестком, связанном с грунтом, основании пассивные искусственные отражатели 3 радиолокационного сигнала. По крайней мере, один отражатель 3 устанавливают в геометрическом центре активного участка и, по крайней мере, один отражатель 3 устанавливают вне зоны активного участка (вне границы 2 на фиг.1), причем отражатели 3 установлены друг от друга на расстоянии не менее 3Δ , где Δ - линейная разрешающая способность космического радиолокационного интерферометра, а все отражатели 3 установлены с возможностью их поворота по азимуту на $\pm 180^\circ$ и в вертикальной плоскости на 90° , а в исходном состоянии отражатели 3 устанавливают под углом к горизонтали от 30° до 80° .

Вокруг отражателя 3 в геометрическом центре устанавливают, по крайней мере, четыре отражателя 3 с образованием геометрической фигуры «крест» (на фиг.1 показан штриховыми линиями).

Один отражатель 3, установленный вне активного участка, расположен с возможностью изменения его положения по высоте на величину $\pm\lambda$, где λ - длина волны радиолокационного сигнала.

Способ мониторинга опасных карстовых и оползневых участков магистральных трубопроводов, железных и автомобильных дорог реализуют следующим образом.

В ходе мониторинга проводят радиолокационное космическое зондирование земной поверхности путем измерения расстояния до определенной точки на земной поверхности - отражателей 3 с помощью установленного на космическом аппарате 1 радиолокационного интерферометра. При этом предварительно выявляют опасные в карстовом и оползневом отношении зондируемые районы с использованием космической дифференциальной интерферометрии, создают цифровые матрицы рельефа почвенного контроля и полей когерентности на выявленные опасные районы, выделяют внутри выявленных опасных районов активные участки (граница 2 на фиг.1) и фиксируют на них изменения рельефа. Для этого предварительно по периметру и в центральной зоне этих участков производят установку и закрепление на жестком, связанном с грунтом, основании пассивных искусственных отражателей 3 радиолокационного сигнала и выполняют периодический

контроль изменений положения отражателей 3 и рельефа почвенного покрова участков. Периодический контроль изменения положения отражателей 3 и рельефа почвенного покрова проводят через 12-19 суток. В ходе проведенных исследований с использованием космического аппарата «Алмаз-1» съемка полигона с одним ракурсом производилась один раз за 12 суток, которые являются периодом повторения орбиты космического аппарата при наклонении 72 град, и высоте 280 км. Принималось во внимание также изменение высоты космического аппарата в период между коррекциями орбиты, которое составляло до 15 км. Таким образом, с учетом изменения орбиты и ее коррекции орбиты периодом повторения орбиты космического аппарата с выходом на один и тот же ракурс составлял от 12 до 19 суток. Аналогичные исследования проводились с другими космическими аппаратами, что подтвердило полученный выше результат без снижения достоверности получаемой информации.

Настоящее изобретение может быть использовано для мониторинга опасных карстовых и оползневых участков магистральных трубопроводов, железных и автомобильных дорог и предотвращения таким образом техногенных катастроф.

