



ФЛОТАЦИОННЫЕ СПОСОБНОСТИ ЧИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В АММОФОСНОЙ СРЕДЕ

Муталова Мархамат Акрамовна

доцент кафедры «Горное дело» Алмалыкского филиала
Ташкентского государственного технического университета
имени Ислама Каримова

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7238979>

ARTICLE INFO

Received: 27th September 2022

Accepted: 10th October 2022

Online: 22nd October 2022

KEY WORDS

селекция, коллективный
концентрат, депрессор,
собираетель, активатор,
разделение на классы,
галенит, халькопирит,
адсорбция.

Для подтверждения суждения о том, что аммофос реагирует с поверхностью галенита с образованием соединения, уменьшающего флотационную способность галенита, была изучена флотационная способность чистого минерала галенита. Так как в коллективном Pb-Cu концентрате основными минералами являются галенит и халькопирит, была изучена также флотуемость халькопирита с добавкой аммофоса во флотационную пульпу. Анализ зависимости извлечения меди и свинца в концентрат от расхода аммофоса, pH среды, времени контактирования показывает, что при определённых условиях флотации (pH=7,5– 8,5, расход аммофоса 2,5 ÷ 3,5

ABSTRACT

Задача создания рациональной и комплексной технологии переработки сложных в технологическом отношении полиметаллических промпродуктов является весьма актуальной. Увеличение производства свинца и цинка требует вовлечения новых месторождений, забалансовых руд, отходов обогатительных фабрик. Утилизация отходов обогатительных фабрик с извлечением из них ценных компонентов является важной народно-хозяйственной задачей. Совершенствование технологии обогащения полиметаллических руд и методов разделения коллективных концентратов позволяет без больших затрат значительно повысить выпуск меди, свинца, цинка, редких и благородных металлов.

кг/т; время контактирования 45 мин) возможно высокое извлечение меди и низкое – свинца (рис.1, 2, 3). Это свидетельствует о том, что аммофос депрессирует галенит. Результаты опытов по изучению кинетики флотации чистых минералов, показали, что скорость флотации описывается уравнением К.Ф.Белоглазова. Изучение закономерностей извлечения минералов в концентраты началось давно, и свидетельствует, что оно зависит от многих физико-химических параметров. Предложено характеризовать скорость флотации производной от извлечения по времени. Учитывая, что производная ϵ (скорость флотации) по τ (времени) изменяется,



уменьшаясь при высоких значениях ε , К.Ф.Белоглазов предложил для оценки скорости флотации производную по времени от логарифмической функции $\ln(I/(1-\varepsilon))$. Предложив кинетику

минерализации пузырьков при флотации, аналогичной кинетике взаимодействия молекул и радикалов при химических реакциях I-го порядка, К.Ф. Белоглазов получил в интегральной форме уравнение

Рис.1 Зависимость извлечения минералов халькопирита (1) и галенита (2) от расхода аммофоса

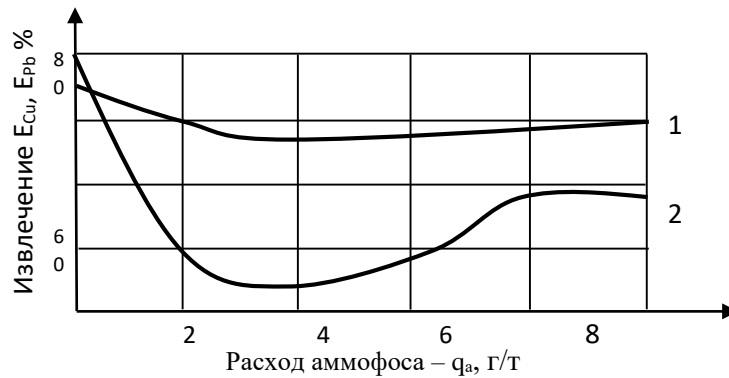


Рис.2 Зависимость результатов флотации халькопирита (1) и галенита (2) от времени контактирования с аммофосом

