

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В  
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация  
Интеллектуальной Собственности  
Международное бюро

(43) Дата международной публикации  
13 июня 2019 (13.06.2019)



(10) Номер международной публикации  
**WO 2019/112463 A1**

- (51) Международная патентная классификация :  
В 07В 7/00 (2006.01) B01D 45/12 (2006.01)
- (21) Номер международной заявки : РСТ/RU2017/000918
- (22) Дата международной подачи :  
08 декабря 2017 (08.12.2017)
- (25) Язык подачи : Русский
- (26) Язык публикации : Русский
- (71) Заявитель : ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕН -  
НОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ОБЪЕДИНЕН -  
НАЯ КОМПАНИЯ РУСАЛ ИНЖЕНЕРНО -ТЕХ -  
НОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР " (**OBSHCHESTVO  
S OGRANICHENNOY OTVETSTVENNOST'YU  
"OBEDINENNAYA KOMPANIYA RUSAL  
INZHENERNO-TEKHNOLICHESKIY  
TSENTR"**) [RU/RU]; ул. Пограничников , 37, стр. 1,  
Красноярск , 6601 11, Krasnoyarsk (RU).
- (72) Изобретатели : ИВАНОВ , Николай Аркадьевич  
(**IVANOV, Nikolaj Arkad'evich**); ул. Пограничников ,  
37, стр. 1, Красноярск , 6601 11, Krasnoyarsk (RU).  
НЕМАРОВ , Александр Алексеевич (**NEMAROV,  
Aleksandr Alekseevich**); ул. Пограничников , 37, стр.  
1, Красноярск , 6601 11, Krasnoyarsk (RU). КОНДРА -  
ТЬЕВ , Виктор Викторович (**KONDRAT'EV, Viktor  
Viktorovich**); ул. Пограничников , 37, стр. 1, Крас -  
ноярск , 6601 11, Krasnoyarsk (RU). ГОРОВОЙ , Ва -  
лери́й Олегович (**GOROVOJ, Valerij Olegovich**);  
ул. Пограничников , 37, стр. 1, Красноярск , 6601 11,  
Krasnoyarsk (RU). ЛЕБЕДЕВ , Николай Валентино

вич (**LEBEDEV, Nikolaj Valentinovich**); ул. Погранич -  
ников , 37, стр. 1, Красноярск , 6601 11, Krasnoyarsk (RU).  
КОЛОСОВ , Александр Дмитриевич (**KOLOSOV,  
Aleksandr Dmitrievich**); ул. Пограничников , 37, стр.  
1, Красноярск , 6601 11, Krasnoyarsk (RU). НЕБОГИН ,  
Сергей Андреевич (**NEBOGIN, Sergej Andreevich**);  
ул. Пограничников , 37, стр. 1, Красноярск , 6601 11,  
Krasnoyarsk (RU). КЛЕШНИН , Антон Александро -  
вич (**KLESHNIN, Anton Aleksandrovich**); ул. Погра -  
ничников , 37, стр. 1, Красноярск , 6601 11, Krasnoyarsk  
(RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для  
каждого вида национальной охраны) : AE, AG, AL, AM,  
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,  
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,  
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,  
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для  
каждого вида региональной охраны) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ,  
UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,  
TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

(54) Title: METHOD OF SEPARATING NANO- AND MICRO-SIZED PARTICLES DURING MINERAL DRESSING

(54) Название изобретения : СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ НАНО - И МИКРО -РАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ  
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

(57) Abstract: The invention relates to the field of mineral dressing. A method is proposed for separating dust particles during mineral dressing using a gas separator, which comprises a step of particle separation by size in an air (gas) stream. Dust is separated which has particles with nano- and micro-dimensions using coagulation of hydrophilic particles in a moist gas (air) stream, thus causing the hydrophilic particles to combine in the moist gas (air) stream, leading to an increase in the weight thereof and the formation of large conglomerates of said particles, which fall out into a hopper for large particles, while hydrophobic particles are raised. After separation of the hydrophobic (lyophobic) and hydrophilic (lyophilic) particles, the excess hydrophobic (lyophobic) component is incinerated. The method makes it possible to separate micro- and nano-particles by the surface properties thereof, which barely separate in conventional dressing methods (flotation in an impeller flotation machine, gravity concentration in suspension).

(57) Реферат : Настоящее изобретение относится к области обогащения полезных ископаемых . Предложен способ разделения частиц пыли при обогащении полезных ископаемых с использованием газового сепаратора , включающий стадию разделения частиц по крупности в воздушном (газовом ) потоке . При этом производят сепарацию пыли , у которой частицы имеют нано - и микро - размеры , с помощью коагуляции гидрофильных частиц во влажном газовом (воздушном ) потоке , за счет того , что гидрофильные частицы объединяются во влажном газовом (воздушном ) потоке , что приводит к увеличению их веса и образованию крупных конгломератов этих частиц , которые выпадают в бункер с крупными частицами , а гидрофобные частицы поднимаются вверх . После разделения гидрофобных (лиофобных ) и гидрофильных (лиофильных ) частиц производится сжигание лишнего гидрофобного (лиофобного ) компонента . Способ позволяет разделять микро - и нано - частицы по их поверхностным свойствам , которые при обычных способах обогащения (флотация в импеллерной флотомашине , гравитационное обогащение в суспензии ) практически не разделяются .



WO 2019/112463 A1

SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована :

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

Способ разделения нано - и микро - размерных частиц при обогащении  
полезных ископаемых

5 Изобретение относится к области обогащения полезных ископаемых ,  
а именно , к разделению микро - и нано - размерных частиц , которые при  
флотации плохо разделяются на гидрофобные (лиофобные ) и  
гидрофильные (лиофильные ) , так как при таких размерах частиц  
капиллярные силы намного превышают гравитационные . Изобретение  
10 также может быть использовано при обогащении полезных ископаемых  
различного минерального состава до определенной крупности , когда  
капиллярные силы превышают гравитационные и гидродинамические  
силы .

Известен способ флотации (патент RU 2500480, опубл . 10.12.2013)  
15 извлечения нано - размерных частиц из техногенных отходов . Недостатком  
данного способа является то, что пенный и камерный продукт флотации  
следует сгущать и сушить для получения сухого ценного продукта , а это  
требует дополнительных энергозатрат . Также , скорость обогащения при  
данном способе флотации будет низка по сравнению с каким -либо другим  
20 «сухим » способом обогащения .

Известны способы обеспыливания (Пирумов А.И., Обеспыливание  
воздуха , Москва . Издательство «Стройиздат » . 1974 год . 207 с.). В этой  
книге показано (с.36-39), что гидрофобная пыль (углерод и т.п.) плохо  
смачивается влажным воздухом (газом). Поэтому , для обеспыливания  
25 таких частиц применяют смачиватель или разгоняют их до такой скорости ,  
чтобы они могли погрузиться в воду (жидкость ) . Данные способы , во-  
первых , не предназначены для разделения частиц пыли на гидрофобные и  
гидрофильные , во-вторых , для разгона гидрофобной пыли до скорости ,  
позволяющей погрузиться гидрофобной частице в жидкость (воду) ,  
30 требуются дополнительные энергозатраты , в-третьих , при обеспыливании

от гидрофобной пыли необходимо применение смачивателей для гидрофилизации гидрофобных частиц .

