



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 22/04 (2020.08); G01N 33/04 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020117380, 15.05.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.05.2020

Дата регистрации:
22.01.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.05.2020

(45) Опубликовано: 22.01.2021 Бюл. № 3

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,
стр. 38, ИФ СО РАН, отдел патентной и
изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Музалевский Константин Викторович (RU),
Фомин Сергей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
исследовательский центр "Красноярский
научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО
РАН, КНЦ СО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2081407 C1, 10.06.1997. SU
1763956 A1, 23.09.1992. RU 2467314 C1,
20.11.2012US. US 4186592 A1, 05.02.1980.

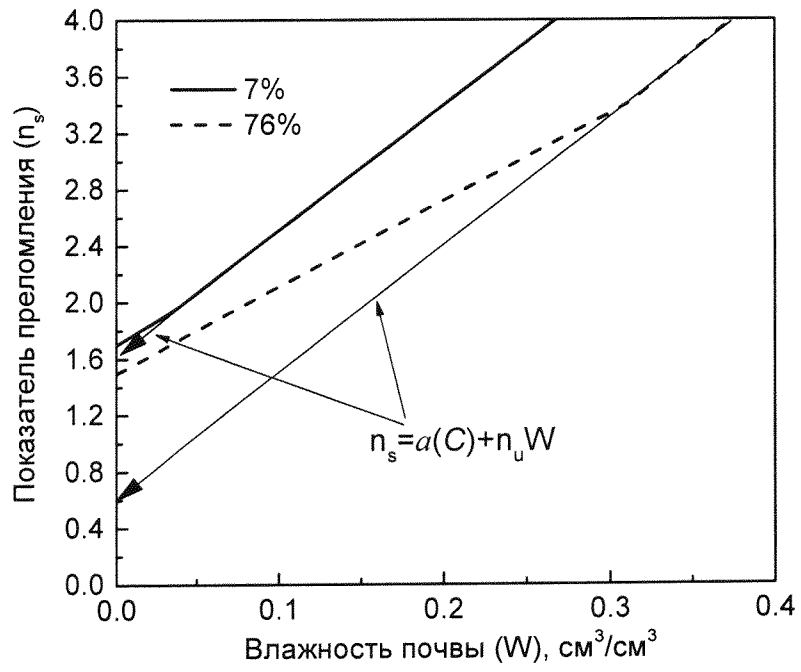
(54) Радиоволновой способ дистанционного определения содержания глинистой фракции в почвогрунтах

(57) Реферат:

Предложен радиоволновой способ дистанционного определения содержания глинистой фракции в почвогрунтах, характеризующийся тем, что проводят измерение в надир на частоте 433 МГц коэффициента отражения от почвогрунта, не покрытого растительностью, с влажностью, превышающей максимальное содержание связанной воды, и определяют массовую долю глинистой фракции С в почвогрунте из соотношения:

$$C = 124,435 - 68,027 \cdot (1 + 10^{Rdb/20}) / (1 - 10^{Rdb/20}) - 115,095 \cdot \ln\{(Rdb + 2,265) / -10,673\},$$

где С - массовая доля содержания глинистой фракции в почве (частицы размером менее 0,002 мм), Rdb - модуль амплитуды коэффициента отражения, выраженный в дБ. Технический результат - упрощение процедуры измерения естественно сложенных почвогрунтов в полевых условиях без необходимости отбора образцов почвенного покрова, а также повышение производительности измерений (скорость измерения ограничена быстродействием используемого в полевых условиях векторного анализатора цепей). 4 ил., 1 пр.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)**2 741 013** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
G01N 22/04 (2006.01)
G01N 33/24 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 22/04 (2020.08); G01N 33/04 (2020.08)

(21)(22) Application: **2020117380, 15.05.2020**(24) Effective date for property rights:
15.05.2020

Registration date:
22.01.2021

Priority:

(22) Date of filing: **15.05.2020**(45) Date of publication: **22.01.2021** Bull. № 3

