

xanthate with reactants ratios 1:1:3. The advantage of offered flotation reagent is its composition including two polar groups and long hydrocarbon radical. This structure at the flotation process in the water plays dual role: firstly, as a collector, adsorbing the mineral on the surface, forms metal complexes with polar groups in the form of weak links, secondly, apolar radicals flocculates sludgy valuable components, thereby intensifying the flotation process. The possibility for processing of tailings from ores floatation beneficiation at Zhezkazgan concentrating plant was investigated by application of these multifunctional flotation agents. The scheme of concentrating plant's tailings recycling by flotation includes regrinding, general and control flotation and three re-cleaning of rough copper concentrate. It is shown that at the flotation of Zhezkazgan concentrating plant's tailings by using lesser consumption of the modified reagent in comparison with initial butyl xanthate, rough copper concentrate was obtained with 80.22 % recovery and with copper content in it – 13.0 %. In comparison with the basic technology the content of copper in the rough concentrate increases by 5.1 %, and the recovery – increases by 31.4 %.

Key words: flotation tailings, re-grinding, extraction, recovery, multifunctional reagent, flotation, copper concentrate, beneficiation.

Поступила 05.11.2015



УДК 622.765

Комплексное использование
минерального сырья. № 4. 2015

М. Р. ШАУТЕНОВ*, А. Н. АЙТУЛОВА

Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К. И. Сатпаева, Алматы, *shautenov_m@mail.ru

АППАРАТ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ФЛОТАЦИОННЫХ РЕАГЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ¹

Разработан аппарат для модифицирования флотационных реагентов на основе энергетических воздействий (ультразвукового и электрохимического), позволяющий улучшить технологические свойства обрабатываемых реагентов при флотационном обогащении полезных ископаемых. Совместное использование вышеуказанных видов энергетического воздействия обусловлено взаимодополняющими эффектами от каждого из них. Описан принцип работы аппарата. Показано, что для эффективного ведения процесса электрохимической обработки растворов реагентов требуется интенсивное перемешивание раствора для увеличения вероятности подхода ионов обрабатываемого реагента к поверхности электродов и отвода образованных продуктов в объем раствора, а самое главное – устранение процесса пассивации поверхности рабочих электродов, что достигается использованием ультразвуковых колебаний. Установлены технические параметры аппарата для указанной комбинированной обработки жидких сред: частота ультразвуковых колебаний – 2-40 кГц; интенсивность ультразвукового поля – 0,2-0,4 Вт/см²; поверхность рабочих электродов – 1,45×10⁻² м²; плотность тока – 140-220 А/м²; давление рабочей жидкости на входе – 0,2-0,4 МПа; производительность – 0,8-1,0 м³/ч. Использование указанных видов обработки реагентов расширяет номенклатуру веществ – флотаторов, которые в обычных условиях не могут быть использованы вследствие высоковязкости и/или нерастворимости в воде. Приведены примеры флотационного обогащения свинцово-цинковой руды с использованием раствора ксантогената, подвергнутого комплексной обработке, и необработанного. Установлено повышение извлечения свинца и цинка на 3,52 и 2,82 % соответственно, а также повышение качества указанных концентратов и снижение содержания свинца и цинка в отвальных хвостах флотации при использовании обработанного реагента. Разработанные метод и

¹Материалы статьи доложены на Международной научной конференции «Ресурсосберегающие технологии в обогащении руд и металлургии цветных металлов», г. Алматы, 14-17 сентября 2015 г.

аппарат по его реализации могут быть использованы при флотации различных руд на обогатительных фабриках страны.

Ключевые слова: флотация, реагенты, модифицирование, ультразвуковое воздействие, электрохимическое воздействие, аппарат, установка, обогащение руд, свинцово-цинковая руда, раствор ксантогената.

Введение. В настоящее время важными научно-техническими проблемами являются разработка эффективных процессов обогащения руд, повышение комплексности и полноты использования минерального сырья.

