

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2835415

### СПОСОБ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖФАЗНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВО ФЛОТАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Александрова Татьяна Николаевна (RU), Кузнецов Валентин Вадимович (RU), Шлыков Никита Александрович (RU)*

Заявка № 2024120015

Приоритет изобретения 17 июля 2024 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 25 февраля 2025 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 17 июля 2044 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B03D 1/02 (2025.01); B03B 7/00 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024120015, 17.07.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.07.2024

Дата регистрации:  
25.02.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.07.2024

(45) Опубликовано: 25.02.2025 Бюл. № 6

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО СПГУ, Патентно-лицензионный  
отдел

(72) Автор(ы):

Александрова Татьяна Николаевна (RU),  
Кузнецов Валентин Вадимович (RU),  
Шлыков Никита Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II"  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2119157 C1, 20.09.1998. SU 335592  
A1, 11.04.1972. SU 947031 A1, 30.07.1982.  
"ТИТАН И СПЛАВЫ ТИТАНОВЫЕ  
ДЕФОРМИРУЕМЫЕ МАРКИ", ГОСТ  
19807-91. КУЗНЕЦОВ В.В. "Развитие методов  
определения показателей флотуемости  
минералов для разработки эффективных  
технологических решений при переработке  
золотосодержащих руд", Автореферат, Санкт-  
Петербург, 2023. (см. прод.)

(54) СПОСОБ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖФАЗНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ВО ФЛОТАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к способам исследования межфазных явлений во флотационных системах. Изобретение может быть использовано для численного определения межфазных параметров для повышения эффективности флотационной сепарации минерального и техногенного сырья. Способ потенциометрического определения межфазных характеристик во флотационных системах заключается в том, что в водяной колонне размещают два электрода, выполненных из титанового сплава ВТ1-0, концы которых устанавливают на разной высоте, при этом разность высот составляет не менее 5 см, снизу к колонне подводят трубку для подачи воздуха,

которую подключают к воздушному компрессору, установленному выше верхней кромки колонны, на дно колонны устанавливают пластиковую решетку с диаметром ячеек сит не менее 0,5 см для обеспечения диспергации подаваемого воздуха, заливают дистиллированную воду, загружают взвесь и включают подачу воздуха, и на протяжении не менее 10 минут проводят фиксацию значения возникаемой разницы потенциалов на вольтметре, при этом разницу потенциалов начинают фиксировать, начиная с 30 секунд после подачи воздуха. Полученные данные отправляют на персональный компьютер (ПК), на котором определяют с применением программных пакетов

для численных и символьных расчетов на основании установленных значений разницы потенциалов значения параметров  $E_f$  и  $C$  с использованием уравнения:  $U=E_f \ln(t)+C$ , где  $U$  - фиксируемые значения возникаемой разницы потенциалов, В;  $t$  - время анализа, с;  $E_f$  - коэффициент, характеризующий межфазные явления во флотационной системе, В/с;  $C$  - поправочный коэффициент, учитывающий фон,

обусловленный ионным составом среды. Затем установленные значения параметра  $E_f$  для разных систем и реагентных режимов сравнивают между собой. Если абсолютное изменение параметра  $E_f$  по сравнению со значением, полученным для системы вода – воздух - твердое, будет большим, то флотационная сепарация будет эффективна. Технический результат - повышение эффективности флотационной сепарации рудного и техногенного сырья. 4 табл., 2 пр.

(56) (продолжение):

**АЛЕКСАНДРОВА Т.Н. и др. "Совершенствование технологии переработки золотоносной сульфидной руды с использованием компьютерного моделирования", "Вестник Кольского научного центра РАН", N4(11), 2019, с.5-9.**

R U 2 8 3 5 4 1 5 C 1

R U 2 8 3 5 4 1 5 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*B03D 1/02 (2025.01); B03B 7/00 (2025.01)*

(21)(22) Application: **2024120015, 17.07.2024**

(24) Effective date for property rights:  
**17.07.2024**

Registration date:  
**25.02.2025**

Priority:

(22) Date of filing: **17.07.2024**

(45) Date of publication: **25.02.2025** Bull. № 6

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO SPGU, Patentno-litsenziyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Aleksandrova Tatiana Nikolaevna (RU),  
Kuznetsov Valentin Vadimovich (RU),  
Shlykov Nikita Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **METHOD FOR POTENTIOMETRIC DETERMINATION OF INTERPHASE CHARACTERISTICS IN FLOTATION SYSTEMS**

(57) Abstract:

FIELD: measuring.

