

ГЕОЛОГИЯГЕОЛОГИЯGEOLOGY*Нарбекова С.М.***ПОЛИМЕТАЛЛ КЕНДЕРДИН ФЛОТАЦИЯЛЫК
БАЙЫТУУ КӨРСӨТКҮЧТӨРҮНӨ ТУРБУЛЕНТТИК
МИКРОФЛОТАЦИЯНЫН ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ***Нарбекова С.М.***ВЛИЯНИЕ ТУРБУЛЕНТНОЙ МИКРОФЛОТАЦИИ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ***S.M. Narbekova***EFFECT OF TURBULENT MICROFLOTATION
ON THE PARA-METERS OF FLOTATION ENRICHMENT
OF POLYMETALLIC ORE**

УДК: 622.765

Флотобөлүкчө көлөмү 25 микрон кем болсо, флотациялык байытуу процесинин натыйжалуулугу төмөндөйт. Бул маселени чечүү үчүн, флотация процесинде 50 микрон аз өлчөмү аба көбүкчөлөрүнүн колдонсо болот. Изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн Риддер-Сокольный полиметалл кени колдонулган. Бул макалада биз флотациялык байытуу натыйжаларына турбуленттик микрофлотациялык байытуу таасирин изилдеген. Рудадагы материалдык курамы табылган. Майдаланган кендин курамы табылган, пайдалуу компоненттердин 60 пайыздан көбүрөөк 0-40 микрон бөлүгүндө топтолуп турат экенин аныктаган. Коллективдүү, бириктешкен схемасы кабыл алынган, ал жакка негизги байытуу, контролдук байытуу жана коллективдүү, бириктешкен концентраттин эки тазартуу процесси кирет. Комплекстүү изилдөөлөрдүн негизинде байытуу көрсөткүчтөрүндө турбуленттик микрофлотациянын тездетилген аракетин аныкталды, ал жамааттык концентраттардын сапатын жакшыртууга, концентратта түстүү металлдарды чыгарууну 20-25% га жогорулатууга мүмкүндүк берет.

Негизги сөздөр: байытуу, флотация, чийки зат, флотореагенттерди, микротурундогу, микрокөбүкчөлөрү.

Эффективность флотационного процесса существенно снижается, когда размер флотируемых частиц становится менее 25 мкм. Применение в процессе флотации пузырьков воздуха, размер которых не превышает 50 мкм, является одним из решений данной проблемы. Для проведения исследований была использована проба полиметаллической руды Риддер-Сокольного месторождения. В работе изучалось влияние турбулентной микрофлотации на пока-

затели флотационного обогащения руды с применением генератора микропузырьков ГВВМЭ. Изучен вещественный состав руды. Гранулометрический состав измельченной руды показывает, что более 60% полезных компонентов сосредоточена во фракции 0-40 мкм. Принята коллективная схема флотации, которая включает основную, контрольную коллективную флотации и две перечистки коллективного концентрата. На основе комплексных исследований установлено интенсифицирующее влияние турбулентной микрофлотации на показатели обогащения, позволяющее улучшить качество коллективного концентрата, повысить извлечение цветных металлов в концентрат на 20-25%.

Ключевые слова: обогащение, минеральное сырье, флотореагент, микроэмульсия, микропузырьки.

When the size of the flotation particles is less than 25 microns, the efficiency of the flotation process is significantly reduced. Application in the process of flotation of air bubbles smaller than 50 microns is one of the solutions to this problem. To conduct research, a sample of polymetallic ore of the Ridder-Sokolny Deposit was used. This paper studied the influence of turbulent microflotation on the performance of flotation concentration of ores with the use the generator of microbubble. The material composition of the ore is studied. The dispersion composition of the crushed ore shows that more than 60 % of the useful components are concentrated in the fraction of 0-40 microns. The collective scheme of flotation is adopted, which includes the main, control collective flotation and two cleaning operations of the collective concentrate. On the basis of research, it has been established that turbulent microflotation exerts an intensifying effect on the enrichment indices; it allows improving the quality of collective concentrate, increasing the recovery of non-ferrous metals in concentrate by 20-25%.