Непременным условием совершенствования процесса флотации руд, остающегося главным методом обогащения в обозримой перспективе, является оптимизация условий взаимодействия флотационных реагентов с поверхностью минералов.

При флотационном обогащении руд с целью улучшения флотационных свойств используемых реагентов применяют различные виды воздействий, например, электрохимические, ультразвуковые, термические, радиационные, плазменные и др. [1-7].

На основе химического синтеза осуществляют модифицирование свойств различных флотореагентов (собирателей, вспенивателей) с получением различных композиционных смесей, обладающих как собирательными, так и вспенивающими свойствами [8-10]. Использование данных смесей в виде отдельных реагентов при флотационном обогащении различных руд дает возможность улучшить их технологические свойства в сравнении с известными реагентами [11, 12].

При модифицировании флотационных реагентов на основе энергетических воздействий по обилию и значимости полученных эффектов следует особо выделить применение ультразвуковой и электрохимической обработки.

Среди активных факторов, влияющих на химическую активность реагентов в жидкой фазе пульпы, необходимо отметить прежде всего окислительно-восстановительный потенциал этой фазы, который можно регулировать введением окислителей (в частности, кислорода воздуха) и восстановителей. Но наиболее эффективно применение электрохимического метода активации. Воздействие такого рода отмечается как для сульфидных, так и для оксидных реагентов-собирателей.

Показатели флотационного обогащения полезных ископаемых в значительной степени зависят от правильного подбора реагентов и предварительной подготовки их перед введением в

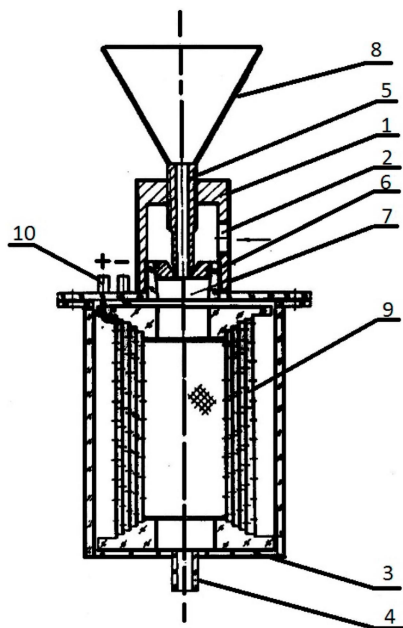
технологический процесс. В связи с этим актуальным является поиск технических решений подготовки растворов реагентов, безреагентного модифицирования их свойств с использованием энергетических воздействий, к которым относится метод ультразвуковой и электрохимической активации жидких систем.

Известно, что максимальное извлечение полезного компонента в пенный продукт обусловлено существованием для каждого минерала оптимального соотношения ионной, молекулярной и мицеллярной форм нахождения реагента в жидкой фазе пульпы. Методами энергетического воздействия на флотационные реагенты можно регулировать оптимальное соотношение флотоактивных форм модифицируемого реагента [13-15].

Кроме того, с помощью ультразвуковых колебаний одновременно осуществляется диспергирование труднорастворимых в воде флотореагентов (например, oleиновой кислоты) для успешного ведения процесса флотации, а также оказывается влияние на структуру обрабатываемого реагента.

Экспериментальная часть и обсуждение полученных результатов. С целью реализации процесса модифицирования реагентов в промышленных условиях нами разработан аппарат для комбинированного ультразвукового и электрохимического воздействия, повышающий их флотационные свойства при обогащении полезных ископаемых.

Аппарат (рисунок 1) содержит цилиндрический корпус 1 с отверстием 2 для подвода обрабатываемой жидкости, электрохимическую ячейку 3 с выходным патрубком 4. Внутри корпуса установлен эжектор 5, вкладыш 6 с многозаходной ленточной резьбой для образования тангенциального ввода обрабатываемой жидкости в вихревую камеру 7. Для подачи реагента в вихревую камеру сверху к эжекторной трубке ввинчивается воронка 8. Электрохимическая ячейка с размещенными в ней сетчатыми электродами 9 из нержавеющей стали (X I8 H 10 T) крепится к корпусу аппарата с помощью стяжных винтов. Контакты электродов выводятся на штекеры 10.



