

УДК 622.765

Б.Е. Горячев, А.А. Николаев

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФЛОТАЦИИ ЧАСТИЦ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ТАБЛЕТИРОВАННЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Проведены исследования кинетики флотации частиц, изготовленных из таблетированных твердых тел. В результате установлено, что кинетика флотации частиц соответствует уравнению К.Ф. Белоглазова. Выявлена связь между константой скорости флотации частиц, временем их индукции и эффективной долей гидрофобного соединения на поверхности.

Ключевые слова: Константа скорости флотации, кинетика флотации, смачивание, гидрофобность, краевой угол смачивания, таблетированные твердые тела, сила отрыва, время индукции.

Исследование кинетики флотации является одной из главных задач в теории и практике современного флотационного обогащения. Данной проблеме посвящено большое количество работ, в которых предложены различные теоретические и эмпирические уравнения кинетики флотации [1 – 6, 8, 16], что вызвано сложностью количественного описания развития флотации во времени в связи с его многофакторностью и недостаточной изученностью субпроцессов элементарного акта флотации.

Одним из законов, используемых при выводе уравнений кинетики флотации, является закон действия масс, записанный в виде (1):

$$dC/dt = -kN^mC^n, \quad (1)$$

где k – константа скорости; N – концентрация воздушных пузырьков; C – счетная (или массовая) концентрация частиц; m , n – порядок флотации по воздуху и твердому.

Если при флотации отсутствует дефицит свободной поверхности газ-жидкость, то уравнение (1) принимает вид (2):

$$dC/dt = -KC^n, \quad (2)$$

где $K = kN^m$.

В качестве масштаба времени в элементарном акте флотации используется время индукции – минимальное время контакта частицы с пузырьком воздуха, в результате которого происходит адгезия частицы на пузырьке. Тогда наиболее вероятным считается событие, когда за время индукции с одним пузырьком столкнется одна частица. Поэтому изменением концентрации пузырьков воздуха можно пренебречь, а уравнение (2) примет вид (3):

$$dC/dt = -KC, \quad (3)$$

Замена концентраций в уравнении (3) на извлечение, позволяет преобразовать уравнение (3) в уравнение кинетики флотации К.Ф. Белоглазова (4):

$$E = 1 - \exp(-Kt), \quad (4)$$

где E – извлечение частиц в концентрат за время t ; K – константа скорости флотации.

В работах [3 – 5] проведена аналогия между флотацией и химической реакцией первого порядка. Такое

сравнение справедливо, если кинетика флотации частиц удовлетворяет уравнению (4), когда выполняются следующие допущения: пульпа монодисперсна, мономинеральна, дисперсность пузырьков воздуха и время их пребывания в пульпе постоянны, а процесс не лимитируется недостатком свободной поверхности пузырьков воздуха [1, 3–5]. Последнее условие выполняется, когда минерализация пузырьков воздуха не превышает 0.15–0.2 [4].

Среди основных факторов, влияющих на прилипание частицы к пузырьку воздуха выделяют гидродинамические (скорость потока, форма и размер частиц и пузырьков воздуха) и физико-химические характеристики поверхности частиц [1, 3, 5–9]. Поэтому оценка вероятности прилипания чрезвычайно сложна, а предложенные для ее расчета формулы достаточно условны [5].

Это связано, главным образом, с недостаточной изученностью природы процессов, протекающих при закреплении и удержании частицы на пузырьке воздуха, несмотря на то, что рядом исследователей [3, 6] установлена связь между физико-химическими характеристиками поверхности минералов и их флотоактивностью.

В работах [7, 10 – 13] приведены результаты исследований, свидетельствующие о связи химического состава поверхности твердых тел с химически неоднородной поверхностью и характеристиками ее смачивания, флотационной силой, средней скоростью флотации. В этих работах показано, что неустойчивость закрепления пузырька воздуха на таких поверхностях определяет неустойчивость результатов флотации частиц с различной степенью химической неоднородности их поверхности.