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50,
str. 38, IF SO RAN, otdel patentnoj i
izobretatelskoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Muzalevskij Konstantin Viktorovich (RU),
Fomin Sergej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj
issledovatel'skij tsentr "Krasnojarskij nauchnyj
tsentr Sibir'skogo otdeleniya Rossijskoj akademii
nauk" (FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN)
(RU)**

(54) **RADIO-WAVE METHOD FOR REMOTE DETERMINATION OF CLAY FRACTION CONTENT IN SOILS**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: disclosed is a radio-wave method for remote determination of content of a clay fraction in soil, characterized by the fact that a nadir is measured at frequency 433 MHz of reflection coefficient from soil, not covered with vegetation, with moisture content exceeding maximum content of bound water, and weight fraction of clay fraction C in soil is determined from the ratio: $C = 124.435 - 68.027 \cdot (1 + 10^{R_{db}/20}) / (1 - 10^{R_{db}/20}) - 115.095 \cdot \ln\{(R_{db} + 2.265) / -10.673\}$, where C

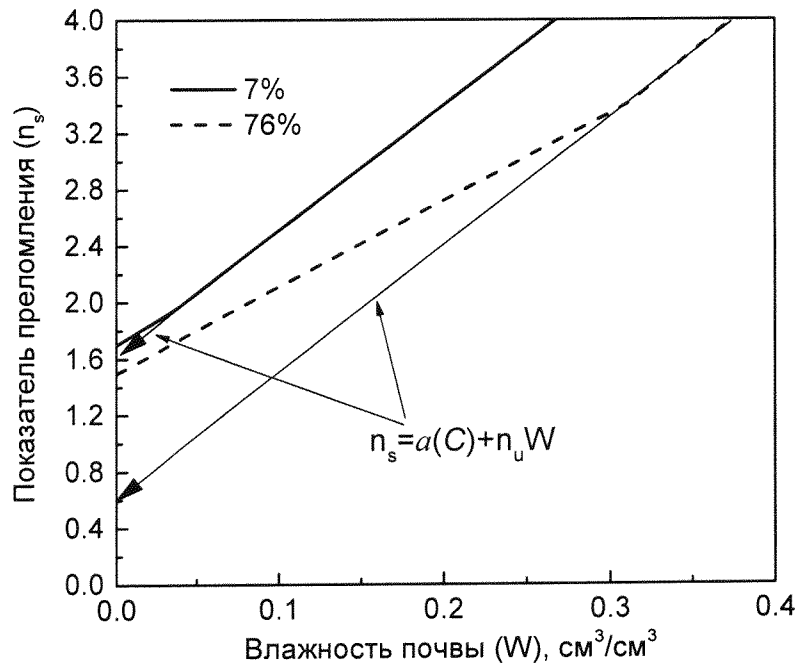
is mass fraction of content of clay fraction in soil (particles with size of less than 0.002 mm), Rdb is modulus of amplitude of reflection coefficient, expressed in dB.

EFFECT: technical result is simplification of procedure for measurement of naturally folded soil in field conditions without the need to sampling soil cover, as well as high measurement performance (measurement speed is limited by the speed of the vector network analyser used in field conditions).

1 cl, 4 dwg, 1 ex

RU 2 741 013 C1

RU 2 741 013 C1



Фиг.1

Изобретение относится к радиоволновым способам измерений и может быть использовано в сельском хозяйстве и мелиорации при оценке качества и состояния сельскохозяйственных земель, картировании почвенных покровов и составлении кадастра земель.

- 5 Содержание глинистой фракции является важнейшей характеристикой, определяющей гидрофизические и теплофизические свойства дисперсных почвогрунтов [Шейн Е.В. Курс физики почв. - М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почвы. - М.: Наука, 1967. 584 с.]. Наибольшее распространение получил седиментационный метод определения гранулометрического состава по Н.А. Качинскому [Соколов А.В. Агрохимические методы исследования почв, М., Наука, 10 1975, 656 с.]. Метод основывается на зависимости, существующей между скоростью падения почвенных частиц в столбе жидкости и их диаметром. Данный метод трудоемок, а процесс измерения: кипячение, отбор проб в суспензии пипеткой через фиксированные промежутки времени с определенной глубины, может занимать до нескольких суток.
- 15 Экспресс методы лазерной или рентгеновской дифрактометрии позволяют существенно сократить время исследования, однако, в настоящее время требуют дорогостоящего оборудования и уточнения методики для повышения точности и повторяемости измерений гранулометрического состава почвогрунтов [Блохин А.Н., Кулижский С.П. Оценка применения метода лазерной дифрактометрии в определении
- 20 гранулометрического состава почв // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2009. №1 (5)].