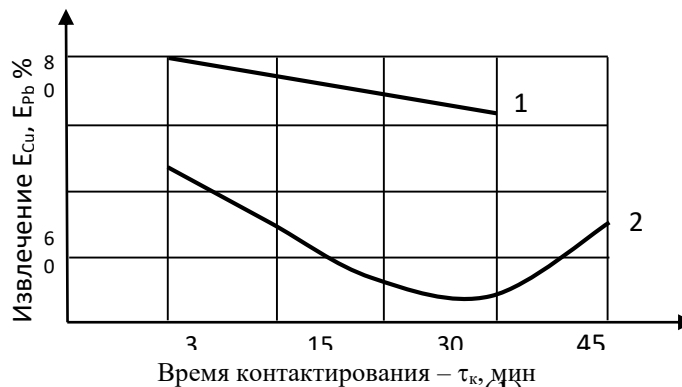
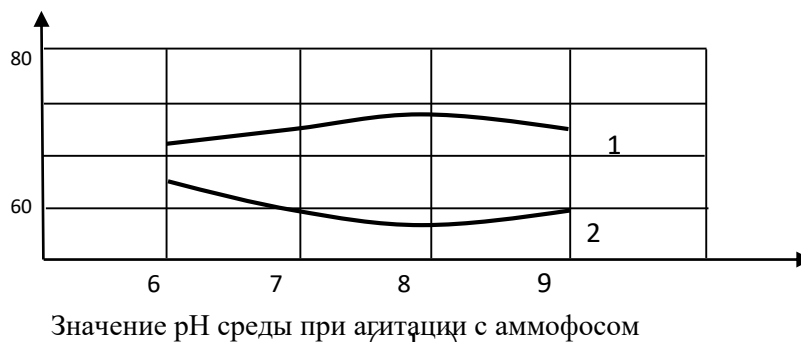


Рис.3 Зависимость извлечения халькопирита (1) и галенита (2) от pH среды



Значение pH среды при агитации с аммофосом

$$\lg \left(\frac{1}{1-\varepsilon} \right) = R \tau, \quad (1)$$



где ε - извлечение флотуемого компонента, доли единицы, τ - время флотации, R - постоянная для данного процесса.

Тщательная проверка уравнения (1) многими исследованиями подтвердила его полное соответствие кинетике флотации монодисперсных фракций материалов с однородной флотоактивностью. При флотации промышленных полидисперсных и полиминеральных пульп логарифм извлечения во времени отклоняется от линейной зависимости.

Попытки приближения теории к практике путём введения в уравнение (1) эмпирических дробных показателей, либо замены константы скорости K переменными величинами не увенчались успехом, поскольку числовые значения таких поправок становятся известными только после построения кинетической кривой по данным опытов, когда расчётная кривая уже не нужна. В настоящее время установлено, что каждая узкая фракция крупности флотируется по уравнению I -го порядка, аккумулятивная кривая возникает вследствие различия удельных скоростей. Однако, прогнозирование гранулометрических характеристик измельчённых руд и других переменных факторов, отделяющих кумулятивную скорость флотации в промышленных условиях, является сложнейшей задачей.

$$U = (1 + \varphi R \tau)^{-\frac{1}{4}}$$

(2)

где U - текущая концентрация флотуемого компонента в долях от исходной; R - начальная скорость процесса при $\tau = 0$, когда $U = U_0 = 1$; φ -

отношение концентрации поверхности флотуемых минералов на газовых пузырьках; τ - время от начала флотации.

Начальная скорость R объединяет скорость адсорбции твёрдой поверхности на газовых пузырьках, а также коэффициенты перехода от концентрации твёрдой поверхности к концентрации извлекаемого компонента. При установившемся процессе флотации (т.е. постоянном φ) R

варьирует вследствие колебаний крупности флотуемого материала, содержания твёрдой фазы в пульпе и её минералогического состава. При этом время флотации, необходимое для достижения определённого уровня извлечения, изменяется обратно-пропорционально величине.