SUBSTANCE: proposed invention relates to methods of investigating interphase phenomena in flotation systems. Invention can be used for numerical determination of interphase parameters to increase efficiency of flotation separation of mineral and technogenic raw materials. Method for potentiometric determination of interphase characteristics in flotation systems consists in the fact that two electrodes made from titanium alloy VT1-0 are placed in a water column, ends of which are installed at different height, at that, the height difference is not less than 5 cm, from below to the column an air supply tube is supplied, which is connected to an air compressor installed above the upper edge of the column, at the bottom of the column a plastic grid is installed with a mesh diameter of sieves of not less than 0.5 cm to ensure dispersion of the supplied air, distilled water is poured, suspension is loaded and air supply is switched on, and for at least 10 minutes, the value of the resulting potential difference is recorded on a voltmeter, wherein potential

difference is detected starting from 30 seconds after air supply. Obtained data are sent to a personal computer (PC), on which the values of parameters  $E_f$  and  $C$  are determined using software packages for numerical and symbolic calculations using the equation:  $U = E_f \ln(t) + C$ , where  $U$  is the recorded values of the arising potential difference,  $V$ ;  $t$  is analysis time,  $s$ ;  $E_f$  is a coefficient characterizing interphase phenomena in a flotation system,  $V/s$ ;  $C$  is a correction factor which takes into account the background caused by the ionic composition of the medium. Then the established values of the parameter  $E_f$  for different systems and reagent modes are compared to each other. If the absolute change of the parameter  $E_f$  in comparison with the value obtained for the water-air-solid system is large, then the flotation separation will be effective.

EFFECT: increased efficiency of flotation separation of ore and technogenic raw materials.

1 cl, 4 tbl, 2 ex

Изобретение относится к способам исследования межфазных явлений во флотационных системах. Изобретение может быть использовано для численного определения межфазных параметров для повышения эффективности флотационной сепарации минерального и техногенного сырья.

5 Известен способ определения смачиваемости минеральных порошков (патент № 2583335, опубл. 10.05.2016). Для определения смачиваемости активированных минеральных порошков применяют пенную флотацию в лабораторных условиях. Степень смачиваемости минерального порошка рассчитывают согласно выражению:  $G=(M_1/M) \times t \times R$ , где  $M_1$  - масса сфлотированного минерального порошка (выход пенного  
10 продукта при флотации), в граммах,  $M$  - общая масса исследуемого минерального порошка, направляемого во флотокамеру, в граммах,  $t$  - время флотации минерального порошка, час;  $R$  - расход поверхностно-активного вещества (ПАВ) при флотации, %. Причем расход ПАВ поддерживают в пределах от 1,0 до 1,5% и время флотации от 15 до 30 минут.

15 Недостатком данного способа является то, что значение степени смачиваемости значительно зависит от выбранного типа лабораторной флотомашины и режима ее работы.

Известен способ определения гидрофобизирующих свойств химреагентов (патент № 2179714, опубл. 20.02.2002), включающий фильтрацию водного раствора электролита  
20 через образцы пористой среды при постоянном перепаде давления между "входом" и "выходом" образца до достижения стационарности процесса фильтрации и образования на поверхности пористой среды гидрофильного ионно-гидратного слоя, вносят на "вход" образца пористой среды химреагенты и определяют гидрофобизирующие свойства химреагентов по величине их адсорбции, подают на "вход" образца пористой среды  
25 водный раствор электролита, дожидаются стационарности процесса фильтрации и по интенсивности и степени восстановления гидрофильного ионно-гидратного слоя судят об остаточной гидрофобизирующей способности химреагентов.

Недостатком данного способа является то, что на результаты оценки гидрофобизирующего действия реагента влияют абсорбционные свойства материала.

30 Известен способ качественной оценки сорбционной активности аминокислот (патент № 2030741, опубл. 10.03.1995), включающий измерение сорбционных свойств при взаимодействии аминокислот, являющихся поверхностно - активными веществами (ПАВ) с апатито-нефелиновой рудой с помощью тонкослойной хроматографии, нанесение на тонкослойную пластину измельченную апатито-нефелиновую руду с  
35 крахмалом и раствором родамина в 2-пропаноле, капли смесей N-ациламино кислот ПАВ в спирте, элюируют смесью хлороформа (25%-ный амиачный раствор) и сушку, измерение высоты подъема растворителя и пятна ПАВ и определение относительного индекса  $R_f$  для оценки флотационной активности.