Известен дистанционный способ определения гранулометрического состава почвогрунтов [патент RU №2088906 C1, МПК G01N 22/04, опубл. 27.08.1997]. Изобретение основано на том, что мерзлые незасоленные почвогрунты в зависимости от гранулометрического состава и термодинамической температуры содержат

25 определенное количество незамерзшей воды, диэлектрические свойства которой аналогичны диэлектрическим свойствам связанной воды в незамерзших почвогрунтах и отличаются от диэлектрических свойств сухой почвы и льда. Гранулометрический состав оценивают путем сравнения количества незамерзшей воды в мерзлой почве, определенного дистанционным способом по коэффициенту излучения мерзлой и сухой

30 почвы с количеством незамерзшей воды, определенным графически или рассчитанным по эмпирической формуле.

Другой дистанционный способ определения содержания физической глины в почвах [патент RU №2411505 C2, МПК G01N 22/04, опубл. 10.02.2011] основан на измерении коэффициентов собственного радиотеплового излучения почвогрунтов до промерзания

35 и после промерзания на глубину, превышающую глубину зондирования. Далее определяют объемную долю льда и максимальную объемную долю связанной влаги W_f , используя коэффициенты излучения почвы до промерзания и после промерзания. Затем находят содержание физической глины с помощью регрессионных уравнений или графически.

40 Недостатком данных способов является необходимость долговременных измерений излучательной способности почв, находящихся как в талом, так и в мерзлом состоянии.

Наиболее близким аналогом, принятым за прототип, является радиофизический способ определения состава почвы [патент RU №2585169 C1, МПК G01N 22/04, G01N 33/24 опубл. 27.05.2016]. Радиофизический способ определения состава почвы основан

45 на одновременном измерении показателя преломления и показателя поглощения на двух частотах $f_1=0,35$ ГГц и $f_2=1,75$ ГГц. При этом удается одновременно определить массовую долю физической глины C_0 (частицы размером менее 0,01 мм) в почве из

соотношения: $C_0 = -0,9655 \cdot \Delta n^2 + 2,1760 \cdot \Delta n - 0,0485 \cdot \Delta \kappa^2 - 0,7105 \cdot \Delta \kappa - 0,0065$, и массовую долю гумуса в почве из соотношения: $H = -0,3706 \cdot \Delta n^2 + 0,5046 \cdot \Delta n - 0,1958 \cdot \Delta \kappa^2 - 0,0798 \cdot \Delta \kappa - 0,0136$, где $\Delta \kappa = \kappa(f_1) - \kappa(f_2)$, разность показателей поглощения, измеренная на частотах $f_1 = 0,35$ ГГц и $f_2 = 1,75$ ГГц. Данный способ измерения основан на том, что при уменьшении частоты ниже 1 ГГц показатель преломления влажной почвы, содержащей некоторое количество глины и органического вещества, возрастает. Это возрастание обусловлено межповерхностной поляризацией на границе раздела минеральная частица - связанная вода, органическое вещество - связанная вода.

Недостатком данного способа является низкая производительность и большие временные трудозатраты для проведения в специальных лабораторных условиях диэлектрических измерений почвенных образцов на двух частотах с использованием прецизионных коаксиальных ячеек.

Задачей изобретения является разработка радиоволнового способа определения содержания глины в почвах размеры частиц, которых меньше, чем 0,002 мм.

Техническим результатом изобретения является упрощение процедуры измерения естественно сложенных почвогрунтов в полевых условиях без необходимости отбора образцов почвенного покрова, а также повышение производительности измерений (скорость измерения ограничена быстродействием используемого в полевых условиях векторного анализатора цепей).