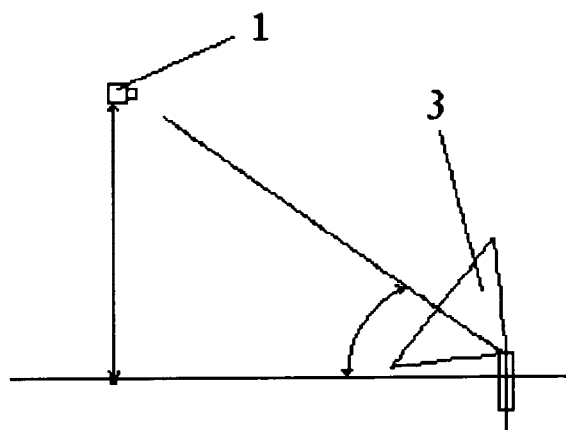
Формула изобретения

1. Способ мониторинга опасных карстовых и оползневых участков магистральных трубопроводов, железных и автомобильных дорог, включающий радиолокационное космическое зондирование земной поверхности путем измерения расстояния до определенной точки на земной поверхности с помощью установленного на космическом аппарате, например спутнике, радиолокационного интерферометра, отличающийся тем, что предварительно выявляют опасные в карстовом и оползневом отношениях зондируемые районы с использованием космической дифференциальной интерферометрии, создают цифровые матрицы рельефа почвенного контроля и полей когерентности на выявленные опасные районы, выделяют внутри выявленных опасных районов активные участки и фиксируют на них изменения рельефа, после чего по периметру и в центральной зоне этих участков производят установку и закрепление на жестком, связанном с грунтом, основании пассивных искусственных отражателей радиолокационного сигнала и выполняют периодический контроль изменений положения отражателей и рельефа почвенного покрова участков, при этом, по крайней мере, один отражатель устанавливают в геометрическом центре активного участка и, по крайней мере, один отражатель устанавливают вне зоны активного участка, причем отражатели устанавливают друг от друга на расстоянии не менее 3Δ , где Δ - линейная разрешающая способность космического радиолокационного интерферометра, а все отражатели устанавливают с возможностью их поворота по азимуту на $\pm 180^\circ$ и в вертикальной плоскости на 90° , а в исходном состоянии отражатель устанавливают под углом к горизонтали от 30 до 80° .

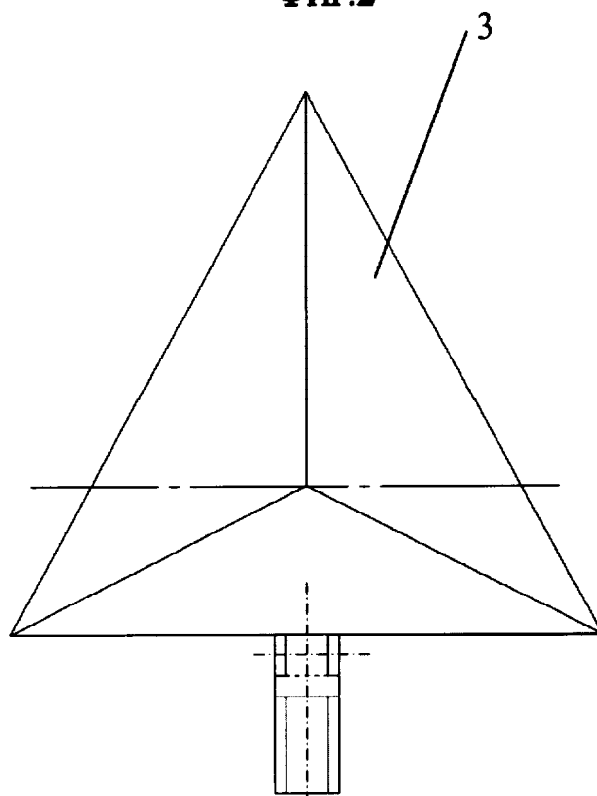
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что вокруг отражателя в геометрическом центре устанавливают, по крайней мере, четыре отражателя с образованием геометрической фигуры «крест».

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что отражатель, установленный вне активного участка, располагают с возможностью изменения его положения по высоте на величину $\pm \lambda$, где λ - длина волны радиолокационного сигнала.

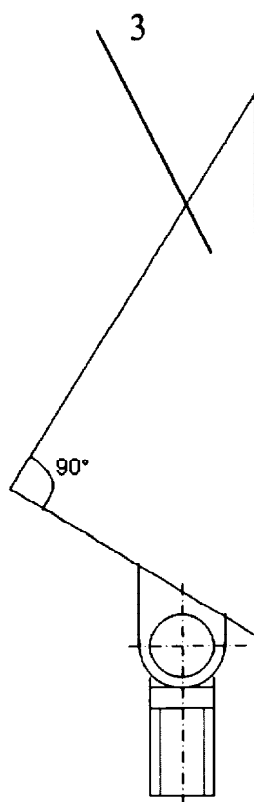
4. Способ по п.1, отличающийся тем, что периодический контроль изменения положения отражателей и рельефа почвенного покрова проводят через 12-19 сут.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4