Key words: *enrichment, mineral raw materials, flotation agent, microemulsion, microbubbles.*

Введение. Хорошо известно, что эффективность флотационного процесса существенно снижается, когда размер флотируемых частиц становится менее 25 мкм [1-2]. Показано, что одним из решений этой проблемы может быть применение в процессе флотации пузырьков воздуха, размер которых не превышает 50 мкм. Для решения этой проблемы был разработан принципиально новый метод флотации ультрадисперсных минералов, получивший название «турбулентная микрофлотация» [3]. Исследования, проведенные еще в 60-х годах прошлого века, показали [4], что наличие в пульпе даже нескольких объемных процентов микропузырьков может существенно увеличить скорость флотационного процесса. Поскольку в современных флотационных машинах как импеллерного, так и колонного типов получение пузырьков менее 300 мкм практически невозможно, то для насыщения пульпы необходимым для ускорения флотации количеством микропузырьков можно использовать внешний источник микропузырьков, применяемый при турбулентной микрофлотации. В результате можно реализовать т.н. «комбинированную микрофлотацию», в которой будут сочетаться как обычная, так и микрофлотация. Результаты ранее проведенных лабораторных экспериментов по турбулентной микрофлотации угольных шламов и тонкодисперсного кварца [5-8], а также обратной комбинированной микрофлотации железорудного концентрата Полтавского ГОКа, свидетельствуют о высокой эффективности использования микропузырьков как самостоятельно, так и в комбинации с обычными крупными пузырьками, генерируемыми в пневмомеханической флотомашине [9]. Авторами [10-11] предлагается для интенсификации флотации полиметаллической руды Артемьевского месторождения модифицированные флотореагенты.

Важное значение для реализации «турбулентной микрофлотации» играет наличие подходящего источника микропузырьков. Фирмой «Турбофлотсервис» разработан промышленный генератор водовоздушной микроэмульсии (ГВВМЭ). Основным элементом генератора является головка диспергатора, внутри которой с помощью высокоскоростного электропривода создается сильно неоднородное гидродинамическое поле, с помощью которого смесь воздуха и концентрированного раствора вспенивателя преобразуется в микродисперсию воздуха в водной фазе. Цель данной работы - изучение влияния турбулентной микрофлотации на показатели флотационного обогащения труднообогатимой руды Риддер-Сокольского месторождения с применением ГВВМЭ.

Методы исследований: При проведении исследований применялись следующие методы: рентгенофлуоресцентный анализ (спектрометр Venus 200 PANalytical B.V., Голландия), рентгенофазовый анализ (дифрактометр Advance), гранулометрический, химический анализ, флотация (флотомшины ФЛ-290, ФМ-1, ФМ-2, Россия).

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Для проведения исследований была использована технологическая проба руды Риддер-Сокольского месторождения в которой, по результатам химического анализа, содержание меди составило 0,15%, свинца - 0,25%, цинка 0,32%, железа - 1,7%. По результатам рентгенофазового анализа основную часть породообразующих минералов в исходной руде составляют кварц и алюмосиликаты. Гранулометрический состав измельченной руды приведен в таблице 1, которая показывает, что более 60% полезных компонентов сосредоточена во фракции 0-40 мкм. Изучена кинетика измельчения руды (рис. 1).

Проведены исследования по отработке реагентного режима коллективной флотации руды с применением базовых реагентов, схема флотации приведена на рисунке 2.