Технический результат достигается тем, что радиоволновой способ определения содержания глинистой фракции в почвогрунтах характеризуется тем, что проводят измерение в надир на частоте 433 МГц коэффициента отражения от почвогрунта, не покрытого растительностью, с влажностью, превышающей максимальное содержание связанной воды, и определяют массовую долю глинистой фракции C в почвогрунте из соотношения:

$$C = 124,435 - 68,027 \cdot (1 + 10^{R_{db}/20}) / (1 - 10^{R_{db}/20}) - 115,095 \cdot \ln\{(R_{db} + 2,265) / -10,673\},$$

где C - массовая доля содержания глинистой фракции в почве (частицы размером менее 0,002 мм), R_{db} - модуль амплитуды коэффициента отражения, выраженный в дБ.

Сопоставительный анализ с прототипом позволяет сделать вывод, что заявляемое изобретение отличается от известного тем, что проводят непосредственное дистанционное измерение естественно сложенных почвогрунтов в полевых условиях без необходимости отбора образцов почвенного покрова, а также проводят измерение в надир на частоте 433 МГц коэффициента отражения от почвогрунта, не покрытого растительностью, с влажностью, превышающей максимальное содержание связанной воды, и определяют массовую долю глинистой фракции C в почвогрунте из соотношения:

$$C = 124,435 - 68,027 \cdot (1 + 10^{R_{db}/20}) / (1 - 10^{R_{db}/20}) - 115,095 \cdot \ln\{(R_{db} + 2,265) / -10,673\},$$

где C - массовая доля содержания глинистой фракции в почве (частицы размером менее 0,002 мм), R_{db} - модуль амплитуды коэффициента отражения, выраженный в дБ.

Признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, обеспечивают заявляемому техническому решению соответствие критерию «новизна».

Признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, не выявлены при изучении других известных технических решений в данной области техники и, следовательно, обеспечивают ему соответствие критерию «изобретательский уровень».

Изобретение поясняется чертежами:

На фиг. 1 приведена зависимость показателя преломления для почвогрунтов с содержанием глинистой фракции $C=7\%$ и $C=76\%$, при различных значениях объемной

влажности.

На фиг. 2 приведена зависимость параметра $a(C)$ от весового содержания глинистой фракции (частицы размером менее 0,002 мм) для различных почвогрунтов.

На фиг. 3 приведены зависимости коэффициента отражения измеренного в надир на частоте 433 МГц в зависимости от значений объемной влажности почвогрунтов.

На фиг. 4 приведены результаты проверки заявляемого способа определения содержания глины относительно данных гранулометрических измерений почвенных образцов.

Сущность изобретения заключается в измерении коэффициента отражения электромагнитной волны от влажной почвы.

Пример осуществления способа

В соответствии с рефракционной моделью [S.V. Fomin and K. Muzalevskiy, "Dielectric Model for Thawed Mineral Soils at a Frequency of 435 MHz," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, doi: 10.1109/LGRS.2020.2972559] показатель преломления почвогрунта, n_s , является суммой показателей преломления компонент твердой фазы, связанной и свободной воды, n_u , умноженных на объемные доли этих компонент. Одинаковое значение показателя преломления свободной почвенной воды, $n_u=8,936$, величина которого не зависит от содержания глинистой фракции в почвогрунтах, позволяет определить (путем линейной аппроксимации (при $W>W_t$) зависимости показателя преломления от влажности почвы (см. Фиг. 1)) вспомогательный параметр $a(C)$ на частоте зондирования 433 МГц для широкого набора почвогрунтов с различной влажностью и содержанием глинистой фракции по калибровочной формуле: $a(C)=1,8292-0,0142C$, где C - массовая доля содержание глинистой фракции в почве, заданная в процентах (частицы размером менее 0,002 мм). На фиг. 2 графически представлена зависимость параметра $a(C)$ от содержания глинистой фракции C в рассмотренных почвах. Для того чтобы воспользоваться заявленным способом необходимо знать по крайней мере одно значение влажности почвы $W>W_t$, которое находится на основе дистанционных измерений на частоте 433 МГц в надир коэффициента отражения от почвогрунта по калибровочной формуле (см. Фиг. 3): $W=-0,186 \cdot \ln\{(Rdb+2,265)/-10,673\}$, где Rdb - модуль амплитуды коэффициента отражения, выражаемый в дБ. На основе рефракционной модели и связи $((1+R)/(1-R)=n_s=a(C)+n_u W)$ между коэффициентом отражения и показателем преломления почвогрунта, содержание глинистой фракции определяется из формулы:

$C = 124,435-68,027 \cdot (1+10^{Rdb/20})/(1-10^{Rdb/20})-115,095 \cdot \ln\{(Rdb+2,265)/-10,673\}$, где C - массовая доля содержания глинистой фракции в почве (частицы размером менее 0,002 мм). Полученные выражения основаны на экспериментальных данных диэлектрических измерений почвогрунтов, приведенных в работах [Curtis, J. O., Weiss C.A., Jr., Everett J. B. Effect of soil composition on dielectric properties / Technical Report EL-95-34, 1995; Mironov V.L., Bobrov P.P., Fomin S.V., "Dielectric model of moist soils with varying clay content in the 0.04 to 26.5 GHz frequency range," International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Krasnoyarsk, 2013, pp. 1-4.; Fomin S.V., Muzalevskiy K.V. "Dielectric Model for Thawed Mineral Soils at a Frequency of 435 MHz," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, doi: 10.1109/LGRS.2020.2972559]. Диапазон вариации глинистой фракции, влажности и плотности используемых почвенных образцов лежала в пределах от 7% до 76%, от 0,00 см³/см³ до 0,60 см³/см³, от 1,01 г/см³ до 1,73 г/см³, соответственно. На фиг. 4 приведены результаты проверки заявляемого способа определения содержания

глины относительно данных гранулометрических измерений почвенных образцов.

В отличие от существующих подходов, в заявляемом способе технический результат достигают за счет не только однозначной связи между содержанием глинистой фракции и максимальным количеством связанной воды W_t , но и одинаковым значением

5 показателя преломления свободной почвенной воды, $n_d=8,936$, величина которого не зависит от содержания глинистой фракции в почвогрунтах [S.V. Fomin and K. Muzalevskiy, "Dielectric Model for Thawed Mineral Soils at a Frequency of 435 MHz," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, doi: 10.1109/LGRS.2020.2972559].

10 (57) Формула изобретения

Радиоволновой способ дистанционного определения содержания глинистой фракции в почвогрунтах, характеризующийся тем, что проводят измерение в надир на частоте 433 МГц коэффициента отражения от почвогрунта, не покрытого растительностью, с влажностью, превышающей максимальное содержание связанной воды, и определяют

15 массовую долю глинистой фракции C в почвогрунте из соотношения:

$$C = 124,435 - 68,027 \cdot (1 + 10^{R_{db}/20}) / (1 - 10^{R_{db}/20}) - 115,095 \cdot \ln\{(R_{db} + 2,265) / -10,673\},$$

где C - массовая доля содержания глинистой фракции в почве (частицы размером менее 0,002 мм), R_{db} - модуль амплитуды коэффициента отражения, выраженный в дБ.