Учитывая устойчивую обратную зависимость двух указанных величин, при анализе кинетики процесса флотации рекомендуется пользоваться постоянным (при данном φ) модулем $R\tau$. Показатель степени уравнения φ определяется долей гидрофобной твёрдой поверхности, закрепляющейся на газовых пузырьках в каждый момент времени. При выводе уравнения (2) получена зависимость (3):

$$\varphi = \frac{II_{тв\text{ер}}}{II_{тв\text{ер}/г\text{аз}}} - 1$$

(3)

где $П_{тв\text{ер}}$ - текущая концентрация гидрофобной поверхности в пульпе, $П_{тв\text{ер}/г\text{аз}}$ - концентрация той же поверхности, закрепившейся на газовых пузырьках.

В соответствии с законом действия масс, в каждый момент на газовых



пузырьках адсорбируется некоторая доля наличной гидрофобной поверхности, следовательно, в формуле (3) числитель дроби всегда больше её знаменателя, и φ является величиной положительной.

При $\varphi = 1$ и $R = 1$ на пузырьках закрепляется половина исходной поверхности. Назовём эту кинетическую кривую эталонной, а более высокие и более низкие скорости, соответственно - интенсивной и экстенсивной флотацией. По мере увеличения скорости флотации показатель уравнения уменьшается, и при $\varphi = 0$ уравнение (2) превращается в математическую неопределённость, т.к. знаменатель дроби в правой части возводится в степень 1,0. Физически такая ситуация возникает при флотации одиночной частицы на отдельных пузырьках; при закреплении частицы остаточная концентрация поверхности равна нулю, а в случае задержки образования контакта флотации не происходит и требуется время на импульсирование следующих пузырьков. Замедление скорости флотации против эталонной характеризуется экспоненциальным ростом показателя до $\varphi=3,0$ (наблюдается при флотации минеральных фракций крупностью 0,15–0,3 мм). Дальнейшее снижение

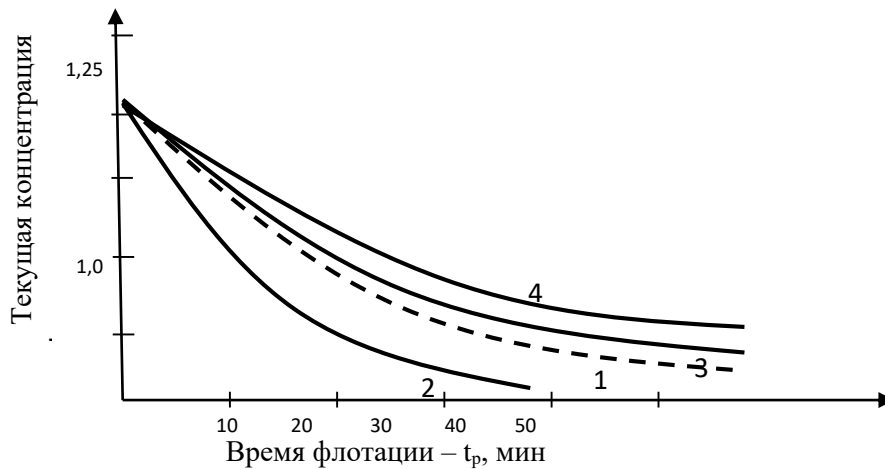
скорости адсорбции твёрдой поверхности менее $0,25 \text{ мин}^{-1}$ в исследованиях не встречалось и практического интереса не представляет. В ходе проверки уравнения принцип независимости скорости флотации разных фракций подтвердился; величина опытных констант при флотации полидисперсной смеси оказалось близкой к расчетным средневзвешенным из величин констант для отдельных узких фракций крупности (табл.1).

Чувствительность уравнения (2) к изменениям аэрационных и гидродинамических характеристик флотомашин была проверена опробованием двух параллельных флотомашин, отличающихся частотой вращения и глубиной погружения импеллера. Кинетические кривые были построены по усреднённым данным опробований каждой флотомашин.

При увеличении частоты вращения импеллера с 280 до 320 об/мин и уменьшении глубины его погружения на 10% резко повысилась степень извлечения меди (81-86 %). Знание диапазона возможных значений кинетических констант позволило провести расчётную оценку поля скоростей селекции свинцово-медных концентратов аммофосом (рис.4).