Продолжением работ стало исследование кинетики флотации частиц, изготовленных из таблетированных твердых тел. Для исследований использовались частицы крупностью $0.071 + 0.044$ мм, полученные в результате дробления таблетированных твердых тел (ТТТ), изготовленных из бинарных смесей химически чистых веществ: а) бутилового ксантогената свинца и хромата свинца ($\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2 - \text{PbCrO}_4$); б) бутилового ксантогената свинца и сульфата свинца ($\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2 - \text{PbSO}_4$), по методике [10 – 13]. Массовая доля бутилового ксантогената свинца в каждой смеси была переменной: 0.05; 0.1; 0.2; 0.3; 0.5; 0.7.

Так как массовая доля химического соединения не позволяет судить о его количестве на поверхности, то в работах [7, 10 – 13] предложено использовать расчетные значения эффективных долей химических соединений на поверхности при допущении о том, что поверхность ТТТ, состоящего из смеси двух химических соединений, является составной поверхностью [10 – 14]. В работах [11, 12] показано, что краевые углы смачивания водой поверхностей ТТТ на воздухе, состоящих из индивидуальных химических соединений составят: 98.09° для $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2$, 14.44° для PbCrO_4 , 17.38° для PbSO_4 . То есть, поверхности ТТТ из $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2$ – гидрофобны, а из PbCrO_4 и PbSO_4 – гидрофильны. Тогда составив бинарные смеси из тонкодисперсных порошков химических соединений $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2$ с PbCrO_4 , $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2$ с PbSO_4 с переменной массовой долей $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2$ в каждой смеси, можно получить ТТТ с разной степенью гидрофобности. Результаты исследований смачивания поверхностей ТТТ составов $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2 - \text{PbSO}_4$ и $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2 - \text{PbCrO}_4$ каплей воды

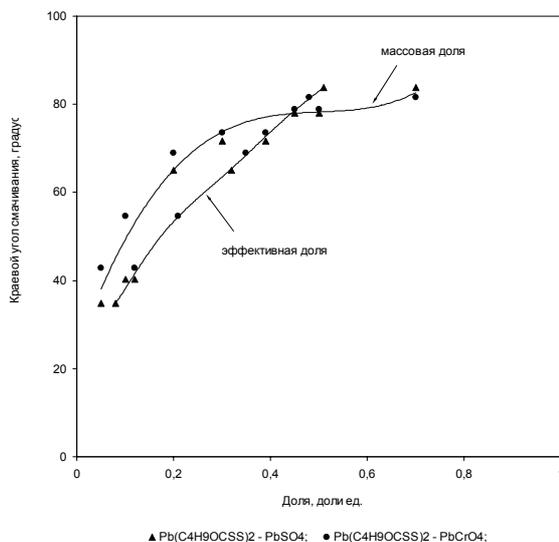


Рис. 1. Зависимость среднего значения краевого угла смачивания поверхностей ТТТ составов $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$; $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$ капель воды на воздухе от массовой и эффективной долей $Pb(SSCOC_4H_9)_2$

постоянного объема на воздухе приведены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что с повышением эффективной доли бутилового ксантогената свинца на поверхности таблетированных тел обоих составов происходит рост краевого угла смачивания. Так повышение эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на поверхности ТТТ из $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbSO_4$ с 0.1 до 0.5 приводит к росту среднего значения краевого угла смачивания с 34.8 до 83.8° (в 2.4 раза). Такое же повышение эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на поверхности ТТТ из $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbCrO_4$ приводит к примерно такому же росту среднего значения краевого угла смачивания (в 1.9 раза). То есть повышение эффективной доли гидрофобного компонента, $Pb(SSCOC_4H_9)_2$, на поверхности таблетированных тел приводит к росту суммарной гидрофобности их поверхностей.

Установленные закономерности смачивания водой поверхностей таблетированных тел, проявились и в силах отрыва пузырька воздуха от поверхностей ТТТ в воде. Измерения сил отрыва пузырька воздуха проводились от поверхностей ТТТ, изготовленных из смеси бутилового ксантогената свинца и хромата свинца, бутилового ксантогената свинца и сульфида свинца, из одного бутилового ксантогената свинца. Измерения проводились на ТТТ таких составов, на поверхности которых устойчиво закреплялся пузырек воздуха. При этом пузырек воздуха объемом 0.25 см³ многократно закреплялся и отрывался от поверхности одного и того же ТТТ. Результаты статистической обработки измерений приведены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что сила отрыва пузырька воздуха от поверхностей таблетированных твердых тел одинакового качественного состава, зависит от соотношения в них массовых долей гидрофобного и гидрофильного компонентов. Так, чем больше массовая доля гидрофобного компонента в ТТТ, тем выше значение силы отрыва пузырька воздуха, закрепившегося на поверхности ТТТ. Для таблетированного тела состава $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbCrO_4$ при массовой доле бутилового ксантогената свинца – 0.2 и хромата свинца – 0.8, отрыв пузырька наблюдается при силе 52.8 ± 6.9 дин. Увеличение массовой доли бутилового ксантогената свинца в таком таблетированном теле на 0.1 приводит к росту отрывающей силы в 1.7 раза (до 89.9 ± 8.9 дин). Замена хромата свинца на сульфид