20

25

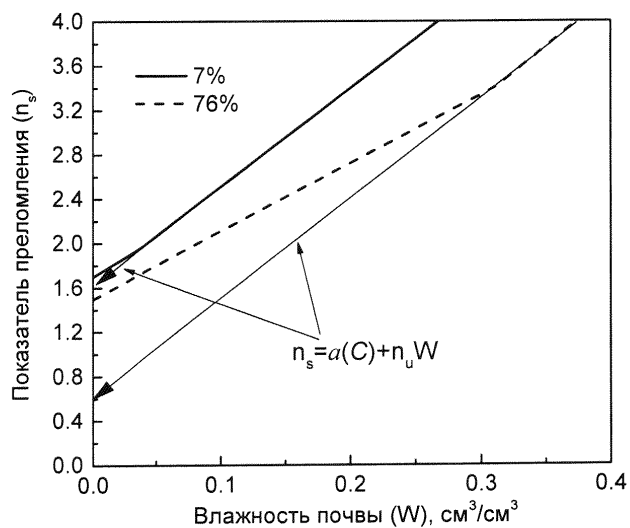
30

35

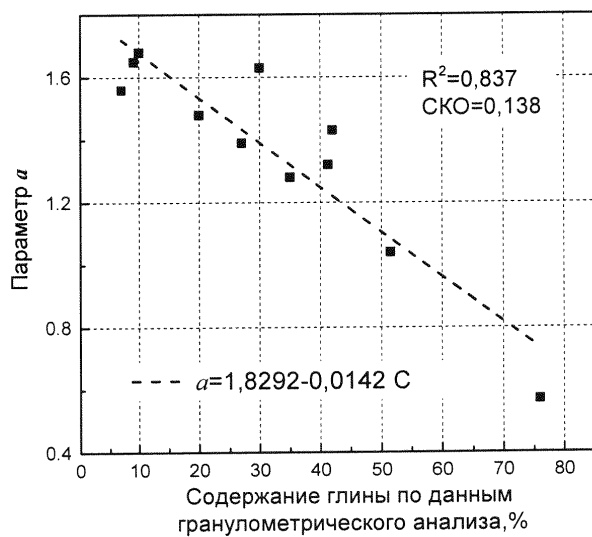
40

45

1

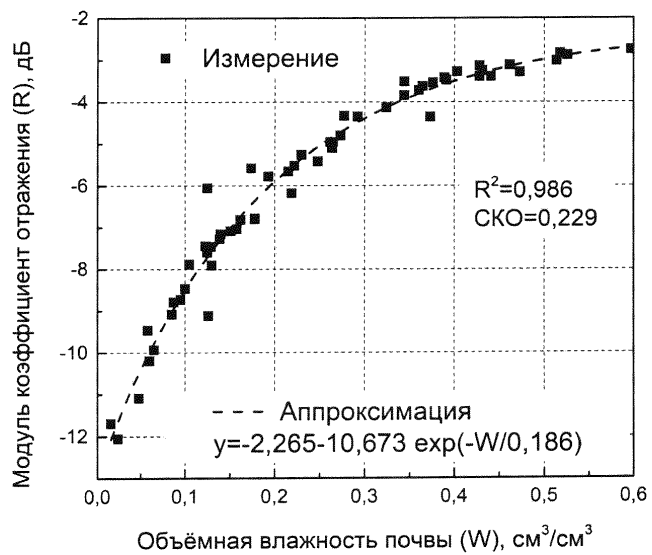


Фиг.1

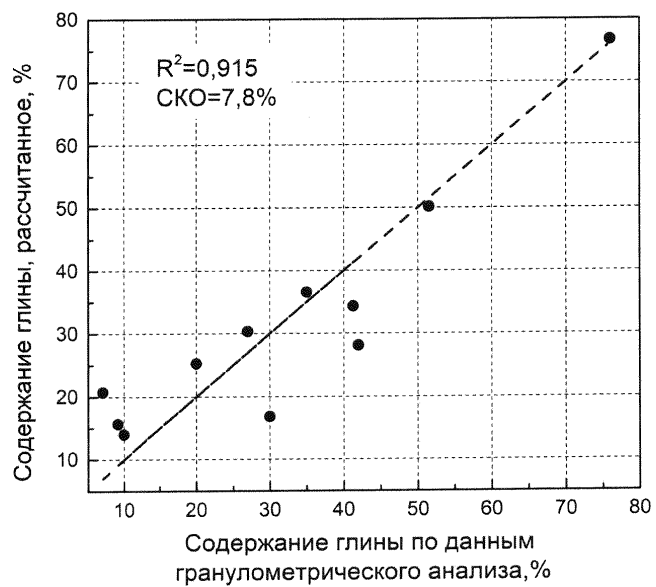


Фиг. 2

2



Фиг. 3



Фиг. 4