

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2648402

### СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С ПОВЫШЕННОЙ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Александрова Татьяна Николаевна (RU), Семенихин Дмитрий Николаевич (RU), Николаева Надежда Валерьевна (RU), Ромашев Артём Олегович (RU)*

Заявка № 2017113791

Приоритет изобретения 20 апреля 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 26 марта 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 20 апреля 2037 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Ивлиев*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B03D 1/02 (2006.01); B03D 2203/025 (2006.01); B03B 1/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017113791, 20.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.04.2017Дата регистрации:  
26.03.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.04.2017

(45) Опубликовано: 26.03.2018 Бюл. № 9

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Александрова Татьяна Николаевна (RU),  
Семенihin Дмитрий Николаевич (RU),  
Николаева Надежда Валерьевна (RU),  
Ромашев Артём Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

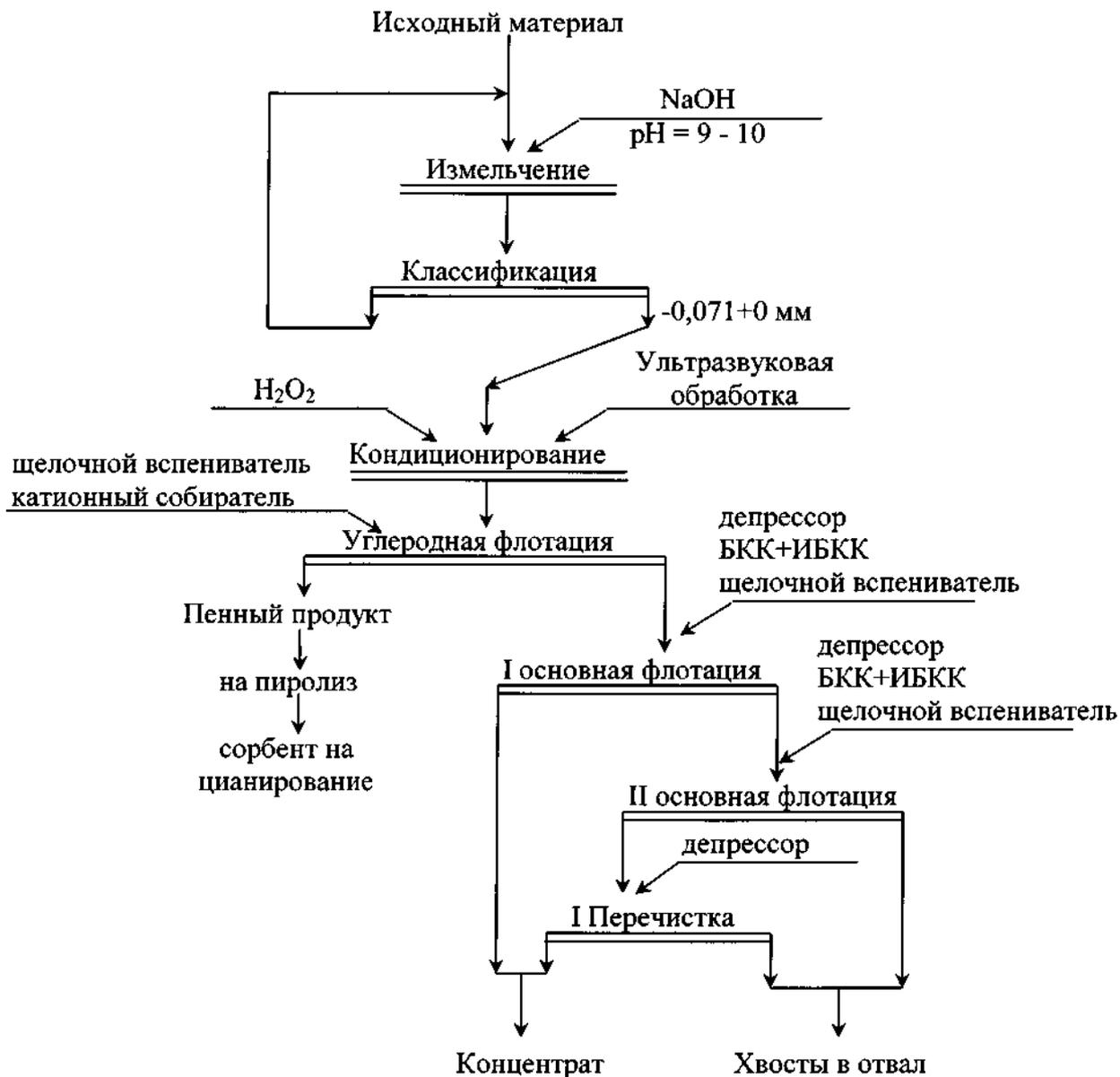
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2542072 C1, 20.02.2015. RU  
2588090 C1, 27.06.2016. RU 2483808 C2,  
10.06.2013. RU 2318605 C1, 10.03.2008. KZ  
30092 A4, 15.07.2015. KZ 26469 A4, 14.12.2012.  
АЛЕКСАНДРОВА Т.Н. и др., "Удаление  
сорбционно-активных углеродистых  
веществ из упорных золотосульфидных руд  
и концентратов месторождения Майской",  
"Обогащение руд", N4, 2015, с. 3-7. (см.  
прод.)