Таблица 1

Гранулометрический анализ измельченной руды

Кл. круп., мкм	Выход, %	Содержание, %				Распределение, %			
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe
-10+0	43,85	0,09	0,14	0,28	2,35	29,09	35,33	33,14	43,42
-20+10	19,4	0,12	0,13	0,33	2,27	17,16	14,51	17,28	18,55
-30+20	10,7	0,13	0,1	0,36	2,07	10,25	6,16	10,40	9,33
-40+30	11,4	0,15	0,13	0,4	2,05	12,60	8,53	12,31	9,84
-50+40	2,35	0,17	0,2	0,44	2,35	2,94	2,75	2,79	2,32
-60+50	4,9	0,23	0,21	0,52	2,85	8,30	5,92	6,87	5,88
-71+60	7,4	0,36	0,63	0,86	3,41	19,63	26,8	17,18	10,63
Исх. руда	100	0,136	0,174	0,37	2,373	100	100	100	100

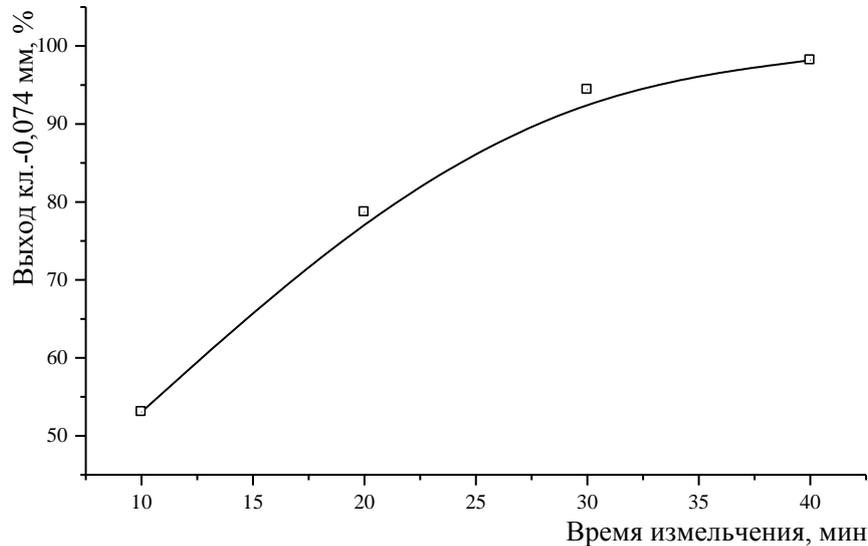


Рис. 1. Зависимость измельчаемости руды от времени измельчения.

Коллективную флотацию проводили в течение 24 минут при pH 8,0-9,0, контрольную - в течение 6 минут и использовали в качестве собирателя бутиловый ксантогенат и аэрофлот; вспенивателя – Т-92. В перечистки подавали жидкое стекло для депрессии минералов пустой породы. Время перечисток составляло 13 минут. Проводились опыты при различном

измельчении исходной руды (рис. 3а). Степень измельчения составляла от 95,0 до 99,9% класса -0,074 мм. Общий расход собирателя в основную и контрольную флотации составлял 270 г/т (170 г/т бутиловый ксантогенат и 100 г/т бутиловый аэрофлот); расход пенообразователя Т-92-20 г/т; расход жидкого стекла - 300 г/т.