1 – корпус; 2 – отверстие; 3 – электрохимическая ячейка; 4 – выходной патрубок; 5 – эжектор; 6 – вкладыш; 7 – вихревая камера; 8 – воронка; 9 – электроды; 10 – штеккер

Рисунок 1 – Аппарат для комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки жидких сред

Принцип работы аппарата следующий. Рабочая жидкость (вода в случае приготовления эмульсий флотореагентов) под давлением подается в вихревую камеру 7 в основном по тангенциальным каналам вкладыша 6 и частично по его осевому отверстию. Одновременно за счет образования вакуума на входе эжектора 5 в осевое отверстие вкладыша 6 через воронку 8 в вихревую камеру 7 эжектируется обрабатываемый реагент. Взаимодействие завихренной рабочей жидкости с осевым потоком флотореагента создает в вихревой камере и на выходе из нее сложное турбулентное движение с чередованием участков сжатия и разрежения, которые вызывают упругие колебания в жидкой среде и кавитацию. По данным исследований, акустические колебания лежат в широком спектре частот $(1-20) \times 10^3$ Гц. Причем полоса частот максимальной амплитуды определяется геометрическими параметрами устройства и давлением рабочей жидкости на входе и охватывает диапазон $(10-20) \times 10^3$ Гц. Далее обрабатываемая жидкость поступает в электрохимическую ячейку 3, где подвергается электрохимическому воздействию за счет подсоединения электродов 9 к источнику постоянного тока через штекеры 10. Обработанная ультразвуковым и электрическим полем жидкость разгружается

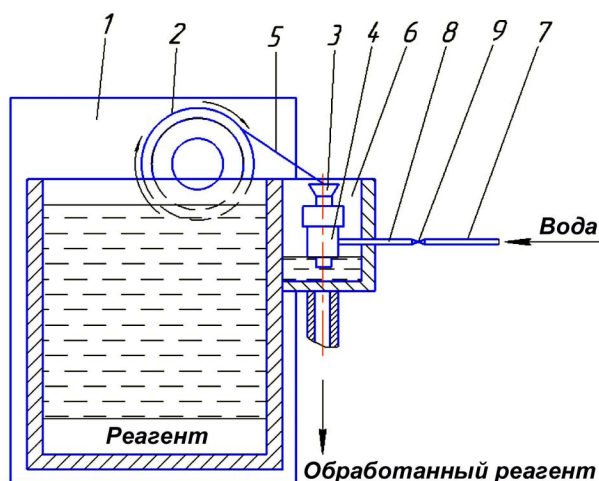
через патрубок 4 и поступает в технологический процесс.

Электрохимическим воздействием на раствор флотореагента можно изменить состояние самого растворенного вещества, значение pH и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), химический состав, соотношение ионной, молекулярной, мицелярной форм и существенно повлиять на ход реакций гидролиза, увеличить концентрацию наиболее активных ионов, критическую концентрацию мицеллообразования, степень дисперсности труднорастворимых в воде реагентов [16].

Технические параметры аппарата для комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки жидких сред следующие:

- частота ультразвуковых колебаний – 2-40 кГц;
- интенсивность ультразвукового поля – 0,2-0,4 Вт/см²;
- поверхность рабочих электродов – $1,45 \times 10^{-2}$ м²;
- плотность тока – 140-220 А/м²;
- давление рабочей жидкости на входе – 0,2-0,4 МПа;
- производительность – 0,8-1,0 м³/ч.

Установка по модифицированию реагентов на основе комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки реагентов приведена на рисунке 2.