40 Недостатком данного способа является строгое ограничение по крупности материала, обусловленное необходимостью проведения тонкослойной хроматографии.

Известен способ определения смачиваемости мелкодисперсных порошков (патент № 2522805, опубл. 20.07.2014), включающий создание в кювете с прозрачными плоско-параллельными стенками взвеси равномерно распределенных в воздухе частиц порошка  
45 диаметром не более 5 мкм и измеряют спектральный коэффициент пропускания взвеси, подачу потока монодисперсных капель диаметром  $0,8 \div 2,5$  мм из равномерно распределенных по поперечному сечению кюветы капельниц в течение заданного промежутка времени и повторное измерение спектрального коэффициента пропускания взвеси.

Недостатком данного способа является строгое ограничение по крупности материала, обусловленное необходимостью измерения спектрального коэффициента пропускания взвеси, а также диаметром капель реагента.

Известен способ определения гидрофобности-гидрофильности диэлектрического материала (патент № 2298175, опубл. 27.04.2007), заключающийся в том, что выводы заряженного конденсатора поочередно замыкают образцом исследуемого материала, а затем образцом материала с эталонной гидрофобностью-гидрофильностью после чего сравнивают характер зависимости напряжения на конденсаторе от времени испытания и по соотношению скоростей спада напряжения судят о гидрофобности-гидрофильности исследуемого материала.

Недостатком данного способа является то, что для того, чтобы замкнуть цепь с конденсатором необходим однородный материал с непрерывной поверхностью, из-за чего невозможно применять данный способ к многокомпонентным и порошковым материалам.

Известен способ определения потенциала поверхности (патент № 2119157, опубл. 20.09.1998), принятый за прототип, включающий фиксацию потенциала поверхности материала как разность потенциалов хлорсеребряных электродов, предварительный отбор двух идентичных электрода второго рода, помещение образца с исследуемой поверхностью в диэлектрический сосуд, заполняют сосуд диэлектрической жидкостью до высоты, заведомо превышающей зону действия поверхностного заряда образца, заполняют оба электрода одинаковым электролитом, подключают их к регистрирующему прибору и погружают в диэлектрическую жидкость, взаимно совместимую с электролитом, причем один электрод погружают до контакта с контролируемой поверхностью, а другой оставляют вне зоны действия поверхностного заряда и по величине разности потенциалов между электродами судят о величине потенциала поверхности.

Недостатками данного способа является то, что измерения потенциала не могут вестись в пульпе и при подаче воздуха, так как для корректных измерений необходимо использовать чистую диэлектрическую жидкость, взаимно совместимую с электролитом.

Техническим результатом является повышение эффективности флотационной сепарации рудного и техногенного сырья.

Технический результат достигается тем, что в водяной колонне размещают два электрода, выполненных из титанового сплава ВТ1-0, концы которых устанавливают на разной высоте, при этом разность высот составляет не менее 5 см, снизу к колонне подводят трубку для подачи воздуха, которую подключают к воздушному компрессору, установленному выше верхней кромки колонны, на дно колонны устанавливают пластиковую решетку с диаметром ячеек сит не менее 0,5 см для обеспечения диспергации подаваемого воздуха, заливают дистиллированную воду, загружают взвесь и включают подачу воздуха, и на протяжении не менее 10 минут, проводят фиксацию значения возникаемой разницы потенциалов на вольтметре, при этом разницу потенциалов начинают фиксировать, начиная с 30 секунд после подачи воздуха, полученные данные отправляют на персональный компьютер (ПК), на котором определяют с применением программных пакетов для численных и символьных расчетов на основании установленных значений разницы потенциалов значения параметров  $E_f$  и  $C$ , с использованием уравнения:

$$U = E_f \ln(t) + C, \text{ где}$$

$U$  – фиксируемые значения возникаемой разницы потенциалов, В;

$t$  – время анализа, с;

$E_f$  – коэффициент, характеризующий межфазные явления во флотационной системе, В/с;

$C$  – поправочный коэффициент, учитывающий фон, обусловленный ионным составом среды;

5 затем установленные значения параметра  $E_f$  для разных систем и реагентных режимов сравнивают между собой, если абсолютное изменение параметра  $E_f$  по сравнению со значением, полученным для системы вода – воздух - твердое будет большим, то флотационная сепарация будет эффективна.