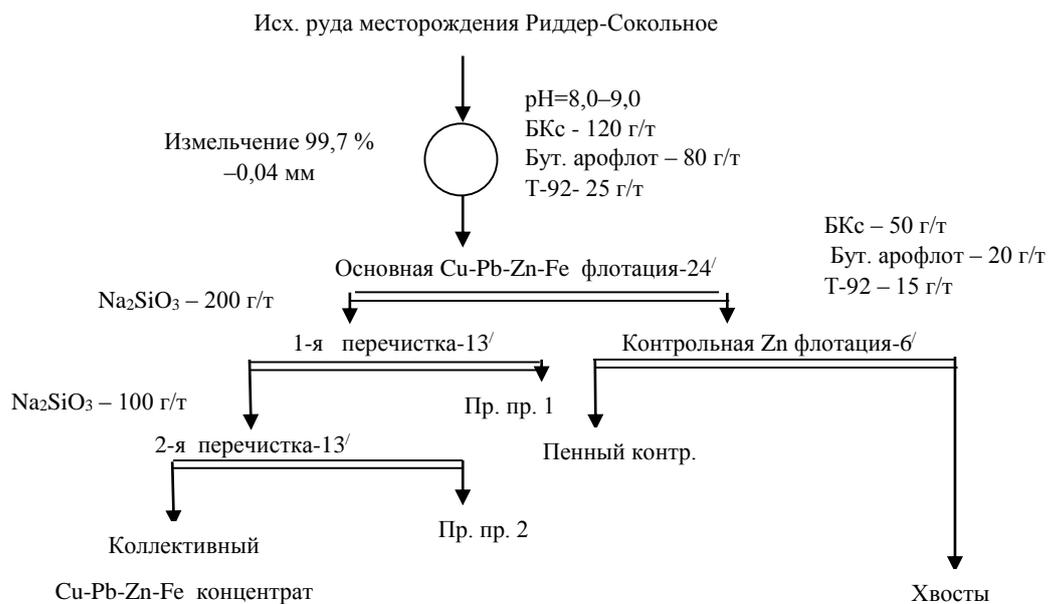


Рис. 2. Схема коллективной флотации руды.

Из результатов опытов по подбору оптимального режима измельчения (рисунок 3а) видно, что оптимальной степенью измельчения является 99,7% класса - 0,074 мм. При этом получен коллективный концентрат, содержащий 4,1% Cu при извлечении 77,0%; 5,1% Pb при извлечении 75,1%; 8,5% Zn при извлечении 69,2%; 22,6 % Fe.

Далее при оптимальном измельчении руды проведены флотационные опыты при различном расходе собирателя: бутилового ксантогената и аэрофлота. Суммарный расход их варьировался от 160 до 220 г/т. При этом 60% составляла доля бутилового ксантогената, а 40% - доля аэрофлота. Результаты показали

(рис. 3б.), что оптимальным расходом собирателя является расход 200 г/т. При этом получен коллективный концентрат, содержащий 3,6% Cu при извлечении 92,6%; 3,9% Pb при извлечении 85,8%; 7,8% Zn при извлечении 87,4%; 19,1% Fe.

При оптимальном измельчении руды, расходе собирателя проведены опыты при различном расходе пенообразователя. Расход Т-92 варьировался от 17,5 до 25 г/т. Результаты показывают (рис. 3в.), что оптимальным расходом Т-92 является расход 22,5 г/т. При этом получен коллективный концентрат, содержащий 3,4% Cu при извлечении 93,5%; 3,8% Pb при извлечении 88,3%; 7,7% Zn при извлечении 92,9%; 20,3% Fe.