Существует ряд патентов , в которых для обеспыливания гидрофобной пыли применяются смачиватели . Например , патент RU 5 2495250 (Смачиватель для подавления угольной пыли ) , опубликованный 10.10.2013. Есть смачиватель по А .С. СССР N°1260532, опубл . 30.09.1986. Есть еще ряд аналогичных патентов и авторских свидетельств .

Тем не менее , способов по разделению гидрофобной пыли от гидрофильной во влажном газовом потоке не обнаружено .

10 Известен способ липкостной сепарации (патент RU 2018371, опубл . 30.08.1994) предназначенный для обогащения полезных компонентов определенного класса , крупности . Технологический процесс основан на использовании липкостных свойств гидрофобных минералов .

Недостатком известного способа извлечения из руд алмазов 15 является то, что данный способ предназначен только для крупных минеральных частиц . При использовании способа для обогащения мелких частиц будет низкая производительность и скорость обогащения , а, также , обогащать пыль этим способом практически невозможно .

Известен способ липкостной сепарации извлечения алмазов из 20 алмазосодержащего сырья , (патент RU 2223825, опубл . 20.02.2004), включающий двустадийное измельчение руды в мельницах самоизмельчения , извлечение крупных алмазов люминесцентной сепарацией , извлечение средних алмазов липкостной сепарацией , доизмельчение крупных и средних фракций хвостовых продуктов в 25 истирающих мельницах самоизмельчения по замкнутому циклу с последующим доизвлечением мелких алмазов пенной сепарацией совместно с пневмофлотацией и выводом хвостов пенной сепарации в отвал , отличающийся тем , что перед извлечением крупных алмазов люминесцентной сепарацией и средних - липкостной сепарацией 30 осуществляют предварительную виброконцентрацию алмазов на грохотах -

концентраторах с возвратом хвостовых продуктов виброконцентрации на доизмельчение в замкнутом цикле с мельницами второй стадии самоизмельчения, обесшламливание и фракционирование мелкозернистого материала осуществляют с применением гидроклассификации, с выводом сливного продукта гидроклассификации в отвал и дообогащением пескового продукта с применением пенной сепарации, пневмофлотации и пленочной флотации.

Недостатком известного способа извлечения из руд алмазов является то, что данный способ предназначен только для крупных минеральных частиц. При использовании способа для обогащения мелких частиц будет низкая производительность и скорость обогащения, а также, обогащать пыль этим способом практически невозможно.

В предложенном способе в отличие от известных способов, осуществляющих разделение лиофильных и лиофобных частиц в суспензии (пульпе), разделение производится в газовом (воздушном) потоке с определенной его влажностью, включающей воду или другую приемлемую жидкость. После разделения гидрофобных (лиофобных) и гидрофильных (лиофильных) частиц производится сжигание лишнего гидрофобного (лиофобного) компонента.

Флотационное разделение nano- и микро-размерных частиц по степени их гидрофобности или гидрофильности в традиционных флотомашинах практически невозможно. Флотация частиц, имеющих линейный размер меньше 300 микрон, представляет собой по сей день большую трудность при обогащении полезных ископаемых. Как написано в одной технической энциклопедии (Техническая энциклопедия / Л. К. Мартенс и др. - М.: ОГИЗ РСФСР, 1934.- том 25, стр.33): «При значительном увеличении степени дисперсности, т. е. уменьшении размеров частиц, при переходе в область шламов (вблизи коллоидной области) флотирuemость всегда обращается в нуль».

Перечислим основные негативные и позитивные факторы, влияющие на их флотацию:

1. При флотации данных частиц в обычной механической импеллерной флотомашине состав пенного продукта в большинстве случаев практически не изменяется по сравнению с исходным продуктом. Такие частицы уже подвержены Броуновскому движению и легко выносятся через сливной порог флотомашин.

2. При обычной флотации даже существенно гидрофилизированные наночастицы за счет пленочной флотации переходят в пенный продукт, так как размер обычных флотационных пузырьков значительно превышает размер наночастиц и микрочастиц. Это объясняется тем, что гравитационные и гидростатические силы пропорциональны диаметру частицы в третьей степени, а поверхностные силы пропорциональны диаметру частицы. Поэтому, из простых расчетов видно, что поверхностные силы даже для существенно гидрофильных нано- и микрочастиц значительно превышают гравитационные и гидростатические.

Изобретение пояснено на чертежах, на которых:

Фиг. 1 - схема закрепившейся цилиндрической частицы  $\text{SiO}_2$  на разделе фаз вода-воздух при пленочной флотации.

Фиг. 2 - две сферические частицы  $\text{SiO}_2$ , скрепленные каплей воды.

Фиг. 3 - зависимость отношения гравитационной силы к капиллярной ( $K$ ) от диаметра ( $D$ ) сферической частицы  $\text{SiO}_2$

Фиг. 4 - хрустальные гидрофильные миллиметровые шарики (содержание  $\text{PbO} = 25\%$ ), слипшиеся за счет мелких капель влажного воздуха и повисшие на конце пинцета.

Фиг. 5 - частицы рукавной пыли кремневого производства, увеличенные в 200000 раз.

Фиг. 6 - частицы рукавной пыли при увеличении в 30000 раз.

Фиг. 7 - рукавная пыль кремневого производства, протравленная плавиковой кислотой.

Фиг. 8 - блок-схема предложенного способа.

5 Проведем расчет сил действующих на частицу на разделе фаз воздух-вода при пленочной флотации.

Рассмотрим пленочную флотацию гидрофильных частиц на примере закрепившейся на поверхности раздела фаз воздух-вода цилиндрической частицы  $\text{SiO}_2$ .

10 На фиг. 1 показана схема закрепившейся цилиндрической частицы  $\text{SiO}_2$  на разделе фаз вода-воздух при пленочной флотации.

Получаем:

$$F_z - F_a = 2\pi r^3 (\rho_{\text{SiO}_2} - \rho_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot g = 2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-21} \cdot 1600 \cdot 10 = 1,00531 \cdot 10^{-16} \text{ H}$$

$$F_{\text{н.н}} = \sigma \cdot 2\pi \cdot r = 72 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} = 4,52 \cdot 10^{-8} \text{ H}$$

$$\sin \alpha = \frac{F_z - F_a}{F_{\text{н.н}}} = \frac{1,00531 \cdot 10^{-16}}{4,52 \cdot 10^{-8}} = 2,22222 \cdot 10^{-9}$$

$$\alpha = \arcsin(\sin \alpha) = 2,22222 \cdot 10^{-9},$$

где  $F_z$  - вес цилиндра  $\text{SiO}_2$ ,

$F_a$  - сила Архимеда,

15  $F_{\text{н.н}}$  - сила поверхностного натяжения,

$\rho_{\text{SiO}_2} = 2600 \text{ кг/м}^3$  - плотность  $\text{SiO}_2$ ,

$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ кг/м}^3$  - плотность воды,

$r = 10^{-7} \text{ м}$  - радиус цилиндра,

$\sigma = 72 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$  - коэффициент поверхностного натяжения на

20 разделе фаз воздух-вода,

ускорение свободного падения  $g$  принято  $10 \text{ м/с}^2$ .