свинца, при сохранении его массовой доли в ТТТ закономерно приводит к увеличению отрывающей силы в 1.4 раза (с 52.8 ± 6.9 до 75.8 ± 4.1 дин).

Природа гидрофильного компонента и его массовая доля в ТТТ проявляется и в значениях краевого угла смачивания, измеренного при устойчивом закреплении пузырька воздуха на поверхности ТТТ и непосредственно перед его отрывом от поверхности (см. табл. 1).

При измерениях краевых углов смачивания поверхности ТТТ первых двух составов с ростом массовой доли бутилового ксантогената свинца в ТТТ наблюдается закономерное увеличение краевого угла смачивания, как в случае закрепления пузырька воздуха на поверхности, так и перед его отрывом. Особенно характерно состав поверхности проявляется при отрыве от нее пузырька воздуха. Если гидрофильным компонентом в таблетированном теле является хромат свинца, то максимальное значение краевого угла смачивания, измеренного перед отрывом пузырька от поверхности, составляет не более 70° . Замена хромата свинца на сульфид свинца приводит к тому, что даже при массовой доле последнего в ТТТ, равной 0.2, краевой угол смачивания стремится к 90° .

В случае, если ТТТ имеет состав 0.2 массовой доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ и 0.8 массовой доли $PbCrO_4$, относительное сокращение площади поверхности под пузырьком воздуха составляет около 30%. Замена в ТТТ массовой доли хромата свинца на сульфид свинца приводит к росту относительного уменьшения указанной площади до 60%. Это свидетельствует о том, что во втором случае, при нарастании внешней отрывающей силы, наблюдается большее сопротивление отрыву пузырька от химически неоднородной поверхности ТТТ.

Наиболее прочно пузырек воздуха закрепляется на гидрофобной поверхности ТТТ из $Pb(SSCOC_4H_9)_2$. В этом случае сила отрыва принимает максимальное из измеренных значений (318.1 ± 6.9 дин), при этом площади границы раздела “газ–жидкость” в момент закрепления и отрыва пузырька также максимальны и составляют 1.434 см^2 и 0.748 см^2 соответственно. Отсюда следует, что в случае отрыва пузырька воздуха от гидрофобной, химически однородной поверхности ТТТ не наблюдается жесткой фиксации контура прилипания пузырька воздуха на поверхности с ростом внешней отрывающей силы.

Используя допущение о том, что степень гидрофобности поверхности ТТТ, будет отражать гидрофобность каждой частицы, полученной из ТТТ, были проведены кинетические исследования. Исследование кинетики флотации проводилось на частицах узкого класса крупности - $0.071+0.044$ мм методом беспенной флотации в трубке Халлимонта объемом 50 см^3 на дистиллированной воде ($pH=6$) без добавления флотационных реагентов. Масса навески – 1 г. В процессе флотации осуществлялся порционный съем концентрата [15]. Результаты кинетики флотации частиц, полученных из ТТТ составов $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$ и $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$ в параллельных опытах, в зависимости от эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на поверхности приведены на рис. 2, а и 2, б соответственно.