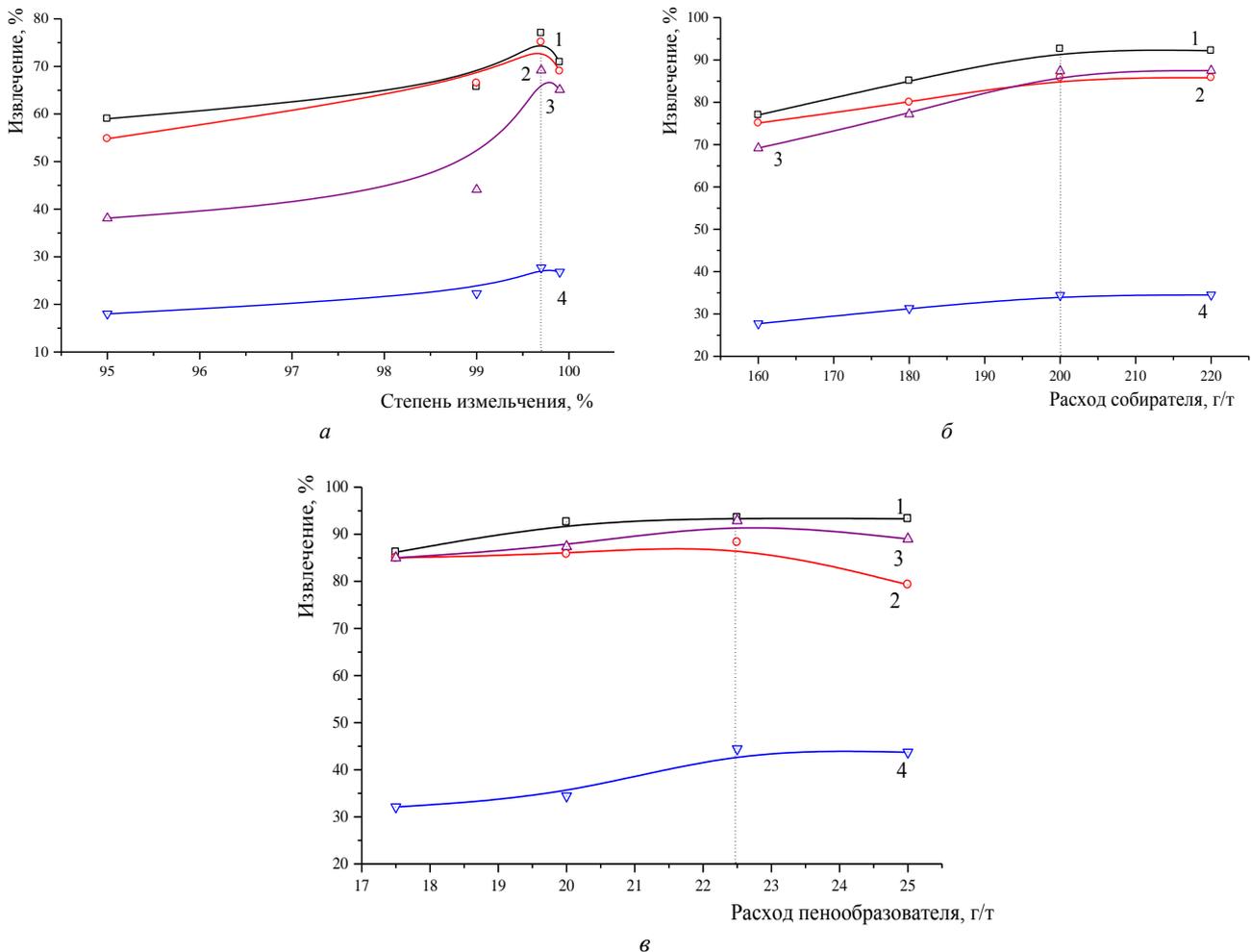


Рис. 3. Зависимость извлечения меди (1), свинца (2), цинка (3), железа (4) от степени измельчения (а), расхода собирателя (б), пенообразователя (в).

При выбранном оптимальном базовом режиме проведены флотационные опыты с применением генератора, где пенообразователь Т-92 подавался через ГВВМЭ. Результаты флотационных опытов показали, что при использовании ГВВМЭ время основной и контрольной коллективной флотации снижается на 25-30 %. Результаты флотации без ГВВМЭ и с применением ГВВМЭ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты коллективной флотации руды по базовому режиму и с применением ГВВМЭ

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %, г/т				Извлечение, %				Примечание
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe	
Колл. конц	4,75	3,4	3,8	7,7	20,3	93,5	88,3	92,9	44,4	Базовый режим без ГВВМЭ
Пр. пр. 1	2,6	0,02	0,05	0,02	2,29	0,3	0,6	0,1	2,7	
Пр. пр. 2	8,22	0,02	0,05	0,05	2,01	1,0	2,0	1,0	7,6	
Пен.кон.фл.	1,8	0,04	0,11	0,38	3,05	0,4	1,0	1,7	2,5	
Хвосты	82,63	0,01	0,02	0,02	1,12	4,8	8,1	4,2	42,7	
Исх. руда	100	0,17	0,20	0,39	2,17	100	100	100	100	С ГВВМЭ
Колл. конц	4,5	4,3	4,5	7,9	21,6	94,1	90,2	93,3	46,7	
Пр. пр. 1	2,1	0,03	0,07	0,04	2,4	0,3	0,7	0,2	2,4	
Пр. пр. 2	6,3	0,04	0,06	0,08	2,5	1,2	1,7	1,3	7,6	
Пен.кон.фл.	1,7	0,02	0,08	0,3	2,8	0,2	0,6	1,3	2,3	
Хвосты	85,4	0,01	0,018	0,017	1,0	4,2	6,8	3,8	41,0	
Исх. руда	100	0,21	0,22	0,38	2,08	100	100	100	100	