Следовательно, при обычном дисперсном составе исходных пузырьков при традиционных способах флотации в импеллерной флотомашине, крупность пузырьков значительно больше гидрофильных  
25 наночастиц. Эти частицы хорошо флотируются на пузырьках, размер

которых значительно превышает размер наночастиц , за счет пленочной флотации .

5 Технической задачей и результатом , на решение и достижение которых направлено предложенное изобретение , является разделение микро - и нано - частиц по их поверхностным свойствам , которые при обычных способах обогащения (флотация в импеллерной флотомашине , гравитационное обогащение в суспензии ) практически не разделяются .

10 Задача решается , а технический результат достигается тем , что в предлагаемом способе , в отличие от липкостной сепарации , производится сепарация пыли , у которой частицы имеют нано - и микро - размеры , с помощью коагуляции гидрофильных частиц во влажном газовом (воздушном ) потоке (например , в газовом циклоне ) . Гидрофильные частицы «склеиваются » микро - и нано - каплями воды влажного воздуха ,  
15 что приводит к увеличению их веса и образованию крупных конгломератов этих частиц , и они выпадают в бункер с крупными частицами . А гидрофобные частицы , так как они не «склеиваются » микро - и нано - капельками влажного воздуха , улетают в верхний патрубок газового сепаратора , в который подается пламя , например , от газовой  
20 горелки и лишний компонент сжигается . Таким образом , после разделения гидрофобных (лиофобных ) и гидрофильных (лиофильных ) частиц производится сжигание лишнего гидрофобного (лиофобного ) компонента .

Сущность изобретения заключается в следующем .

25 Во влажном газовом турбулентном потоке гидрофильные нано - и микрочастицы «склеиваются » и образуются прочные конгломераты гидрофильных (лиофильных ) частиц скрепленные нано - и микро - размерными каплями жидкости (воды) .



Рассмотрим две шарообразные нано - размерные частицы  $\text{SiO}_2$  и скрепляющую их нано - размерную каплю воды (фиг .2). На фиг . 2 показаны две сферические частицы  $\text{SiO}_2$ , скрепленные каплей воды .

Рассчитаем соотношение размера капли воды и диаметра сферической частицы  $\text{SiO}_2$ , при котором данная система "сферические частицы  $\text{SiO}_2$  - капля воды " будет устойчива .

Без потери общности будем считать каплю воды цилиндром с диаметром  $d$ , расположенную между сферическими частицами с диаметром  $D$ . Будем исходить из следующих основных физических параметров : поверхностное натяжение воды  $\sigma = 72 \cdot 10^{-3}$  Н/м, плотность  $\text{SiO}_2$   $\rho = 2600$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Рассчитаем отношение к гравитационной силы  $F_g$ , действующей на одну из сфер, к капиллярной силе  $F_K$  действующей между сферическими частицами .

$$k = \frac{F_g}{F_K} = \frac{\rho \cdot \frac{\pi \cdot D^3}{6} \cdot g}{\sigma \cdot \pi \cdot d} = \frac{\rho \cdot g}{6 \cdot \sigma} \cdot \frac{D^3}{d} \quad (1)$$

При  $d=D/10$  получим:

$$k = \frac{F_g}{F_K} = \frac{\rho \cdot \frac{\pi \cdot D^3}{6} \cdot g}{\sigma \cdot \pi \cdot d} = \frac{\rho \cdot g}{6 \cdot \sigma} \cdot 10 \cdot D^2 \quad (2)$$

Построим график зависимости  $k$  от  $D$ . Зависимость отношения гравитационной силы к капиллярной ( $k$ ) от диаметра ( $D$ ) сферической частицы  $\text{SiO}_2$  показана на фиг . 3.

Из полученной зависимости видно , что конгломерат из двух сферических частиц с нано - и микро - каплей воды устойчив при  $D < 1,3$  мм. При  $D=100$  нм,  $d=10$  нм капиллярная сила будет превышать гравитационную примерно в  $2 \cdot 10^8$  раз. Следовательно , в потоке влажного воздуха нано -размерные гидрофильные частицы будут образовывать прочные конгломераты , образованные путем их сцепления между собой нано -размерными каплями воды . Аналогично , любые другие лиофильные

нано-размерные частицы будут слипаться за счёт капель смачивающих их поверхность жидкостей .

В то же время во влажном газовом потоке гидрофобные частицы не слипаются и при газовой сепарации имеют меньшую скорость витания по сравнению с образованными конгломератами гидрофильных (лиофильных ) частиц . По разнице скорости витания гидрофобных (лиофобных ) частиц и конгломератов гидрофильных (лиофильных ) частиц можно производить их разделение в любом газовом (воздушном ) сепараторе . Например , в газовом (воздушном ) циклоне конгломераты гидрофильных (лиофильных ) частиц будут выпадать под действием гравитационных сил в бункер для крупных частиц , имеющих высокую скорость витания , а гидрофобные (лиофобные ) частицы будут выходить вверх при низкой скорости витания , например , в центральный патрубок циклона или любого другого устройства для разделения частиц в газовом потоке . В поток гидрофобных (лиофобных ) частиц подается пламя какой-либо горелки , что приводит к сжиганию лишнего компонента .

На фиг. 4 показаны хрустальные гидрофильные миллиметровые шарики (содержание РЬО = 25%), слипшиеся за счет мелких капель влажного воздуха и повисшие на конце пинцета . Для данных шариков отношение гравитационной силы к капиллярной немного меньше единицы (см. фиг. 3). Данный пример показывает , что образование конгломератов гидрофильных частиц происходит даже для достаточно крупных минеральных частиц .

На фиг. 5 показаны частицы рукавной пыли кремневого производства , увеличенные в 200000 раз. На фотографии видно , что частицы покрыты углеродом . Анализ , проведенный на электронном микроскопе JEOL JIB-Z4500 с помощью энерго дисперсионного детектора X-max 80 мм<sup>2</sup> фирмы OXFORD INSTRUMENTS в технопарке ИРНТУ , показал , что содержание углерода в рукавной пыли составляет 4-5% от

всей массы рукавной пыли . Остальная масса пыли 96-95% представляет собой шарики и сферы  $\text{SiO}_2$ .

На фиг. 6 показаны частицы рукавной пыли при меньшем увеличении . Не все частицы покрыты углеродом . Основная часть этих 5 частиц легко смачивается водой и во влажном воздухе они легко слипаются в конгломераты .

На фиг. 7 показана фотография , полученная на просвечивающем электронном микроскопе , рукавной пыли кремневого производства , протравленная плавиковой кислотой . На фотографии видны углеродные 10 сферы , которые первоначально покрывали шарики и сферы  $\text{SiO}_2$ .

Предложенный способ осуществляется следующим образом :

Первоначально гидрофобные (лиофобные ) и гидрофильные (лиофильные ) частицы пыли разделяются во влажном воздушном (газовом ) потоке . Гидрофильные (лиофильные ) слипаются за счет 15 капиллярных сил в крупные конгломераты , которые приобретают более высокую скорость витания , что способствует их разделению по скорости витания с гидрофобными (лиофобными ) частицами , имеющими меньшую крупность .