Из рисунков следует, что с увеличением продолжительности флотации происходит повышение извлечения частиц в концентрат. При этом, наименьшее извлечение за время флотации t наблюдалось у частиц, изготовленных из ТТТ с минимальной эффективной

Таблица 1

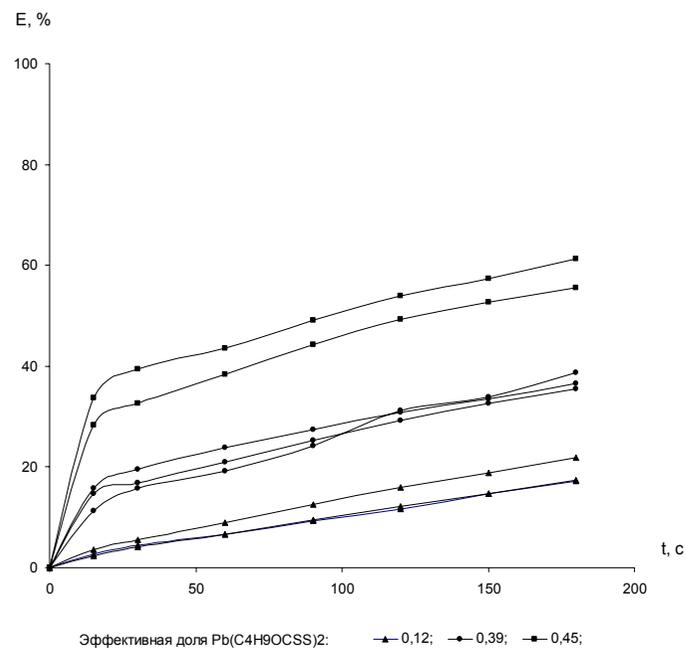
Результаты измерений сил отрыва и характеристик смачивания при закреплении и отрыве пузырька воздуха от поверхностей ТТТ различного химического состава

Массовые доли (1) и (2) компонентов в ТТТ		Доверительный интервал среднего значения:				
		Силы отрыва, дин	Диаметра контура прилипания пузырька воздуха, см		Краевого угла смачивания, град.	
			закрепившийся	перед отрывом	закрепившийся	перед отрывом
(1)	(2)					
ТТТ из смеси $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ (1) и $PbCrO_4$ (2)						
0.2	0.8	52.8 ± 6.9	0.387 ± 0.009	0.297 ± 0.002	30.2 ± 1.0	63.0 ± 1.3
0.3	0.7	89.9 ± 8.9	0.420 ± 0.005	0.159 ± 0.003	59.9 ± 1.5	70.6 ± 0.9
ТТТ из смеси $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ (1) и PbS (2)						
0.2	0.8	75.8 ± 4.1	0.780 ± 0.028	0.500 ± 0.015	30.7 ± 1.3	81.5 ± 0.8
ТТТ из $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ (1)						
1	0	318.1 ± 6.9	1.351 ± 0.005	0.976 ± 0.009	84.8 ± 0.9	89.9 ± 0.5

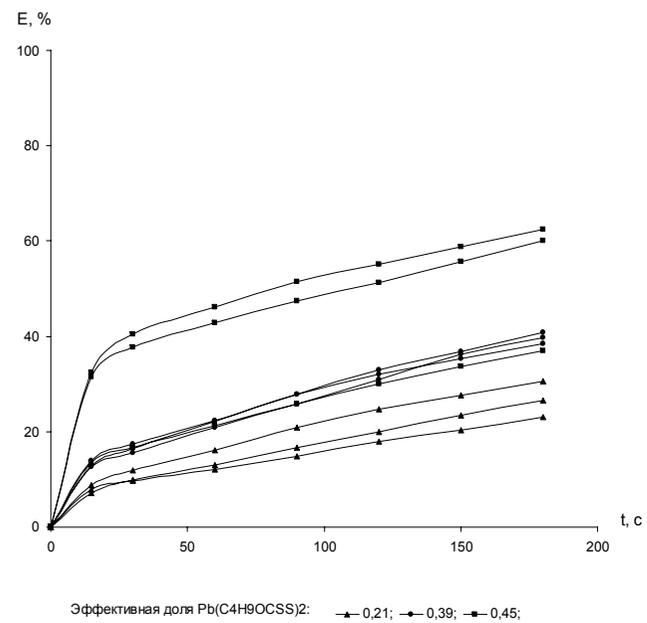
Таблица 2

Диапазон изменения константы скорости флотации частиц, изготовленных из ТТТ составов $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$ и $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$ в параллельных опытах

Состав частиц	Эффективная доля $Pb(SSCOC_4H_9)_2$	Диапазон изменения константы скорости флотации, c^{-1}
$Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$	0.12	0.0010-0.0013
	0.39	0.0017-0.0022
	0.45	0.0029-0.0031
$Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$	0.21	0.0014-0.0016
	0.39	0.0020-0.0023
	0.45	0.0029-0.0034