1 – реагентная ванна; 2 – дисковый питатель; 3 – воронка; 4 – аппарат для комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки раствора реагента; 5 – скребок; 6 – приемная коробка; 7 – трубопровод; 8 – полудюймовые отводы; 9 – запорный вентиль

Рисунок 2 – Схема установки по модифицированию флотореагентов

Аппарат 4 для комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки раствора реагента установлен непосредственно у реагентной ванны 1 в специально изготовленной приемной коробке 6. Вода в аппарат подводится от трубопровода 7 через полудюймовые отводы 8. На отводе установлен запорный вентиль 9 с целью пуска и остановки аппарата. Обрабатываемый реагент из реагентной ванны посредством дискового питателя 2 и скребка 5 подается через воронку 3 в аппарат для ультразвуковой и электрохимической обработки. Обработанный раствор реагента в виде готовой эмульсии по реагентопроводу направляется во флотационный процесс.

Использование указанных видов обработки флотационных реагентов способствует расширению номенклатуры веществ, применяемых в качестве реагентов, которые в обычных условиях не могут быть таковыми вследствие высоковязкости и нерастворимости в воде.

Указанный метод модифицирования флотационных реагентов, а также разработанный аппарат по его реализации могут быть использованы при флотации различных руд на обогатительных фабриках страны.

Лабораторные испытания разработанного аппарата по модифицированию флотореагентов проводили при флотации свинцово-цинковой руды по селективной схеме. Химический состав руды, %: Pb – 1,50; Zn – 3,61; Fe – 0,45; S – 4,6; Cu – 0,02; SiO₂ – 3,0. Основными сульфидными минералами руды являются галенит, сфалерит, халькопирит.

Для осуществления комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки раствора ксантогената использовалась установка, приведенная на рисунке 2. Результаты флотационных испытаний при использовании разработанного аппарата представлены в таблице 1.

Как видно, применение комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки раствора ксантогената позволяет повысить извлечение свинца до 88,04, а цинка до 87,64 %,

Таблица 1 – Результаты флотации свинцово-цинковой руды при использовании аппарата по модифицированию флотореагентов

Продукты	Без обработки			Комбинированная обработка		
	выход, %	содержание свинца, %	извлечение свинца, %	выход, %	содержание свинца, %	извлечение свинца, %
Свинцовая флотация						
Концентрат	1,99	63,71	84,52	2,05	64,42	88,04
Хвосты	98,01	0,23	15,48	97,95	0,18	11,96
Руды	100,0	1,50	100,0	100,0	1,5	100,0
Продукты	Без обработки			Комбинированная обработка		
	выход, %	содержание цинка, %	извлечение цинка, %	выход, %	содержание цинка, %	извлечение цинка, %
Цинковая флотация						
Концентрат	5,56	55,07	84,82	5,60	56,50	87,64
Хвосты	94,44	0,58	15,18	94,40	0,47	12,36
Руды	100,0	3,61	100,0	100,0	3,61	100,0

или на 3,52 и 2,82 % соответственно. При этом следует отметить повышение качества свинцового и цинкового концентратов: содержание свинца возрастает на 0,71, цинка – на 1,43 %, а также снижение содержания свинца и цинка соответственно на 0,05 и 0,11 % в отвальных хвостах флотации при комбинированной обработке реагента.

Выводы. Разработаны промышленный образец аппарата для модифицирования флотационных реагентов, а также установка для его реализации.

Определены оптимальные технические параметры аппарата для комбинированной ультразвуковой и электрохимической обработки жидких сред: частота ультразвуковых колебаний – 2-40 кГц; интенсивность ультразвукового поля – 0,2-0,4 Вт/см²; плотность тока в электрохимической ячейке – 140-220 А/м²; давление рабочей жидкости на входе – 0,2-0,4 МПа; производительность – 0,8-1,0 м³/ч.

Проведены лабораторные испытания аппарата при флотационном обогащении свинцово-цинковой руды с использованием обработанного раствора ксантогената. Установлено повышение извлечения свинца и цинка соответственно на 3,52 и 2,82 %; повышение качества указанных концентратов, а также снижение содержания свинца и цинка в отвальных хвостах флотации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ультразвуковые методы воздействия на технологические процессы: сб. науч. тр. / Под ред. Н.Н.Хавского. – М.: МИСиС, 1981. – № 133.