Результаты проведенных исследований показывают, что применение ГВВМЭ позволяет повысить качество и извлечение полезных компонентов в коллективный концентрат. Полученные результаты согласуются с литературными данными: использование микропузырьков в качестве флотационных носителей в процессе комбинированной коллективной микрофлотации полиметаллической руды позволяет увеличить скорость процесса в 2-4 раза, а объемная доза микропузырьков в количестве 0,1 литра на 1 кг руды позволяет увеличить степень извлечения на 0,5-3% [12].

Выводы. Таким образом, на основе комплексных исследований установлено интенсифицирующее действие турбулентной микрофлотации на показатели обогащения, позволяющее улучшить качество коллективного концентрата, снизить время флотации, повысить извлечение цветных металлов в концентрат на 20-25%.

Литература:

1. Абрамов А.А. Пути повышения комплексности использования руд цветных металлов на основе совершенствования технологии их обогащения // Недропользование - 2007. - №5. - С. 74-80.
2. Рулёв Н.Н., Кравченко О.В., Тусупбаев Н.К. Микрофлотационная технология извлечения угля из иловых отходов углеобогащения // Уголь Украины. - 2012. - №5. - С. 41-45.
3. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотация. Справочник по обогащению руд. - М.: «Недра», 1974.
4. Rulyov N.N. Turbulent microflotation: Theory and Experiment // Colloids & Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 192. 2001. - С. 73-91.
5. Тусупбаев Н.К., Рулёв Н.Н., Кравченко О.В., Семушкина Л.В., Турысбеков Д.К., Ержанова Ж.А. Турбулентная микрофлотация ультрадисперсного кварца // Материалы IX Конгресса обогатителей стран СНГ. - Москва, 2013. - С. 587-593.
6. Рулёв Н.Н., Тусупбаев Н.К., Кравченко О.В., Лукьянова В.В. Обогащение угольных шламов турбулентной микрофлотацией // Уголь Украины. - 2012. - №10. - С. 40-43.
7. Ahmadi R., Khodadadi D.A., Abdollahy M. and Fan M. Nano-microbubble flotation of fine and ultrafine chalcopyrite particles // International Journal of Mining Science and Technology. - 2014. - V.24. - P. 559-566.
8. Rulyov N.N. Turbulent micro-flotation of ultra-fine minerals // Mineral Processing and Extractive Metallurgy (Trans. Inst. Min. Metall. C). - 2008. - V.117. - 32-37.
9. Nickolaj N. Rulyov Application of ultra-flocculation and turbulent micro-flotation to the removal of fine contaminants from water // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. - 1999. - № 151. - P.283-291.
10. Муханова А.А., Тусупбаев Н.К., Мейманова Ж.С., Алмакучукова Г.М. Модифицированные флотореагенты для интенсификации флотации полиметаллической руды Артемьевского месторождения // Известия вузов Кыргызстана. - 2017. - №3. - С. 14-18.
11. Муханова А.А. Модифицированные флотореагенты для интенсификации флотации полиметаллической руды Артемьевского месторождения // Известия вузов Кыргызстана. - 2017. - №3. - С.10-13.
12. Rulyov N.N. Combined microflotation of fine minerals: theory and experiment // Mineral Processing and Extractive Metallurgy. - 2016. - V.125. - P. 81-85.