10 Способ осуществляется следующим образом. В водяной колонне размещают два электрода, выполненных из титанового сплава ВТ1-0. Концы электродов устанавливают на разной высоте. Разность высот составляет не менее 5 см. К концам электродов, находящимся в воздухе, клеммами подключают вольтметр для регистрации значений возникающей разницы потенциалов. Снизу к колонне подводят трубку для подачи

15 воздуха, которую подключают к воздушному компрессору. Воздушный компрессор устанавливают выше верхней кромки колонны, при этом он обеспечивает расход воздуха не менее 0,5 л/мин. На дно колонны устанавливают пластиковую решетку с диаметром ячеек сит не менее 0,5 см для обеспечения диспергации подаваемого воздуха.

В колонну заливают дистиллированную воду, затем включают подачу воздуха и не менее 10 минут фиксируют значения возникаемой разницы потенциалов на вольтметре.

20 После отбирают навеску исследуемого материала исходя из необходимого значения содержания твердого для флотационной сепарации. В реактор помещают отобранную навеску, доводят объем смеси дистиллированной водой и перемешивают на протяжении от 5 до 10 минут. После загрузки взвеси в колонну включают подачу воздуха и на протяжении не менее 10 минут фиксируют значения возникаемой разницы потенциалов на вольтметре. Разницу потенциалов начинают фиксировать, начиная с 30 секунд после

25 подачи воздуха. Полученные данные отправляют на ПК, на котором определяют с применением программных пакетов для численных и символьных расчетов на основании установленных значений разницы потенциалов значения параметров  $E_f$  и  $C$ , с

30 использованием уравнения:

$$U = E_f \ln(t) + C, \text{ где}$$

$U$  – фиксируемые значения возникаемой разницы потенциалов, В;

$t$  – время анализа, с;

35  $E_f$  – коэффициент, характеризующий межфазные явления во флотационной системе, В/с;

$C$  – поправочный коэффициент, учитывающий фон, обусловленный ионным составом среды.

40 Установленные значения параметра  $E_f$  для разных систем и реагентных режимов сравнивают между собой. Чем больше абсолютное изменение параметра  $E_f$  по сравнению со значением, полученным для системы вода-воздух-твердое, тем более эффективна флотационная сепарация. Способ поясняется следующими примерами.

45 Пример 1. Был отобран древесный уголь в количестве 30 г крупностью -1 мм + 0,1 мм. В начале проведены измерения разницы потенциалов для системы вода-газ. После чего проведены измерения разницы потенциалов для системы вода-газ при добавлении в объем 1% раствора фенола с расходом 50 г/т. Далее проведены измерения разницы потенциалов для системы твердое-вода-газ. В конце проведены измерения разницы потенциалов для системы твердое-вода-газ с добавлением в объем 1 % раствора фенола

с расходом 50 г/т. Результаты замеров возникающей разницы потенциалов для каждого случая сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты замеров возникающей разницы потенциалов для исследований флотационной системы угля

5

Время анализа, с	Значения возникающей разницы потенциалов, В				
	Вода+Воздух	Вода+Воздух+1% р-р фенола	Вода+Воздух+Уголь	Вода+Воздух+Уголь+ 1 % р-р фенола	
30	0,216	0,071	0,0110	0,0111	
60	0,203	0,062	0,0063	0,0157	
10	120	0,183	0,048	0,0041	0,0185
180	0,159	0,041	0,0013	0,0198	
240	0,146	0,040	0,0011	0,0221	
300	0,132	0,036	0,0005	0,0232	
360	0,120	0,034	0,0005	0,0242	
420	0,109	0,029	0,0004	0,0251	
15	480	0,097	0,026	0,0003	0,0257
540	0,088	0,025	0,0003	0,0263	
600	0,082	0,025	0,0003	0,0269	

Для каждой серии измерений за исключением последней наблюдается падение значений возникающей разницы потенциалов с течением времени анализа. Определенные значения параметров  $E_f$  и С сведены в таблицу 2.

20

Таблица 2 – Установленные значения параметров  $E_f$  и С для исследований флотационной системы угля

25

Условия	Значение параметра $E_f$	Значение параметра С
Вода+Воздух	-0,047	0,3928
Вода+Воздух+1% р-р фенола	-0,015	0,1212
Вода+Воздух+Твердое	-0,003	0,0208
Вода+Воздух+Твердое+ 1 % р-р фенола	0,005	-0,0061

30

Повышение значения параметра  $E_f$  при исследовании системы твердое-жидкость-газ свидетельствует об изменении характера движения частиц твердой фазы, несущих поверхностный заряд, в объеме колонны при добавлении поверхностно-активного вещества. Частицы твердой фазы закрепляются на пузырьках газа за счет гидрофобных сил и всплывают совместно с пузырьками воздуха. Таким образом, увеличение значение параметра  $E_f$  свидетельствует об увеличении эффективности процесса флотационной сепарации при добавлении фенола в смесь.