В поток гидрофобных (лиофобных ) частиц пыли подается пламя 20 газовой горелки (или любой другой горелки ) для сжигания гидрофобной (лиофобной ) поверхности частиц или самих частиц , если они состоят из , например , одного углерода (или любого другого гидрофобного (лиофобного ) материала ) .

25 Пример

Конструкция машины для реализации способа в качестве неограничивающего примера состоит из следующих элементов : бункера с исходным материалом гидрофильных и гидрофобных частица пыли ; насоса для подачи влажного воздуха (газа); струйного насоса ; циклона 30 (цилиндрический или любой другой формы ); патрубка для выхода вниз

крупных частиц , имеющих большую скорость витания ; патрубка для выхода вверх мелких гидрофобных частиц , имеющих низкую скорость витания ; газовой горелки , пламя которой подается в верхнюю часть (патрубок или емкость для обжига ) после циклона для обжига шариков  $\text{SiO}_2$ , покрытых углеродом . Стенки циклона и патрубок для выхода крупных частиц (конгломератов гидрофильных частиц обрабатываются любым приемлемым гидрофобизатором для исключения налипания материала на стенки устройства и лучшего выхода в бункер для их сбора . В качестве альтернативы стенки циклона и патрубок для выхода крупных частиц (конгломератов гидрофильных частиц ) делаются изначально гидрофобными , что также препятствует налипанию частиц на стенки . Последовательность действий показана в блок -схеме на фиг .8.

Обрабатывалась рукавная пыль кремневого производства с первоначальным содержанием углерода 4-5%. Рукавная пыль подавалась во влажном воздухе тангенциально в центробежное поле цилиндра . В результате происходила сепарация пыли по гидрофильности и гидрофобности . Гидрофильные (чистые частицы  $\text{SiO}_2$ ) слипались в конгломераты , имеющие большую скорость витания . Гидрофобные частицы , покрытые углеродом , образовывали поток частиц , расположенный по центру цилиндра . В поток гидрофобных частиц подавалось пламя пропановой горелки . В течение 4-6 секунд частицы , покрытые углеродом , обгорали в пламени горелки и обнажались до практически чистого  $\text{SiO}_2$ . Конечное содержание углерода составляло 0,5-1% от всей массы рукавной пыли . Остальная масса 99-99,5% состояла из  $\text{SiO}_2$ .

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

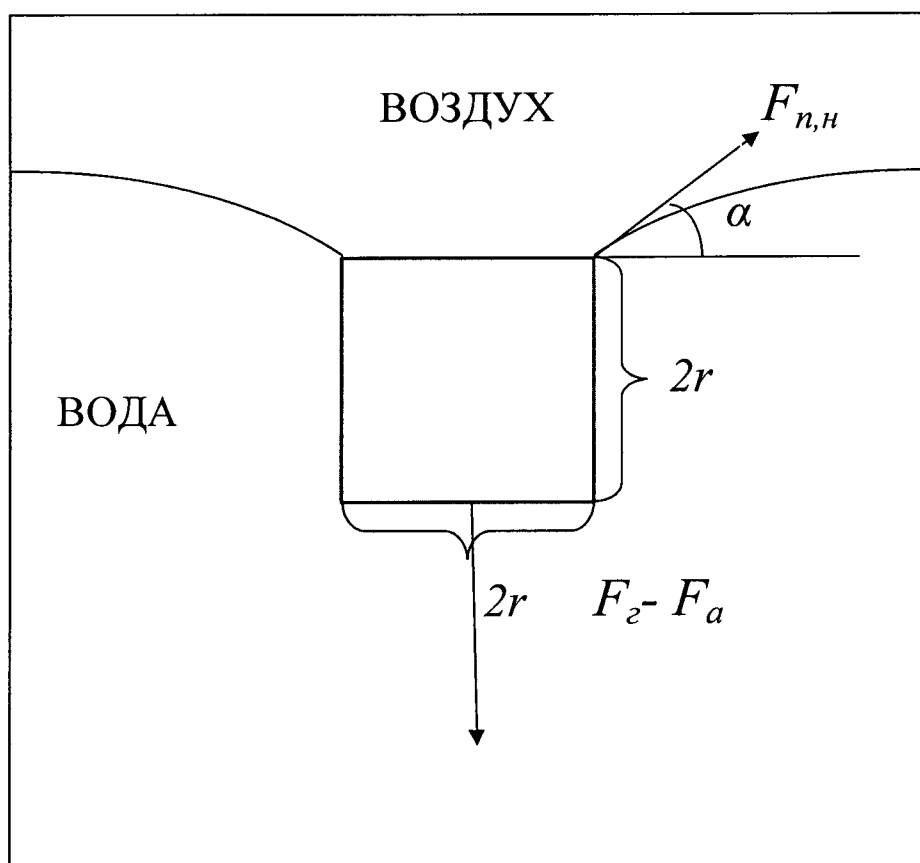
1. Способ разделения частиц пыли при обогащении полезных ископаемых с использованием газового сепаратора , включающий стадию разделения частиц по крупности в воздушном (газовом ) потоке ,  
5 отличающийся тем , что производят сепарацию пыли , у которой частицы имеют нано - и микро - размеры , с помощью коагуляции гидрофильных частиц во влажном газовом (воздушном ) потоке , за счет того , что гидрофильные частицы объединяются во влажном газовом (воздушном ) потоке , что приводит к увеличению их веса и образованию крупных  
10 конгломератов этих частиц , которые выпадают в бункер с крупными частицами , а гидрофобные частицы поднимаются вверх .

2. Способ по п. 1, в котором коагуляцию гидрофильных частиц во влажном газовом (воздушном ) потоке осуществляют в газовом циклоне .

3. Способ по п. 1, в котором поток гидрофобных частиц  
15 поднимается в верхний патрубок газового сепаратора или емкость , в который /которую подают пламя , например , от газовой горелки , для сжигания лишнего гидрофобного компонента .