## (54) СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С ПОВЫШЕННОЙ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области обогащения руд флотацией, в частности к флотации золотосодержащих руд, и может быть использовано при обогащении углеродсодержащего сырья различного происхождения. Способ обогащения золотосодержащих руд с повышенной сорбционной способностью включает предварительное измельчение, классификацию, кондиционирование пульпы в ультразвуковой ванне и последующую флотацию с использованием бутилового ксантогената калия БКК. Измельчение осуществляют в щелочной среде до крупности -0,071 мм. Измельченную пульпу направляют на кондиционирование с

добавлением перекиси водорода в ультразвуковую ванну. После кондиционирования пульпа поступает на углеродную флотацию, где выделяют в пенный продукт сорбционно-активный углерод и графит, а камерный продукт направляют на сульфидную флотацию, осуществляемую в три стадии. Две основные стадии сульфидной флотации осуществляют с использованием депрессора, щелочного вспенивателя и собирателя, в качестве которого используют смесь бутилового ксантогената калия (БКК) и изобутилового ксантогената калия (ИББК), а перечистную флотацию осуществляют в присутствии депрессора. Технический результат - повышение



Фиг.1

(56) (продолжение):  
АЛЕКСАНДРОВА Т.Н. и др., "Технологические аспекты извлечения благородных и редких металлов из углеродсодержащих пород", "Записки Горного института", т.217, Санкт-Петербург, 2016, с.72-79.

RU 2648402 C1

RU 2648402 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B03D 1/02* (2006.01)  
*B03B 1/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*B03D 1/02 (2006.01); B03D 2203/025 (2006.01); B03B 1/00 (2006.01)*(21)(22) Application: **2017113791, 20.04.2017**(24) Effective date for property rights:  
**20.04.2017**Registration date:  
**26.03.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **20.04.2017**(45) Date of publication: **26.03.2018 Bull. № 9**

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", otdel  
intelektualnoj sobstvennosti i transfera tekhnologij  
(otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

**Aleksandrova Tatyana Nikolaevna (RU),  
Semenikhin Dmitrij Nikolaevich (RU),  
Nikolaeva Nadezhda Valerevna (RU),  
Romashev Artem Olegovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)**

(54) **METHOD FOR DRESSING GOLD-BEARING ORES WITH HIGH SORPTION CAPACITY**

(57) Abstract:

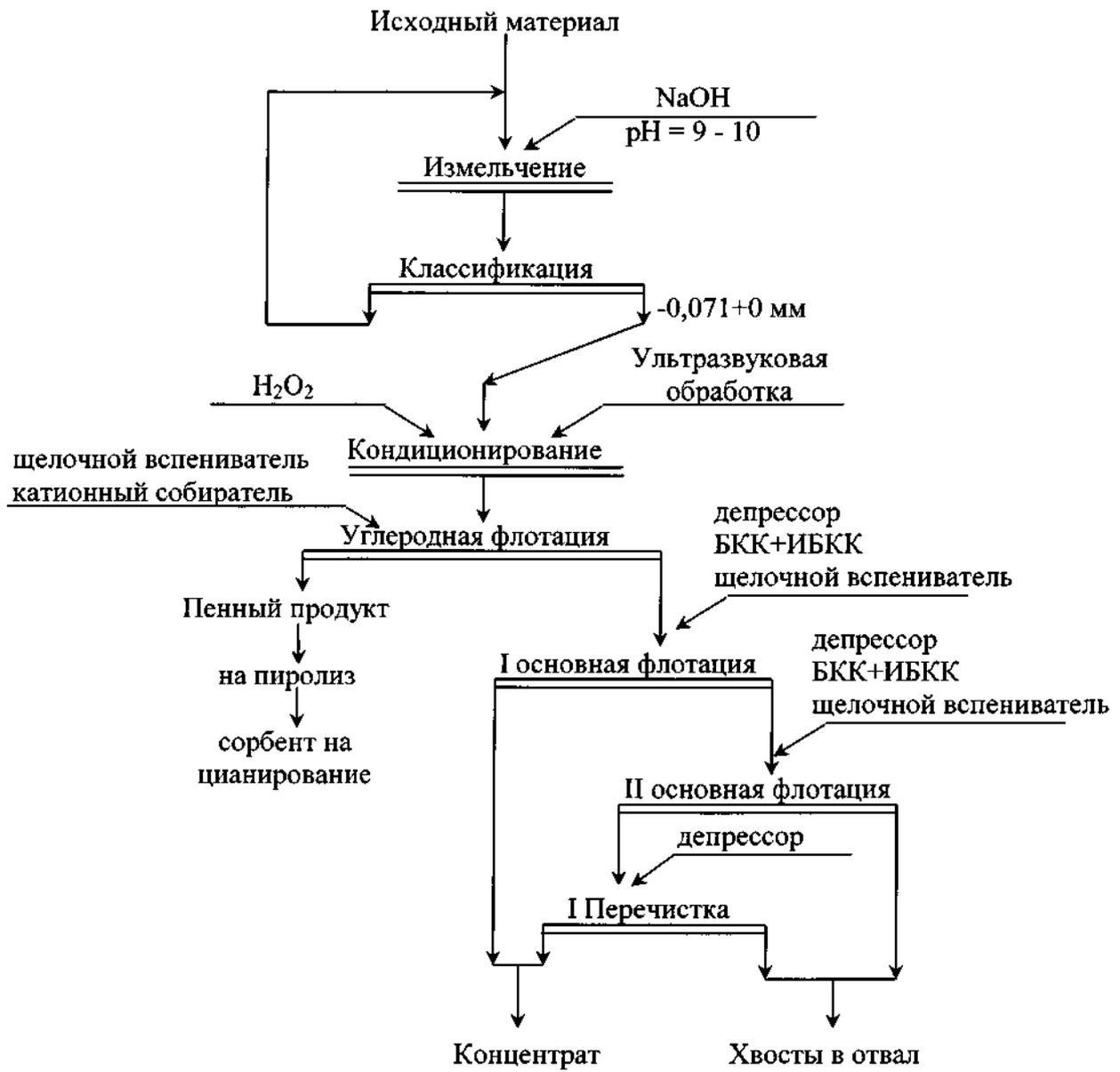
FIELD: mining.

SUBSTANCE: invention relates to the field of ore dressing by flotation, in particular to the flotation of gold-bearing ores, and can be used in the dressing of carbon-containing raw materials of various origins. Method for dressing gold-bearing ores with increased sorption capacity includes preliminary grinding, classification, conditioning of the pulp in an ultrasonic bath and subsequent flotation using butyl potassium xanthate. Grinding is carried out in an alkaline medium to a particle size of -0.071 mm. Ground pulp is sent for conditioning with the addition of hydrogen peroxide to the ultrasonic bath. After conditioning, the pulp enters

the carbon flotation, where sorption-active carbon and graphite are isolated into the foam product, and the chamber product is sent to a sulphide flotation carried out in three stages. Two main stages of sulphide flotation are carried out using a depressor, alkaline foaming agent and collector, which is a mixture of butyl potassium xanthate and isobutyl potassium xanthate, and the purification flotation is carried out in the presence of the depressor.

EFFECT: increased extraction of valuable components in concentrate and improved quality of the concentrate.

1 cl, 4 dwg, 2 tbl



Фиг.1

RU 2648402 C1

RU 2648402 C1

Изобретение относится к области обогащения руд флотацией, в частности к флотации золотосодержащих руд, и может быть использовано при обогащении углеродсодержащего сырья различного происхождения.

Известен способ обогащения сульфидных полиметаллических золотосодержащих руд и продуктов (патент RU №2314165, опубл. 10.01.2008 г.), который включает коллективную сульфидную флотацию в щелочной среде в присутствии ксантогената и вспенивателя с получением коллективного концентрата и хвостов, последующую селективную флотацию коллективного концентрата с получением товарных концентратов и пиритного продукта. Хвосты коллективной сульфидной флотации и/или пиритный продукт селективной флотации классифицируют в трехпродуктовом гидроциклоне с доизмельчением песков гидроциклона в присутствии ксантогената при рН 5,4-5,6. Флотацию доизмельченных песков и среднего слива гидроциклона ведут при концентрации ксантогената до 6 мг/л, при этом полученный в результате флотации пенный продукт направляют на переработку для извлечения из него золота.

Недостатком данного способа является повышенное содержание мышьяка в золотоносном пиритном продукте ( $\beta_{As} > 2\%$ ), что негативно сказывается на дальнейшей металлургической переработке.

Известен способ извлечения тонкодисперсного золота из золотосодержащих руд (патент RU №2309799, опубл. 10.11.2007 г.), включающий дробление, измельчение, флотацию и цианирование руды. На стадии измельчения добавляют борнилацетат в количестве 30-45 г/т, полученный экстракцией из полыни или из пихтового масла, а измельченную руду подвергают классификации и фракцию руды менее 0,1 мм направляют на основную флотацию, дальнейшее цианирование и сорбцию углем.