а)



б)

Рис. 2. Кинетика флотации частиц, полученных из ТТТ составов $\text{Pb}(\text{SSCOC}_4\text{H}_9)_2\text{-PbSO}_4$ (а) и $\text{Pb}(\text{SSCOC}_4\text{H}_9)_2\text{-PbCrO}_4$ (б)

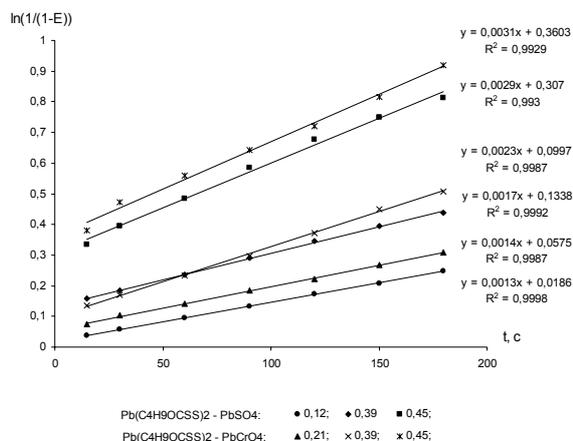


Рис. 3. Кинетика флотации частиц, изготовленных из ТТГ составов $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$ и $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$, в зависимости от эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на их поверхности

долей $Pb(SSCOC_4H_9)_2$. Повышение эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на поверхности приводит к росту извлечения частиц в концентрат.

Вид зависимостей $E(t)$ для частиц, изготовленных из ТТГ одинакового химического состава, несколько различается между собой, но после аппроксимации кинетических данных уравнением кинетики флотации К.Ф. Белоглазова установлено, что константы скорости флотации частиц одинакового химического состава в параллельных опытах достаточно близки (табл. 2).

Построение кинетических зависимостей флотации частиц составов $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$ и $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$ в координатах $\ln(1/(1-E)) - t$ показало, что их вид линейный с коэффициентом корреляции близким к единице (рис. 3).

Из рис. 3 следует, что линейный вид зависимостей свидетельствует о подчинении кинетики флотации частиц уравнению кинетики флотации К.Ф. Белоглазова (4). Такое соответствие может быть объяснено тем, что

частицы одного и того же химического состава, определяющего степень гидрофобности их поверхности, обладают постоянной скоростью флотации, то есть являются равнофлотуруемыми.

Вместе с тем, рассчитанные по уравнению (4) значения констант скорости флотации частиц с различной эффективной долей $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на поверхности отличаются друг от друга. Это следует из рис. 4, на котором приведены зависимости констант скорости флотации для частиц составов

$Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$ и $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$ от эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$.

Анализ рис. 4 показывает, что повышение эффективной доли бутилового ксантогената свинца на поверхности частиц состава $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbSO_4$ с 0.1 до 0.5 приводит к росту константы скорости флотации с 0.0012 до 0.0031 s^{-1} или в 2.6 раза. Для частиц состава $Pb(SSCOC_4H_9)_2-PbCrO_4$ с увеличением эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ с 0.1 до 0.5 наблюдается рост константы скорости флотации с 0.0013 до 0.0056 s^{-1} или в 4.3 раза. Повышение эффективной доли гидрофобного компонента на поверхности частиц приводит к росту константы скорости флотации частиц обоих составов. Однако, природа гидрофильного компонента по разному влияет на изменение константы скорости флотации, когда эффективная доля $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ превышает 0.3.

Рост константы скорости флотации с увеличением эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ может быть связан не

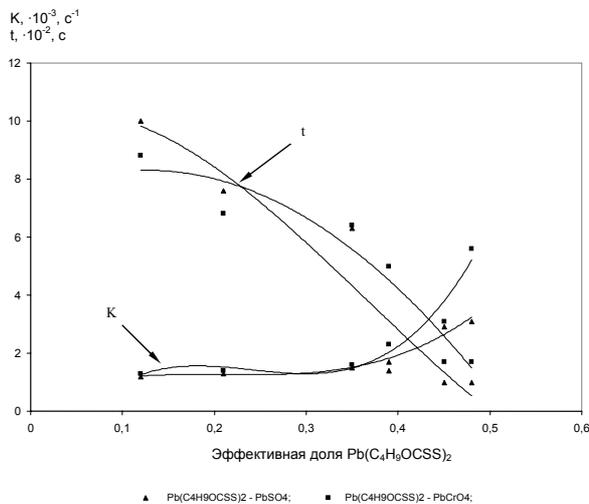


Рис. 4. Зависимость константы скорости флотации частиц крупностью $-0.071 + 0.044$ мм составов $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbSO_4$ и $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbCrO_4$, времени индукции частиц, перешедших в концентрат, от эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$