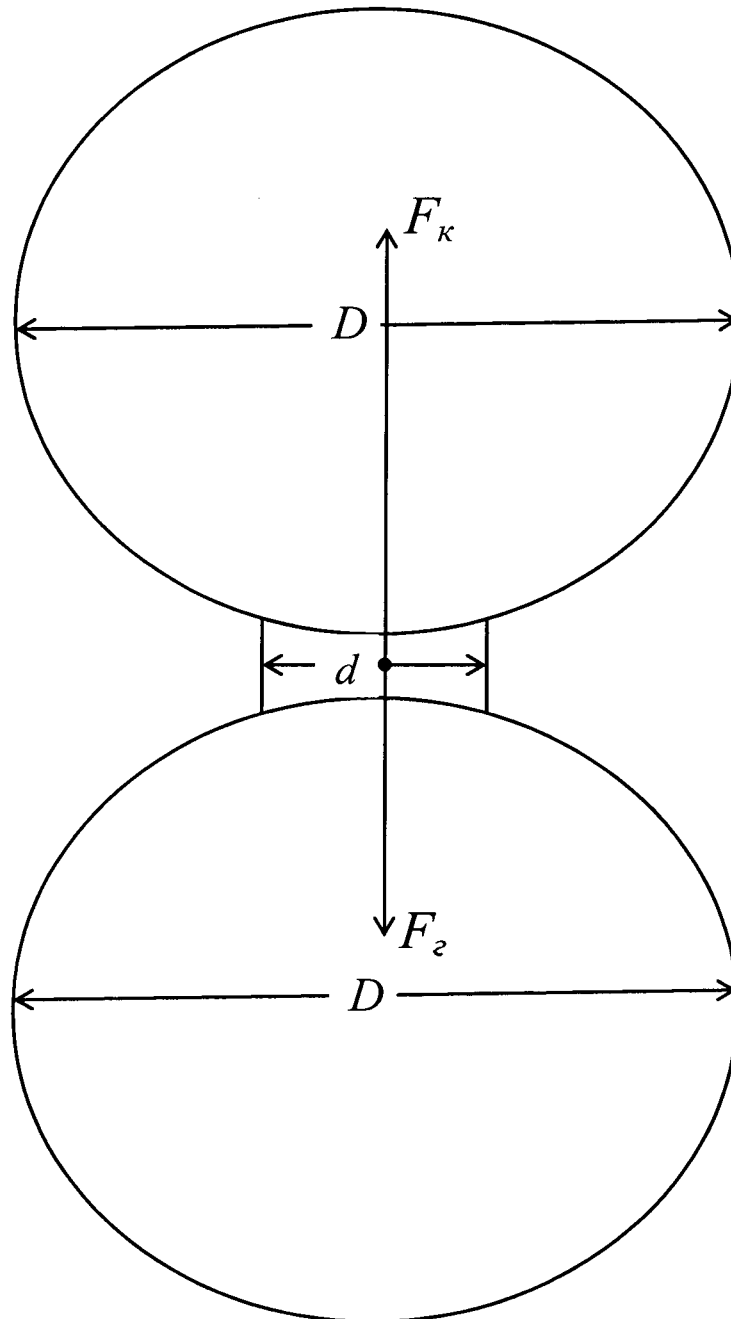
4. Способ по п. 1, в котором используется бункер с исходным материалом гидрофильных и гидрофобных частиц пыли , насос для подачи  
20 влажного воздуха (газа), струйный насос , циклон , патрубок для выхода вниз крупных частиц , имеющих большую скорость витания , патрубок для выхода вверх мелких гидрофобных частиц , имеющих низкую скорость витания , газовая горелка , пламя которой подается в верхнюю часть - патрубок или емкость для обжига , при этом стенки циклона и патрубок для  
25 выхода крупных частиц обработаны гидрофобизатором для исключения налипания материала на стенки и лучшего выхода в бункер для их сбора , или стенки циклона и патрубок для выхода крупных частиц сделаны изначально гидрофобными для препятствия налипанию частиц на стенки .

Способ разделения nano- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



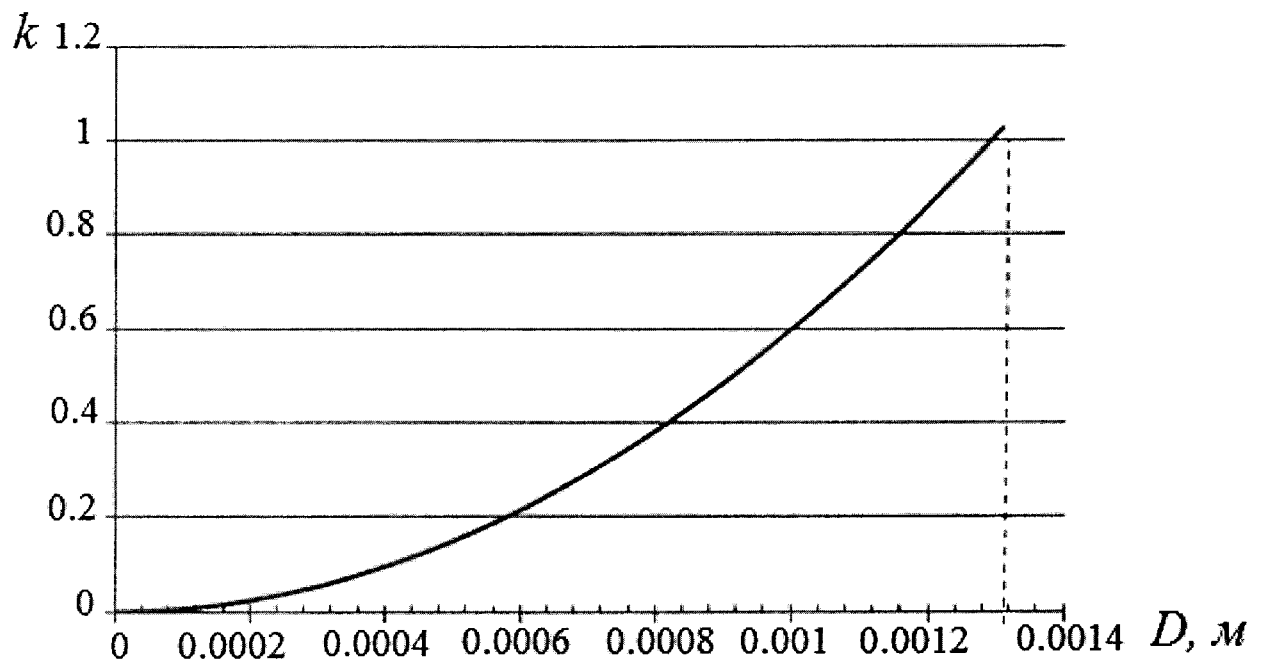
ФИГ. 1

Способ разделения nano- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



ФИГ. 2

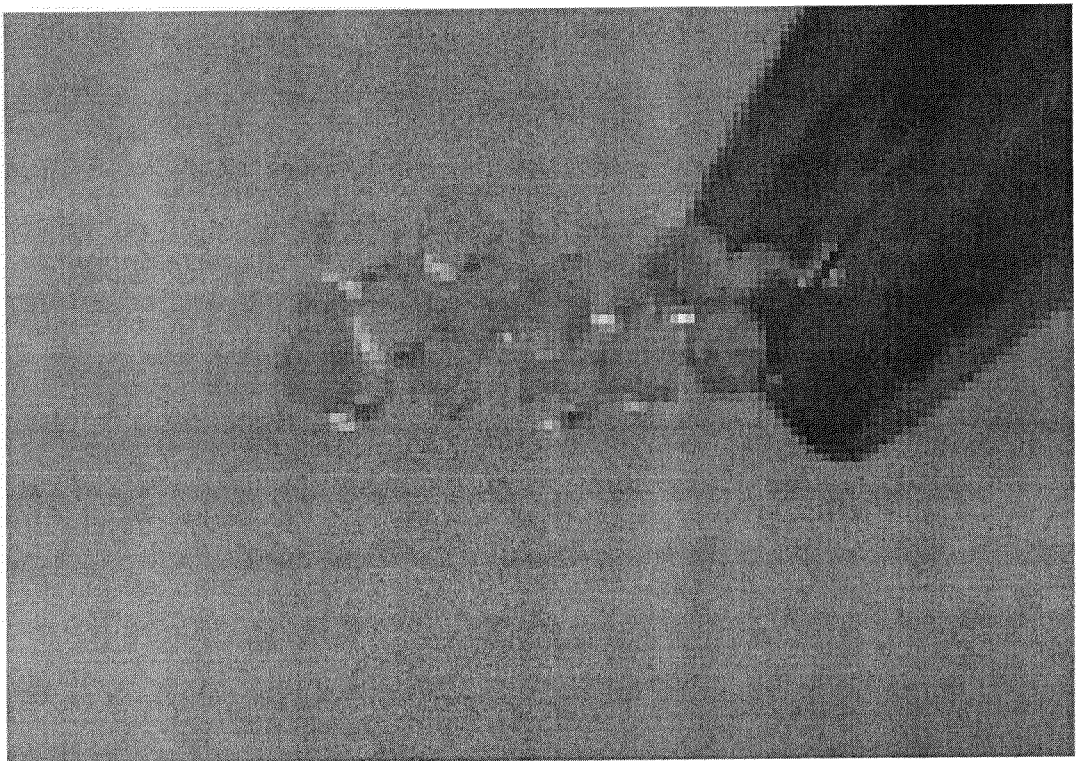
Способ разделения nano- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