Недостатком является низкая степень раскрытия сросток, особенно при переработке тонковкрапленных руд, и соответственно недостаточная эффективность флотации золотонесущих сульфидов.

Известен способ обогащения упорных золотосодержащих сульфидных руд (патент RU №2133644Ю опубл. 27.07.1999 г.), который включает измельчение концентрата руды крупностью до 55% класса - 0,020 мм до крупности 98-99% класса - 0,020 мм и его сорбционное цианирование. Перед измельчением руду указанной крупности кондиционируют и затем проводят флотацию, а отходы сорбционного цианирования кондиционируют сульфгидрильным собирателем и пенообразователем с последующим выделением в пенный продукт сульфидов цветных металлов, содержащих тонковкрапленное золото. Причем отходы сорбционного цианирования кондиционируют при концентрации цианистого натрия в пульпе от 0,04 до 0,20%.

Недостатками данного способа являются невысокое извлечение ценного компонента в концентрат, низкий индекс селективности, высокий расход реагентов.

Известен способ обогащения руд (патент RU №2331483, опубл. 20.08.2008 г.), который включает дробление, измельчение исходной руды в присутствии воды с последующей обработкой реагентами с использованием собирателей, вспенивателей, а также реагентами - модификаторами и вспомогательными реагентами для получения коллективных полиметаллических концентратов при флотации руд, содержащих медь, свинец, цинк или золотосодержащих концентратов при флотации золотосодержащих руд. В качестве реагента собирателя и модификатора используют 1-30%-ный раствор четвертичных аммониевых солей формулы  $C_nH_{2n+1}-CH_2-N^+H_2-CH_3O^-R^H(O)OCH_3$ , где  $n=9-18$ , в органическом растворителе «Топлинол».

Недостатками данного способа являются высокий расход реагентов и негативное

экологическое воздействие в связи с использованием химических веществ в большом количестве.

Известен способ повышения контрастности поверхностных свойств сульфидных минералов золотосодержащих руд (патент RU №2542072, опубл. 0.02.2015 г.), принятый за прототип, включающий предварительное измельчение с введением окислителя и последующую флотацию, отличающийся тем, что предварительную подготовку пульпы проводят посредством измельчения материала с добавлением перманганата калия и последующего выделения класса крупности  $-0,074+0$  мм, кондиционирование пульпы с добавлением бутилового ксантогената калия и в качестве окислителя перманганата калия осуществляют в ультразвуковой ванне с частотой 20-60 кГц и процесс флотации проводят в две стадии - основной и перечистой с использованием бутилового ксантогената калия БКК + вспенивателя ПМ2.

Недостатками являются низкая эффективность извлечения благородных металлов при наличии органического углерода в исходном сырье более 0,8% и соответственно высокие потери металла с отвальными хвостами.

Техническим результатом изобретения является выведение сорбционно активного углеродистого вещества из руды перед стадией сульфидной флотации с минимальными потерями золота и повышение извлечения ценных компонентов в концентрат, тем самым улучшая качество концентрата. Выведение углерода в голове процесса способствует соблюдению требования дальнейшего гидрометаллургического передела (отношение Au/Сорг не менее 8-10 г/кг).

Технический результат достигается тем, что руду измельчают в щелочной среде до крупности  $-0,071$  мм, затем измельченную пульпу направляют на кондиционирование с добавлением перекиси водорода в ультразвуковую ванну, после кондиционирования пульпа поступает на углеродную флотацию, где выделяют в пенный продукт сорбционно-активный углерод и графит, а камерный продукт направляют на сульфидную флотацию, осуществляемую в три стадии, при этом две основные стадии сульфидной флотации осуществляют с использованием депрессора, щелочного вспенивателя и собирателя, в качестве которого используют смесь бутилового ксантогената калия (БКК) и изобутилового ксантогената калия (ИББК), а перечистную флотацию осуществляют в присутствии депрессора.

Способ обогащения золотосодержащих руд с повышенной сорбционной способностью поясняется следующими фигурами:

- фиг. 1 - технологическая схема извлечения благородных металлов из золотосодержащих руд с повышенной сорбционной способностью;
- фиг. 2 - микрофотографии мацерал;
- фиг. 3 - микрофотографии углеродистого вещества (графитовой пленки);
- фиг. 4 - микрофотографии флотоконцентрата.