только с повышением гидрофобности частиц, но и с увеличением скорости прилипания частицы к пузырьку воздуха, которая зависит от времени индукции [2, 5].

В качестве материала для измерений времени индукции использовались частицы крупностью $-0.071 + 0.044$ мм составов $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbCrO_4$ и $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbSO_4$, перешедшие в концентрат при их беспенной флотации. Измерение времени индукции проводилось на контактном приборе КП-1 конструкции ЦНИГРИ.

Результаты исследований влияния эффективной доли гидрофобного компонента на поверхности частиц указанных составов, перешедших в концентрат, на время их индукции, (см. рис. 4) показывают, что закрепление частиц на пузырьке происходит не мгновенно, а за установленные экспериментально времена индукций. При этом повышение эффективной

доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на поверхности частиц приводит к снижению времени индукции для частиц обоих составов, перешедших в концентрат. Так для частиц состава $Pb(SSCOC_4H_9)_2 - PbCrO_4$ повышение эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ с 0.1 до 0.5 приводит к снижению времени индукции в 5.2 раз, а для частиц второго состава – в 10 раз. Следовательно, повышение эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на поверхности частиц приводит к повышению скорости адгезии частиц на пузырьках. Этим можно объяснить рост константы скорости флотации

частиц с увеличением эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на их поверхности.

Зависимости константы скорости флотации тех же частиц перешедших в концентрат от времени их индукции приведены на рис. 5.

Сопоставление результатов исследований, изображенных на рис. 4 и 5 позволяет сделать вывод о том, что установленный рост константы скорости флотации частиц с увеличением эффективной доли $Pb(SSCOC_4H_9)_2$ на их поверхности можно объяснить повышением суммарной степени гидрофобности поверхности, что приводит к уменьшению времени индукции частиц.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено, что частицы, изготовленные из таблетированных твердых тел одинакового химического состава, имеют постоянную скорость флотации, следовательно, являются

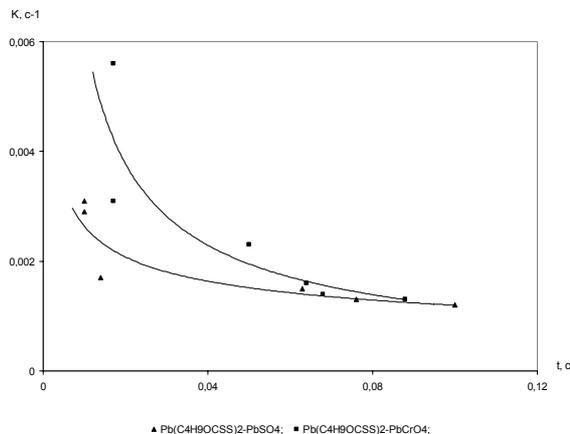


Рис. 5. Зависимости константы скорости флотации частиц составов $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2\text{-PbSO}_4$ и $\text{Pb}(\text{SSCO}_4\text{H}_9)_2\text{-PbCrO}_4$, перешедших в концентрат, от времени их индукции

равнофлотируемы. Кинетика флотации таких частиц соответствует уравнению К.Ф. Белоглазова.

2. Выявлена зависимость между константой скорости флотации двухкомпонентных частиц и эффективной долей бутилового ксантогената свинца на их поверхности, заключающаяся в росте константы скорости фло-

тации с увеличением эффективной доли бутилового ксантогената свинца.

3. Повышение константы скорости флотации частиц с увеличением эффективной доли бутилового ксантогената свинца связано с уменьшением времени индукции.