ФИГ. 3

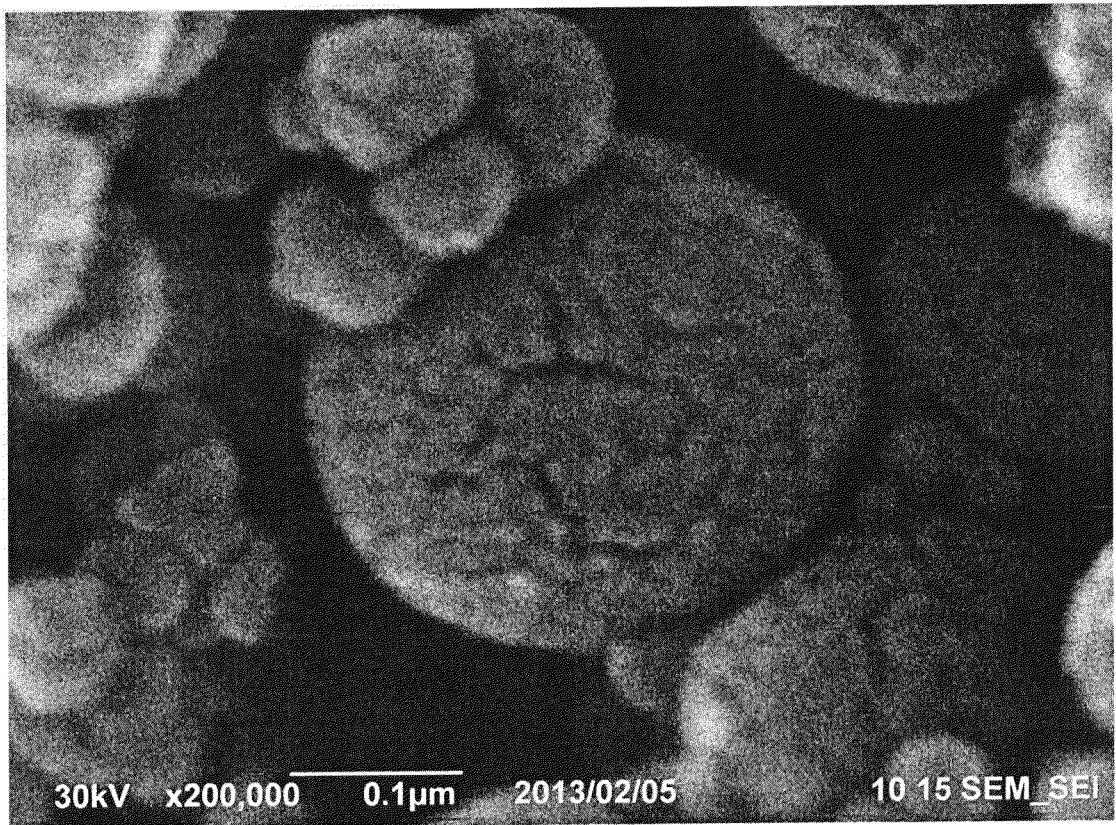


Способ разделения nano- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



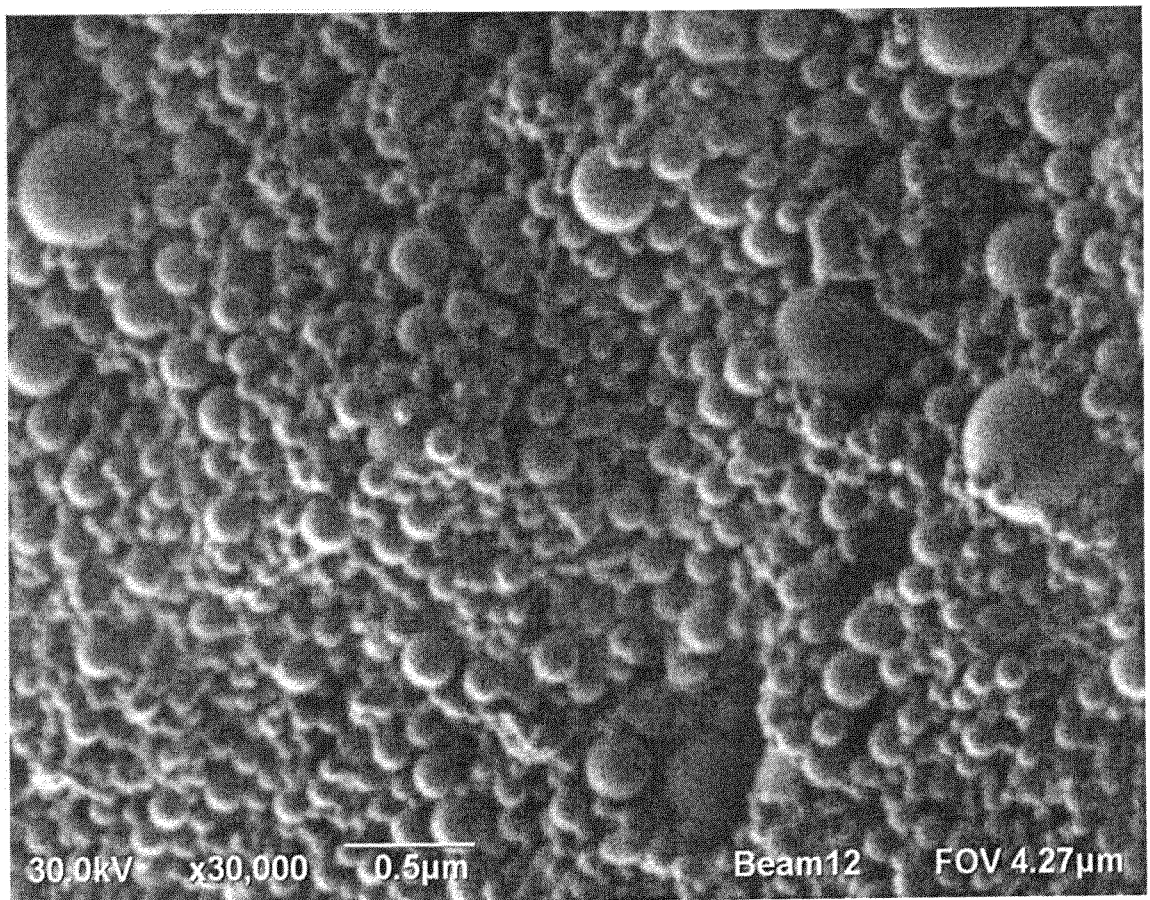
ФИГ. 4

Способ разделения нано- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



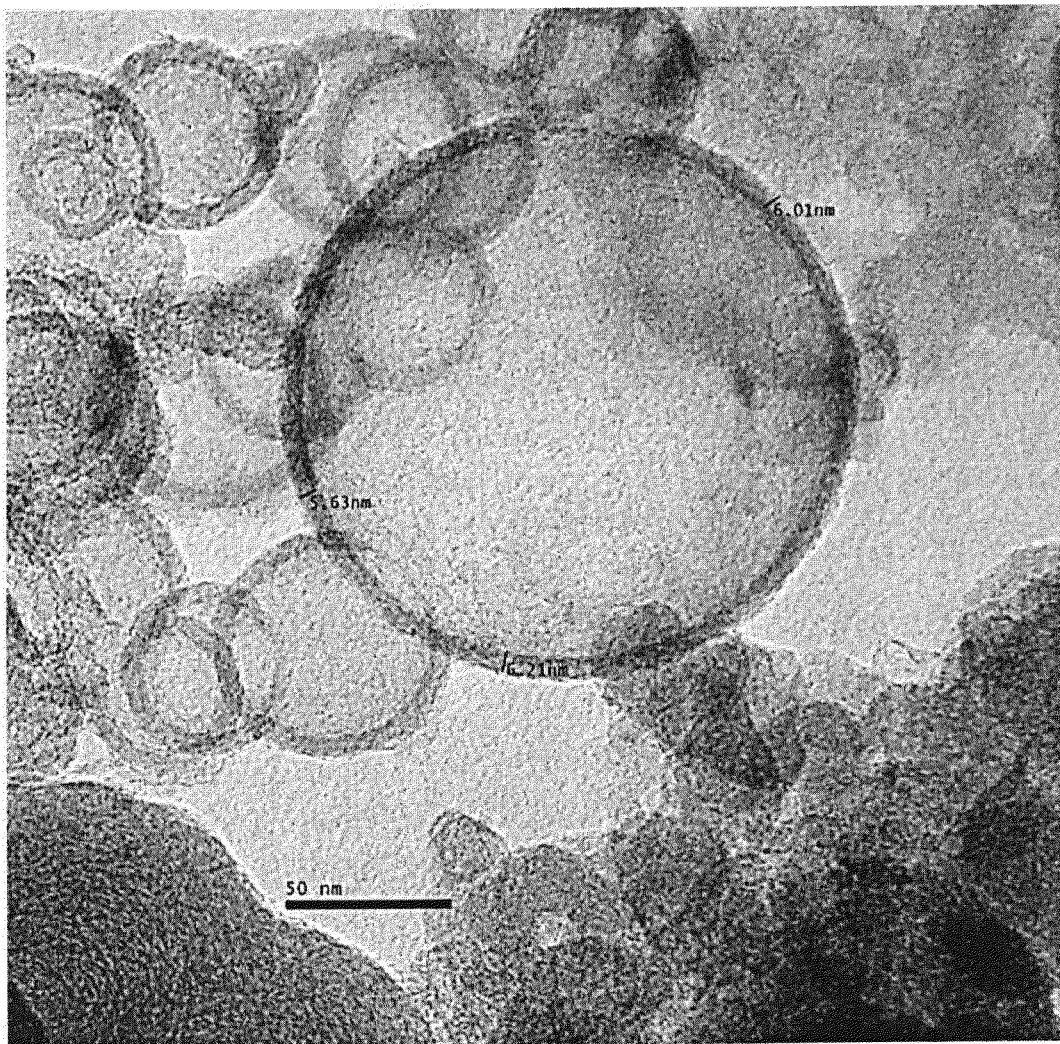
ФИГ. 5