Реализация способа осуществляется следующим образом (фиг. 1). Измельчение исходной руды, содержащей золотонесущие пирит и арсенопирит, осуществляется в щелочной среде при введении в мельницу гидроксида натрия (100 г/т), что способствует раскрытию «упорных» минеральных зерен и получению более однородного гранулометрического состава по готовому классу. Кондиционирование пульпы проводят с добавкой перекиси водорода 80 г/т в ультразвуковой ванне в течении 10 минут с целью активации углеродистого вещества (фиг. 2). В результате ультразвуковой обработки увеличивается удельная поверхность внутренних и внешних пор углеродистого вещества, что позволяет его использовать в процессе цианирования в качестве сорбента. Углеродную флотацию проводят с добавкой щелочного вспенивателя 110-130 г/т и

катионного собирателя 100 г/т в качестве предварительной операции перед сульфидной флотацией для вывода активного углерода и графита (фиг. 3) из руды в пенный продукт. Камерный продукт углеродной флотации поступает в цикл сульфидной флотации. Цикл сульфидной флотации состоит из 2 основных (I и II) и перечистной операций флотации.

5 На I основной флотации добавляются реагенты в соотношении: депрессор 150-200 г/т, БКК + ИБКК 130-150 г/т и щелочной вспениватель 50-70 г/т. На II основной флотации: депрессор 100 г/т, БКК + ИБКК 50-100 г/т и щелочной вспениватель 10-20 г/т. На перечистной флотации подается только депрессор 50 г/т. Концентраты I основной и перечистной флотаций объединяются и являются готовым продуктом, содержащим

10 золото, в том числе и наноразмерное (фиг. 4). А отвальным продуктом являются хвосты II основной и перечистной флотаций.

Способ поясняется следующим примером. Измельчение золотосодержащей руды с повышенной сорбционной способностью до технологически готового класса крупности (-0,071+0 мм) осуществляется путем механохимикоактивации в растворе гидроксида

15 натрия 100 г/т. Измельченная руда для контроля крупности подвергается классификации в гидроциклоне. Механохимикоактивация позволяет снизить циркулирующую нагрузку в цикле измельчения. Пески гидроциклона возвращаются на доизмельчение, а слив подается на кондиционирование. Кондиционирование пульпы проводят с добавкой перекиси водорода 80 г/т в ультразвуковой ванне в течение 10 минут с частотой 20 кГц.

20 И затем проводят флотацию, которая состоит из двух циклов: углеродной и сульфидной флотаций. Для выведения активного углерода и графита из руды перед стадией сульфидной флотации с минимальными потерями золота предусмотрена углеродная флотация, которая должна снизить количество добавляемых реагентов в дальнейшую сульфидную флотацию. Также выведение углерода в начале процесса способствует

25 соблюдению требования дальнейшего гидрометаллургического передела (отношение Au/Сорг не менее 8-10 г/кг). Углеродную флотацию проводят с добавкой щелочного вспенивателя 110-130 г/т и катионного собирателя 100 г/т. Щелочной вспениватель для активного углерода является и собирателем. Катионный собиратель повышает гидрофобность графита. В результате углеродной флотации получают два продукта:

30 пенный продукт, содержащий активированное углистое вещество и графит, и камерный продукт, содержащий пирит и арсенопирит. Камерный продукт углеродной флотации поступает в цикл сульфидной флотации. Цикл сульфидной флотации состоит из 2 основных (I и II) и перечистной операций флотации. На I основной флотации добавляются реагенты в соотношении: депрессор 150-200 г/т, собирательная смесь (БКК + ИБКК)

35 130-150 г/т и щелочной вспениватель 50-70 г/т. На II основной флотации: депрессор 100 г/т, собирательная смесь (БКК + ИБКК) 50-100 г/т и щелочной вспениватель 10-20 г/т. На перечистной флотации подается только депрессор 50 г/т. Экспериментально было выявлено и теоретически обосновано, что сочетание бутилового и изобутилового ксантогенатов в соотношении 3:1 позволяет увеличить извлечение золота в пенный

40 продукт на 7,8%; повысить скорость флотации, снизить расход реагентов по сравнению с применением каждого реагента в отдельности. Концентраты I основной и перечистной флотаций объединяются и являются готовым продуктом, содержащим золото, в том числе и наноразмерное. А отвальным продуктом являются хвосты II основной и перечистной флотаций. В таблицах 1 и 2 представлены результаты флотации с

45 применением различных вспенивателей и результаты эффективности предложенного режима переработки золотосодержащих руд с повышенной сорбционной активностью.