4. Показано, что сила отрыва пузырька воздуха от поверхностей таблетированных твердых тел одинакового качественного состава зависит от отношения эффективных долей гидрофобного и гидрофильного компонентов на поверхности. Это

проявляется в повышении прочности закрепления пузырька на поверхности с увеличением эффективной доли гидрофобного компонента, отражающейся в росте силы отрыва, значение которой максимально (318.1 ± 6.9 дин) для таблетированного тела из бутилового ксантогената свинца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоглазов К.Ф. Закономерности флотационного процесса. М.: Metallurgizdat, 1947.
2. Плаксин И.Н., Классен В.И., Бергер Г.С. О кинетических уравнениях флотационного процесса. // Цветные металлы, 1956, №4.
3. Богданов О.С., Максимов И.И., Поднек А.К. и др. Теория и технология флотации руд. – М.: Недра, 1990.
4. Погорелый А.Д. Границы использования кинетического уравнения флотации К.Ф. Белоглазова. // Известия ВУЗов. Цветная металлургия, 1962, №1.
5. Рубинштейн Ю.Б., Филиппов Ю.А. Кинетика флотации. – М.: Недра, 1980.
6. Классен В.И., Мокроусов В.А. Введение в теорию флотации. – М.: Госгортехиздат, 1959.
7. Горячев Б.Е., Николаев А.А. Взаимосвязь физико-химических характеристик смачивания поверхности двухкомпонентных твердых тел с флотируемостью частиц с той же поверхностью. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2006, №3.
8. Mao L., Yoon R. H. Predicting flotation rates using a rate equation derived from first principles // International Journal of Mineral Processing. 1997, vol. 51, p. 171-181.
9. Кондратьев С.А. Минерализация пузырьков во флотационном процессе. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2004, №1.
10. Горячев Б.Е. Особенности действия флотационных сил на частицы с химически неоднородной поверхностью. // Цветные металлы. 2002, №1.

11. Горячев Б.Е. Поверхностное натяжение границ раздела диксантогенит – воздух и диксантогенит – вода. // Цветные металлы. 2006, №3.

12. Горячев Б.Е., Андрианова Е.С., Шальнов А.С. Исследование смачиваемости поверхности индивидуальных химических соединений // Цветные металлы. 1997. № 11 – 12.

13. Горячев Б.Е., Андрианова Е.С., Шальнов А.С. Исследование смачиваемости поверхностей, представленных смесью суль-

фидных и оксидных химических соединений. // Цветные металлы. 1998, №1.

14. Адамсон А.В. Физическая химия поверхностей. – М.: Мир, 1979.

15. Мелик-Гайказян В.И., Абрамов А.А., Рубинштейн Ю.Б. и др. Методы исследования флотационного процесса. – М.: Недра, 1990.

16. Sutherland K.L. Kinetics of flotation process. // Journal Phys. Chem. 1948, vol. 52, p. 386–390. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Горячев Б. Е. – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры обогащения руд цветных и редких металлов, e-mail: beg@misis.ru

Николаев А.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры обогащения руд цветных и редких металлов, e-mail: nikolaevopr@mail.ru

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».



ГОРНОЕ ДЕЛО. ПАМЯТНИКИ МИРА



**Соляные копи «Величка»
в 10 км от г. Кракова**

146

На глубине 90 м в старой шахте, в настоящее время представляющей собой музей соляных фигур, стоит памятник И.В. Гете. В шахту поэт попал по вполне объяснимым причинам: он возглавлял горное ведомство и был почетным членом первого международного союза ученых-горняков «Общества горного дела». В 1786 г. на встрече ведущих металлургов и горняков Европы в г. Склене-Теплице Общество предложил основать ученый-минеролог, высокопоставленный чиновник горного ведомства Австрийской империи Игнац фон Борн. Было решено создать союз «друзей и покровителей горного дела для скорейшего распространения полезных знаний» путем свободных научных дискуссий. Он объединял более 140 человек. Среди них А. Лавуазье, Дж. Уатт, Ф. А. Хейниц, И.В. Шарпантье, Г.К. Лихтенберг, Ф.Г. Требра, П.С. Паллас и др.

...И пусть забуду, что и здесь, как там,
Обречены живущие цепям,
Что сеет селянин в песок зерно свое
И строит притеснителю жилье,
Что тяжек труд голодный горняка,
Что слабых душит сильная рука.

Иоганн Гете, «Ильменау»