Способ разделения нано- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



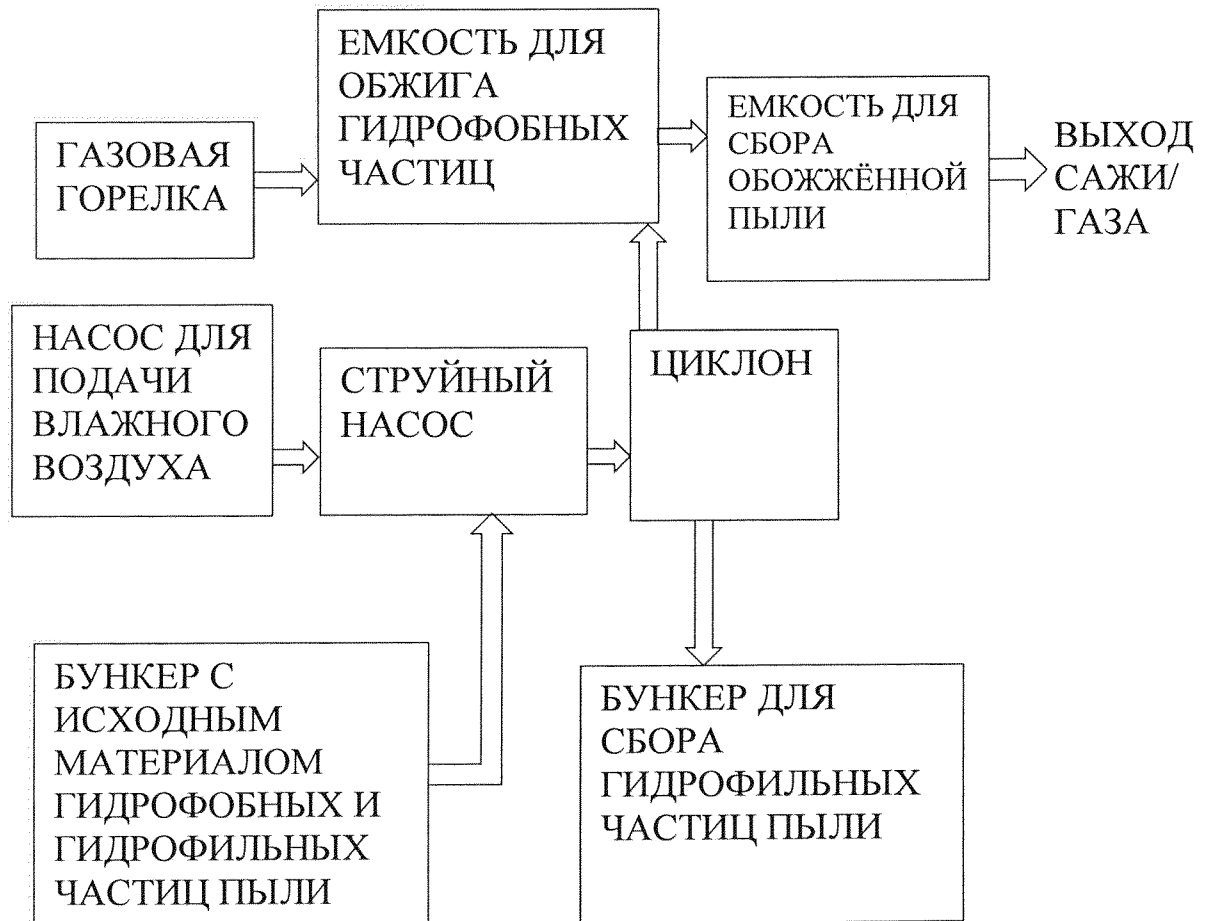
ФИГ. 6

Способ разделения nano- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



ФИГ. 7

Способ разделения nano- и микро- размерных частиц при обогащении полезных ископаемых