Таблица 1 – Результаты опытов с различными вспенивателями

Тип вспенивателя	Продукт	Выход,%	Содержание, г/т, %		Извлечение, %	
			<i>Au</i>	<i>Сорг.</i>	<i>Au</i>	<i>Сорг.</i>
OPF	Пенный продукт	2,8	4,23	10,77	0,97	34,66
	К-т 1	5,5	73,4	1,22	33,17	7,71
	К-т 2	9,7	78,1	0,59	62,25	6,58
	<b>Концентрат</b>	<b>15,2</b>	<b>76,40</b>	<b>0,82</b>	<b>95,42</b>	<b>14,29</b>
	Хвосты	82	5,36	0,59	3,61	51,05
	<b>Исходн.</b>	<b>100</b>	<b>12,17</b>	<b>0,87</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
МИБК	Пенный продукт	3,8	7,06	3,99	2,2	17,37
	К-т 1	4,6	68,6	2,7	25,91	14,28
	К-т 2	7	78,7	0,89	45,23	7,16
	<b>Концентрат</b>	<b>11,6</b>	<b>74,69</b>	<b>1,61</b>	<b>71,14</b>	<b>21,44</b>
	Хвосты	84,6	4,79	0,6	26,66	61,19
	<b>Исходн.</b>	<b>100</b>	<b>12,18</b>	<b>0,87</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Flotanol 7182	Пенный продукт	2	6,01	6,13	0,96	14,71
	К-т 1	4,3	60,2	2,11	20,49	10,83
	К-т 2	8,7	66	1,2	45,7	12,54
	<b>Концентрат</b>	<b>13</b>	<b>64,09</b>	<b>1,5</b>	<b>66,18</b>	<b>23,37</b>
	Хвосты	77,1	4,7	0,56	28,7	51,59
	<b>Исходн.</b>	<b>100</b>	<b>12,63</b>	<b>0,84</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Flotanol 7196	Пенный продукт	6,4	7,72	3,21	3,55	23,84
	К-т 1	2,9	73,4	2,24	15,17	7,48
	К-т 2	7,5	76,1	0,84	40,53	7,23
	<b>Концентрат</b>	<b>10,3</b>	<b>75,35</b>	<b>1,23</b>	<b>55,69</b>	<b>14,71</b>
	Хвосты	73,5	6,12	0,59	32,17	50,13
	<b>Исходн.</b>	<b>100</b>	<b>13,99</b>	<b>0,87</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Flotanol 7197	Пенный продукт	7,8	8,13	3,06	4,7	25,86
	К-т 1	8,9	70,1	1,2	46,21	11,57
	К-т 2	5,7	66,2	1,12	27,71	6,86
	<b>Концентрат</b>	<b>14,6</b>	<b>66,87</b>	<b>1,17</b>	<b>73,92</b>	<b>18,43</b>
	Хвосты	70,8	3,5	0,64	18,29	48,94
	<b>Исходн.</b>	<b>100</b>	<b>13,54</b>	<b>0,93</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
AF-88	Пенный продукт	6,4	7,15	3,14	3,84	21,09
	К-т 1	2,7	52,2	2,38	11,55	6,59
	К-т 2	1,8	56,3	1,01	8,25	1,85
	<b>Концентрат</b>	<b>4,4</b>	<b>53,83</b>	<b>1,83</b>	<b>19,8</b>	<b>8,45</b>
	Хвосты	82,1	8,42	0,7	57,52	59,87
	<b>Исходн.</b>	<b>100</b>	<b>12,02</b>	<b>0,96</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
ПМ-2	Пенный продукт	6,1	7,43	3,35	3,88	22,99
	К-т 1	2	39,6	2,19	6,72	4,89
	К-т 2	1,5	68,1	1,18	8,64	1,97
	<b>Концентрат</b>	<b>3,5</b>	<b>51,79</b>	<b>1,76</b>	<b>15,37</b>	<b>6,86</b>
	Хвосты	79,9	6,59	0,61	45,2	55,01
	<b>Исходн.</b>	<b>100</b>	<b>11,65</b>	<b>0,89</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Таблица 2 – Результаты эффективности флотации

Вид и расход пенообразователя	Параметры оценки	
	$E_T$ , г/кг	Эффективность $E_C$ , %
OPF-597	9,34	97,19
МИБК	4,64	87,33
Flotanol 7182	4,27	93,50
Flotanol 7196	6,17	85,11
Flotanol 7197	5,72	81,84
AF-88	2,94	81,79
ПМ-2	2,94	83,12

Разработанный способ позволяет повысить эффективность извлечения золота в

концентрат при снижении расхода реагентов, является экологически безопасным и экономически выгодным.