Рис.4 Кинетика селекции свинцово-медных концентратов с аммофосом



1-эталонная скорость ($\varphi=1$);
 2,3-флотация свинцово-медных руд
 ($\varphi=0,5$; $\varphi=3,0$)
 4-скорость флотации меди крупностью
 ($\varphi=3,0$)
 Заштрихованная зона экстенсивной
 флотации.
 Согласно эталонной (пунктирной)
 кривой для снижения остаточной до

0,15 от исходной (что эквивалентно
 извлечению 85%) требуется время
 селекции 35-40 мин. Поскольку на
 фабриках такой уровень извлечения
 достигается лишь за период 40-50
 минут, то ясно, что промышленная
 флотация зачастую осуществляется в
 экстенсивной зоне скоростей

Таблица 1

Сравнение констант скорости флотации отдельных фракций
 свинцово-медных концентратов в присутствии аммофоса

Средний размер частиц, мкм	φ , мин	$j(1+\varphi)$	R, 1/с	JR
400	4,40	118,8	0,045	0,99
250	3,00	120,8	0,18	6,34
180	2,10	79,36	0,94	24,06
120	1,32	20,11	0,68	6,19
60	0,65	53,50	1,23	39,80
40	0,53	17,20	1,13	12,70
27,5	0,52	11,10	0,96	7,00
13,8	0,32	4,70	0,81	2,90
9,8	1,04	2,20	1,15	1,26

Прогнозные данные табл.1. хорошо
 согласуются с промышленной

практикой, в частности, высокие
 расчётные скорости процесса в



интенсивной зоне поля скоростей ($\varphi < 1$) соответствуют фактическим скоростям флотации частиц оптимальной крупности 40-10 мкм, а также скорости пенной сепарации рудных пульп; этот факт подтверждают высокие прогнозные возможности адсорбционного уравнения.

Адсорбция твёрдой поверхности на пузырьках и вынос частиц в продукт слагаются из ряда молекулярных и макроскопических процессов:

- соприкосновение частиц с пузырьком и прорыв его поверхности за счёт молекулярной работы адгезии;

- стабилизация, либо отрыв частиц от всплывающего пузырька за счёт инерции его массы;

- циркуляция оторвавшихся частиц до возникновения прочного контакта. Количество циклов циркуляции оторвавшихся частиц является случайной величиной, подчиняющейся теории вероятности.

В итоге взаимодействия указанных факторов возникает кинетическое межфазное равновесие в пульпе, константа которого определяет скорость флотации.

References:

- 1.Абрамов А.А. Технология обогащения руд цветных металлов. / – М.: Недра, 1983. – 359 с.
- 2.Mutalova M.A., Khasanov A.A., Ibragimov I.S., Melnikova T.E. “Development of Technology for Producing Tungsten Product with WO₃ Content Not Lower than 40% from Technogenic Waste SIE«Almalyk MMC».” // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 12, December 2019. – P. 12329-12333.
- 3.Mutalova M.A., Khasanov A.A., Masidikov E.M. « Extraction of a Tungsten-Containing Product from the Left Tails of the Ingichin Factory» // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 5, May 2020. – P. 13850-13856.
- 4.Mutalova M.A., Khasanov A.A. «Improvement of Technology for Enrichment of Tungsten Concentrate from Cake of NPO Almalyksky MMC JSC by Gravitational Methods» // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 5, May 2020.– P. 13863-13868.
- 5.Akbarov T, Solixov J, Abduvohidov J, Toshtemirov U. Determining the Length of Anchors for Vertical Works. 2019;. <https://scienceweb.uz/publication/3026>
- 6.Ilmuratov U, Shamaev M, Toshtemirov U. Selection and Substantiation of the Method of Exploiting the Tebinbulak Deposit. 2019;. <https://scienceweb.uz/publication/3027>
- 7.Ilmuratov U, Shamayev M, Toshtemirov U. Selection And Justification Of Methods For Opening The Southbay Field. 2020;. <https://scienceweb.uz/publication/3028>
- 8.Toshtemirov U, Akbarov T, Nurkhanov K, Toshtemirov U, Khojakulov A. Recommended Support Structures For Excavations In Difficult Mining And Geological Conditions. 2020;. <https://scienceweb.uz/publication/3029>
- 9.Акбаров, Т., У. Тоштемиров, Т. Акбаров, and У. Тоштемиров. Массив кучланганлик ҳолатини, горизонтал лаҳим атрофида содир бўлишини таҳлил қилиш. 2013. <https://scienceweb.uz/publication/3008>