ФИГ. 8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2017/000918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B07B 7/00 (2006.01) B01D 45/12 (2006.01)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B07B 4/00-4/08, 7/00-7/12, 9/00-9/02, B01D 45/00-45/04, 45/12-45/18, C01B 33/00, 33/037		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, USPTO, Information Retrieval System of FIPS		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	USHAKOV S.G. et al. Inertsionnaya separatsiya pyli. Moscow "Energiya" 1974, p. 7, 29-32	1-2 3-4
Y	RU 128835 U1 (ZAO "VENTMONTAZH") 10.06.2013, p. 5, lines 34-37, p. 5, line 47 - p. 6, line 16, fig. 6	1-2
Y	RU 2106182 C1 (VORONEZHСКАIA GOSUDARSTVENNAYA ARKHITEKTURNO-STROITELNAYA AKADEMIYA) 10.03.1998, abstract	1-2
Y	RU 2242290 C1 (BELGORODSKII GOSUDARSTVENNYI UNIVERSITET IM. V.G. SHUKHOVA) 20.12.2004, p. 3, lines 1-5, p. 5, lines 15-18, fig. 1	2
A	SU 831149 A (MOSKOVSKOE OTDELENIE TSENTRALNOGO NAUCHNO- ISSLEDOVATELSKOGO I PROEKTNO-KONSTRUKTORSKOGO KOTLOTURBINNOGO INSTITUTA IM. I.I. POLZUNOVA) 26.05.1981, col. 3, lines 22-23, fig. 1	1-4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 17 August 2018 (17.08.2018)	Date of mailing of the international search report 06 September 2018 (06.09.2018)	
Name and mailing address of the ISA/ RU	Authorized officer	
Facsimile No.	Telephone No.	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/RU 2017/00091 8

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 9233325 B2 (ALFA LAVAL TUMBA AV) 12.01.2016, col. 1, lines 1-4, 45-67, col. 2, lines 1-29	1-4

**ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ**

Номер международной заявки

PCT/RU 2017/000918

<p><b>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ</b>  <i>B07B 7/00 (2006.01)</i>  <i>B01D 45/12 (2006.01)</i></p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p>																							
<p><b>B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА</b></p> <p>Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)          B07B 4/00-4/08, 7/00-7/12, 9/00-9/02, B01D 45/00-45/04, 45/12-45/18, C01B 33/00, 33/037</p> <p>Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки</p> <p>Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)          PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, USPTO, Information Retrieval System of FIPS</p>																							
<p><b>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категория*</th> <th>Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей</th> <th>Относится к пункту №</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y A</td> <td>УШАКОВ С.Г. и др. Инерционная сепарация пыли. Москва "Энергия" 1974, с. 7, 29-32</td> <td>1-2 3-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>RU 128835 U1 (ЗАО "ВЕНТМОНТАЖ") 10.06.2013, с. 5, строки 34-37, с. 5, строка 47 - с. 6, строка 16, фиг. 6</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>RU 2106182 C1 (ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ) 10.03.1998, реферат</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>RU 2242290 C1 (БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА) 20.12.2004, с. 3, строки 1-5, с. 5, строки 15-18, фиг. 1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>SU 831149 A (МОСКОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО КОТЛОТУРБИННОГО ИНСТИТУТА ИМ. И.И. ПОЛЗУНОВА) 26.05.1981, кол. 3, строки 22-23, фиг. 1</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 9233325 B2 (ALFA LAVAL TUMBA AB) 12.01.2016, кол. 1, строки 1-4, 45-67, кол. 2, строки 1-29</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>			Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	Y A	УШАКОВ С.Г. и др. Инерционная сепарация пыли. Москва "Энергия" 1974, с. 7, 29-32	1-2 3-4	Y	RU 128835 U1 (ЗАО "ВЕНТМОНТАЖ") 10.06.2013, с. 5, строки 34-37, с. 5, строка 47 - с. 6, строка 16, фиг. 6	1-2	Y	RU 2106182 C1 (ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ) 10.03.1998, реферат	1-2	Y	RU 2242290 C1 (БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА) 20.12.2004, с. 3, строки 1-5, с. 5, строки 15-18, фиг. 1	2	A	SU 831149 A (МОСКОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО КОТЛОТУРБИННОГО ИНСТИТУТА ИМ. И.И. ПОЛЗУНОВА) 26.05.1981, кол. 3, строки 22-23, фиг. 1	1-4	A	US 9233325 B2 (ALFA LAVAL TUMBA AB) 12.01.2016, кол. 1, строки 1-4, 45-67, кол. 2, строки 1-29	1-4
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №																					
Y A	УШАКОВ С.Г. и др. Инерционная сепарация пыли. Москва "Энергия" 1974, с. 7, 29-32	1-2 3-4																					
Y	RU 128835 U1 (ЗАО "ВЕНТМОНТАЖ") 10.06.2013, с. 5, строки 34-37, с. 5, строка 47 - с. 6, строка 16, фиг. 6	1-2																					
Y	RU 2106182 C1 (ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ) 10.03.1998, реферат	1-2																					
Y	RU 2242290 C1 (БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА) 20.12.2004, с. 3, строки 1-5, с. 5, строки 15-18, фиг. 1	2																					
A	SU 831149 A (МОСКОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО КОТЛОТУРБИННОГО ИНСТИТУТА ИМ. И.И. ПОЛЗУНОВА) 26.05.1981, кол. 3, строки 22-23, фиг. 1	1-4																					
A	US 9233325 B2 (ALFA LAVAL TUMBA AB) 12.01.2016, кол. 1, строки 1-4, 45-67, кол. 2, строки 1-29	1-4																					
<p><input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C.      <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении</p>																							
<p>* Особые категории ссылочных документов:</p> <table border="0"> <tr> <td>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</td> <td>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</td> </tr> <tr> <td>“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</td> <td>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</td> </tr> <tr> <td>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</td> <td>“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</td> </tr> <tr> <td>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</td> <td>“&amp;” документ, являющийся патентом-аналогом</td> </tr> <tr> <td>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</td> <td></td> </tr> </table>			“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста	“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	“&” документ, являющийся патентом-аналогом	“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета												
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение																						
“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности																						
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста																						
“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	“&” документ, являющийся патентом-аналогом																						
“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета																							
<p>Дата действительного завершения международного поиска</p> <p>17 августа 2018 (17.08.2018)</p>		<p>Дата отправки настоящего отчета о международном поиске</p> <p>06 сентября 2018 (06.09.2018)</p>																					
<p>Наименование и адрес ISA/RU:          Федеральный институт промышленной собственности,          Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59,          ГСП-3, Россия, 125993          Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37</p>		<p>Уполномоченное лицо:          Ю. Борзунова</p> <p>Телефон № (495)531-64-81</p>																					