(57) Формула изобретения

5       Способ обогащения золотосодержащих руд с повышенной сорбционной  
способностью, включающий предварительное измельчение, классификацию,  
кондиционирование пульпы в ультразвуковой ванне и последующую флотацию с  
использованием бутилового ксантогената калия БКК, отличающийся тем, что  
10       измельчение осуществляют в щелочной среде до крупности -0,071 мм, затем  
измельченную пульпу направляют на кондиционирование с добавлением перекиси водорода  
в ультразвуковую ванну, после кондиционирования пульпа поступает на углеродную  
флотацию, где выделяют в пенный продукт сорбционно-активный углерод и графит, а  
камерный продукт направляют на сульфидную флотацию, осуществляемую в три  
15       стадии, при этом две основные стадии сульфидной флотации осуществляют с  
использованием депрессора, щелочного вспенивателя и собирателя, в качестве которого  
используют смесь бутилового ксантогената калия (БКК) и изобутилового ксантогената  
калия (ИББК), а перечистную флотацию осуществляют в присутствии депрессора.

20

25

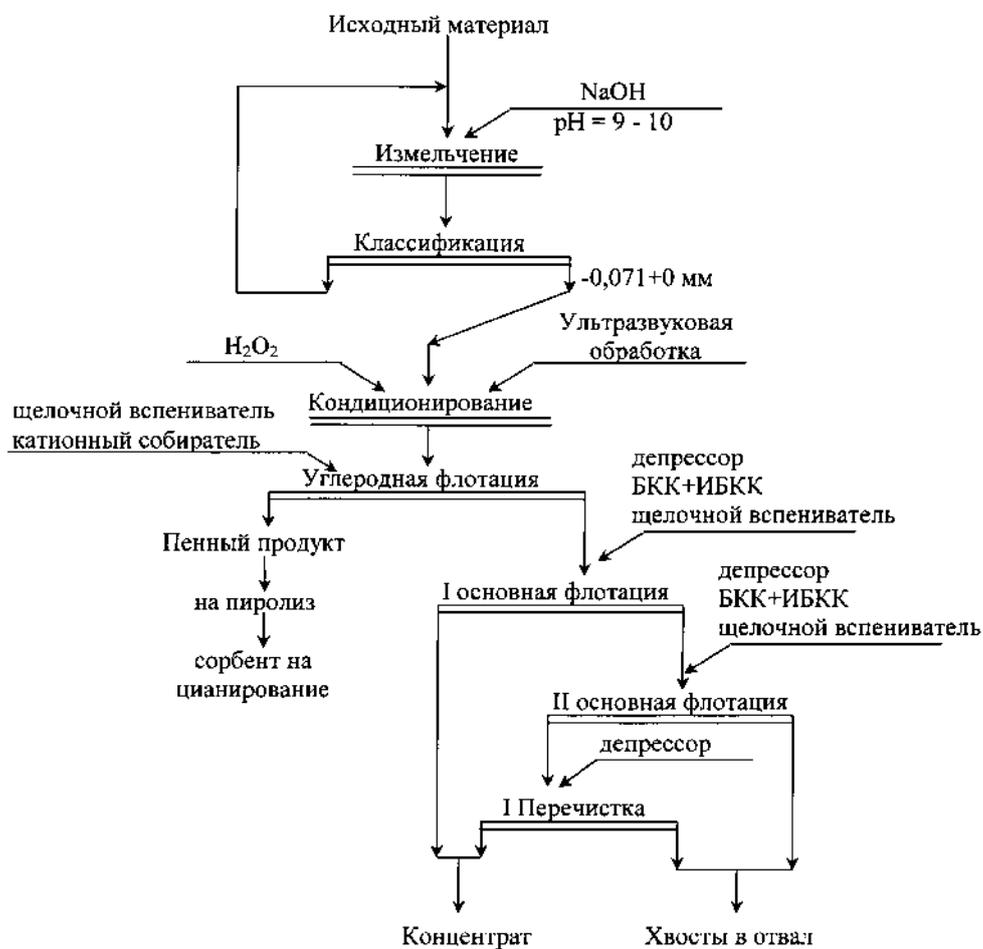
30

35

40

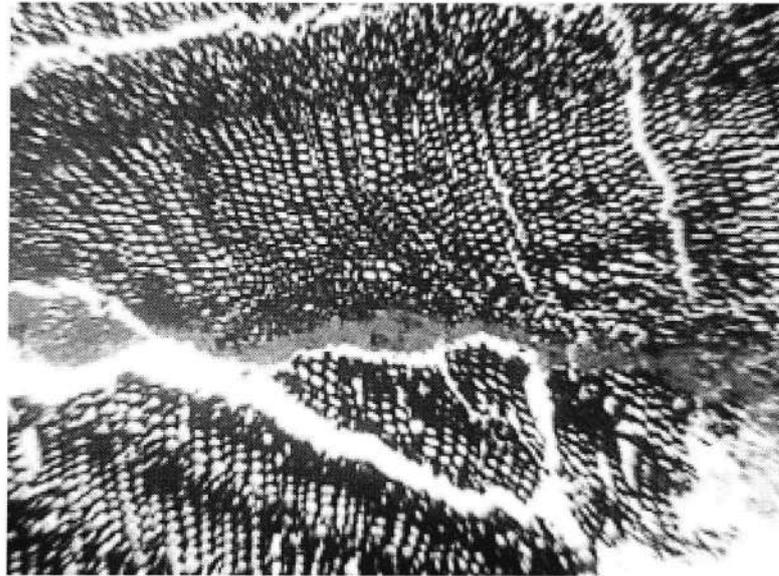
45

## СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С ПОВЫШЕННОЙ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ



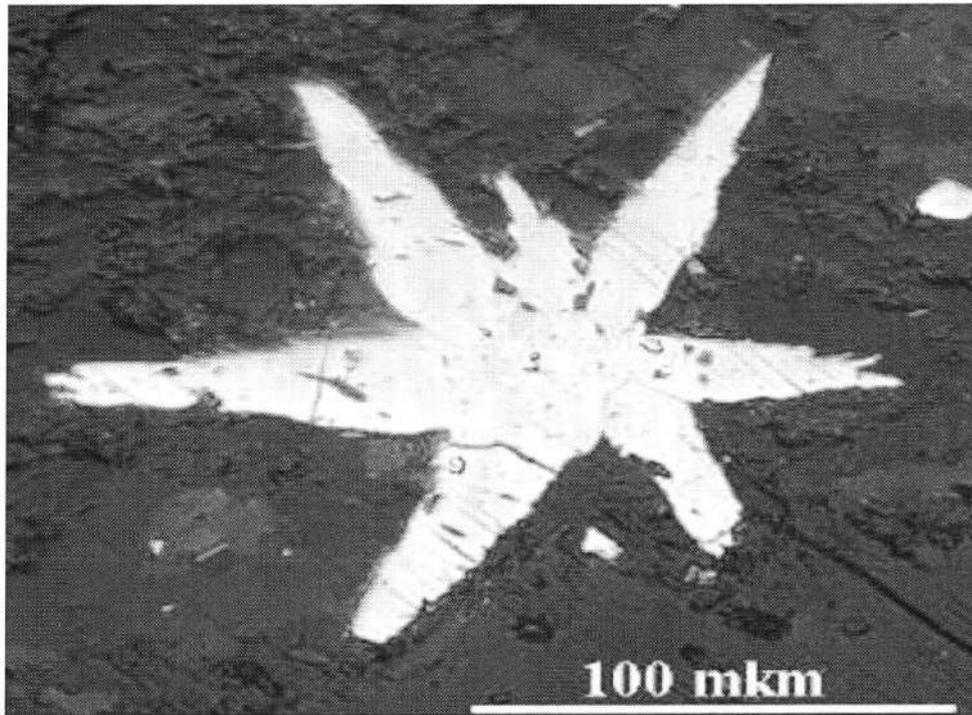
Фиг.1

**СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С  
ПОВЫШЕННОЙ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**



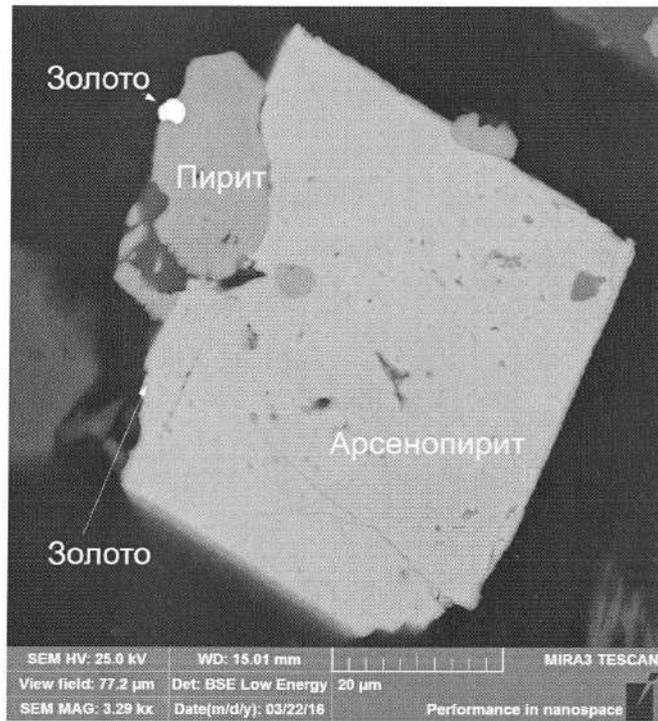
**Фиг.2**

**СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С  
ПОВЫШЕННОЙ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**



**Фиг.3**

**СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД С  
ПОВЫШЕННОЙ СОРЕБИЦИОННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ**



**Фиг.4**