35

Пример 2. Отобрано 10 г отходов производства картона, в виде запрессованной картонной макулатуры. Отобранный материал смешали с дистиллированной водой до достижения объема смеси 150 мл. В полученную смесь добавили 10% раствор гидроксида натрия до достижения рН = 10. Полученную смесь оставили на 24 часа. По прошествии времени полученную макулатурную массу пропустили через сито 1 мм. Подрешетный продукт загрузили в колонну и провели измерения разницы потенциалов для системы вода-твердое. После чего провели измерения разницы потенциалов для системы твердое – вода - газ.

45

Результаты замеров возникаемой разницы потенциалов для каждого случая сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты замеров возникающей разницы потенциалов для исследований



## флотационной системы волокнистых структур

Время анализа, с	Значения возникающей разницы потенциалов, В	
	Вода+Твердое	Вода+Воздух+Твердое
30	-0,0806	-0,0215
60	-0,0758	-0,0187
120	-0,0731	-0,0107
180	-0,0715	-0,0075
240	-0,0708	-0,0046
300	-0,0697	-0,0017
360	-0,0688	-0,0011
420	-0,0682	0,0002
480	-0,0677	0,0014
540	-0,0674	0,0025
600	-0,0668	0,0034

Для каждой серии измерений наблюдается возрастание значений возникающей разницы потенциалов с течением времени анализа. Определенные значения параметров  $E_f$  и  $C$  сведены в таблицу 4.

Таблица 4 - Установленные значения параметров  $E_f$  и  $C$  для исследований флотационной системы волокнистых структур

Условия	Значение параметра $E_f$	Значение параметра $C$
Вода+Твердое	0,0046	-0,0956
Вода+Твердое+Воздух	0,0088	-0,0528

Повышение значения параметра  $E_f$  при исследовании системы твердое-жидкость-газ свидетельствует об изменении характера движения частиц твердой фазы, несущих поверхностный заряд, в объеме колонны. Частицы твердой фазы закрепляются на пузырьках газа за счет гидрофобных сил и всплывают совместно с пузырьками воздуха. Повышение значения параметра  $E_f$  свидетельствует о наличии возможности флотационной очистки картонной макулатуры от краски.

Заявляемый способ позволяет численно определить межфазные характеристики во флотационной системе за счет измерения возникаемой разницы напряжений на титановых электродах.

## (57) Формула изобретения

Способ потенциометрического определения межфазных характеристик во флотационных системах, заключающийся в том, что в водяной колонне размещают два электрода, выполненных из титанового сплава ВТ1-0, концы которых устанавливают на разной высоте, при этом разность высот составляет не менее 5 см, снизу к колонне подводят трубку для подачи воздуха, которую подключают к воздушному компрессору, установленному выше верхней кромки колонны, на дно колонны устанавливают пластиковую решетку с диаметром ячеек сит не менее 0,5 см для обеспечения диспергации подаваемого воздуха, заливают дистиллированную воду, загружают взвесь и включают подачу воздуха, и на протяжении не менее 10 минут проводят фиксацию значения возникаемой разницы потенциалов на вольтметре, при этом разницу потенциалов начинают фиксировать, начиная с 30 секунд после подачи воздуха, полученные данные отправляют на персональный компьютер (ПК), на котором определяют с применением программных пакетов для численных и символьных расчетов на основании

установленных значений разницы потенциалов значения параметров  $E_f$  и  $C$  с использованием уравнения:

$$U = E_f \ln(t) + C,$$

где  $U$  - фиксируемые значения возникаемой разницы потенциалов, В;

$t$  - время анализа, с;

$E_f$  - коэффициент, характеризующий межфазные явления во флотационной системе, В/с;

$C$  - поправочный коэффициент, учитывающий фон, обусловленный ионным составом среды;

затем установленные значения параметра  $E_f$  для разных систем и реагентных режимов сравнивают между собой, если абсолютное изменение параметра  $E_f$  по сравнению со значением, полученным для системы вода - воздух - твердое, будет большим, то флотационная сепарация будет эффективна.