10. Акбаров Т, Тоштемиров У, Акбаров Т, Тоштемиров У. Совершенствование буровзрывных работ на руднике «Зармитан». 2014;. <https://scienceweb.uz/publication/3009>
11. Акбаров Т, Тоштемиров У. Arkasimon moslashuchan metall mustahkamlagichni xavfli yuzasining turg'unlik darajasini aniqlash. 2015;. <https://scienceweb.uz/publication/3010>
12. Меликулов А, Тоштемиров У. Современные технологии тоннелестроения на службе развития международных связей Узбекистана вдоль древнего великого шелкового пути. 2015;. <https://scienceweb.uz/publication/3011>
13. Акбаров Т, Тоштемиров У. Совершенствование технологии проходки восстающих на рудниках цветной металлургии Республики Узбекистан. 2016;. <https://scienceweb.uz/publication/3012>
14. Акбаров Т, Тоштемиров У. Анализ технологии проведения горных выработок на горнодобывающих предприятиях Республики Узбекистан. 2016;. <https://scienceweb.uz/publication/3013>
15. Акбаров Т, Тоштемиров У, Хошимов Р, Қаюмова М. Рекомендуемые конструкции крепи при проходке выработок в сложных горно геологических условиях. 2017;. <https://scienceweb.uz/publication/3014>
16. Тоштемиров У, Ташкулов А. Разработанный график альтернативных вариантов при оптимизации врубов. 2017;. <https://scienceweb.uz/publication/3015>
17. Тоштемиров У, Ташкулов А. Ер ости кон лаҳимларидан ҳалқ хўжалиги мақсадларида фойдаланиш. 2018;. <https://scienceweb.uz/publication/3016>
18. Тоштемиров У, Ташкулов А. Қазииш лаҳимларида очиқ шип тоғ жинслари ва целикларнинг турғунлик ўлчамини баҳолаш. 2018;. <https://scienceweb.uz/publication/3017>
19. Toshtemirov U, Axmadov U. Yer osti boyliklaridan oqilona foydalanish va uni muhofaza qilishning ba'zi bir jihatlari. 2018;. <https://scienceweb.uz/publication/3018>
20. Toshtemirov U, Ashuraliyeva S. Yer qaridan foydalanish bilan bog'liq ishlarni bexatar olib borilishini taminlashning asosiy talablari. 2018;. <https://scienceweb.uz/publication/3019>
21. Ҳақимов А, Тоштемиров У. Ўзбекистон Республикасининг кончилик ҳуқуқи ва тизимининг айрим масалалари. 2018;. <https://scienceweb.uz/publication/3020>
22. Ҳақимов А, Тоштемиров У. Ер ости бойликларидан оқилона фойдаланиш ва уни муҳофаза қилиш. 2018;. <https://scienceweb.uz/publication/3021>
23. Toshtemirov U, Nurboboyev Y, Nurxonov F. Murakkab kon-geologik sharoitlarda tavsiya etiladigan kon lahimi mustahkamlagichlari. 2019;. <https://scienceweb.uz/publication/3022>
24. Toshtemirov U, Nurxonov F, Mahmadiyev A. Kamera-stolbali qazib olish tizimida qoldiriladigan seliklarning shakli va o'lchamlari tahlili. 2019;. <https://scienceweb.uz/publication/3024>
25. Исмаилов М, Тоштемиров У. Классификация и критерии оценки сложных горно-геологических условий при строительстве подземных сооружений. 2019;. <https://scienceweb.uz/publication/3025>
26. Шамаев М, Тоштемиров У. Добыча щебня и требования предъявляемые к их качеству. 2022;. <https://scienceweb.uz/publication/3484>