2 Шульгин А.И., Назарова Л.И., Рехтман В.И. Акустическая технология в обогащении полезных ископаемых / Под ред. В.С. Ямщикова. – М.: Недра, 1987. – 232 с.

3 Шафеев Р.Ш., Чантурия В.А., Якушкин В.П. Влияние ионизирующих излучений на процесс флотации. – М.: Наука, 1971. – С. 32-34.

4 Чантурия В.А., Назарова Г.Н. Электрохимическая технология в обогатительно-гидрометаллургических процессах. – М.: Наука, 1977. – 160 с.

5 Лебедев Н.М., Жирнова Т.И., Седельникова Г.В., Шихов Н.В. Технологии и оборудование для ультразвуковой интенсификации обогатительных процессов // IX Конгресс обогатителей стран СНГ: сб. тр. Т. I. – Москва, Россия, 2013. – С. 338-341.

6 Алгебраистова Н.К., Маркова А.С., Бурдакова Е.А., Макшанин А.В., Карачаров А.А. О возможности использования ультразвуковой обработки в процессах селекции коллективных концентратов // IX Конгресс обогатителей стран СНГ: сб. тр. – Москва, Россия 2013. – С. 718-721.

7 Глумова А.А., Брагин В.И. Разработка флотационно-магнитной схемы обогащения свинцово-цинковых руд // IX Конгресс обогатителей стран СНГ: сб. тр. – Москва, Россия, 2013. – С. 701-703.

8 Чантурия В.А., Иванова Т.А., Тюрникова В.И. Модифицирование растворов флотореагентов высокоактивными соединениями // V Конгресс обогатителей стран СНГ: сб. тр. Т. 3. – Москва, Россия, 2005.

9 Тропман Э.П., Сулаквелидзе Н.В., Ермаков Л.М. Промышленные испытания нового вспенивателя ОФС. // Цветные металлы. – 2001. – № 11. – С.19-20.

10 Тропман Э.П., Тусупбаев Н.К., Троеглазова А.В., Семушкина Л.В., Абдыкирова Г.Ж., Михайлов А.М., Турысбеков Д.К. Синтез диалкилдитиофосфорных кислот на основе бутилового спирта и фракции спиртов $R-C_4H_9-C_3H_7-C_6H_{13}$ // Металлургия XXI века-состояние и стратегия развития: тр. Междунар. конф. – Алматы, 2006. – С. 125-130.

11 Тропман Э.П., Тусупбаев Н.К., Троеглазова А.В., Семушкина Л.В., Абдыкирова Г.Ж., Михайлов А.М., Турысбеков Д.К. Усовершенствование флотационной технологии обогащения бедной молибденсодержащей руды с использованием модифицированных реагентов // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург, Россия, 2012. – С. 100-103.

12 Тусупбаев Н.К., Семушкина Л.В., Калугин С.Н., Муханова А.А., Абдикулова А.О., Бектурганов Н.С. Исследование адсорбции модифицированных полифункциональных флотореагентов на поверхности сульфидных минералов // IX Конгресс обогатителей стран СНГ: сб. тр. – Москва, Россия, 2013. – С. 601-604.

13 Шаутенов М.Р., Варламов В.Г., Малахов Ю.В., Чантурия В.А., Жолшибекова М.Р. Испытание модифицированных растворов реагентов при флотационном обогащении руд // Комплексное использование минерального сырья. – 1988. – № 2. – С. 25-28.

14 Шаутенов М.Р. Модифицирование технологических свойств реагента АНП на основе энергетических воздействий // VI Конгресс обогатителей стран СНГ: матер. Междун. конф. – Москва, Россия, 2007. – С. 160-162.

15 Шаутенов М.Р., Аскарлова Г.Е. Изменение некоторых свойств эмульсий олеиновой кислоты в результате исследуемых энергетических воздействий // Горный журнал Казахстана. – 2010. – № 11. – С. 32-34.

16 Гребнев А.Н. Мицеллообразование и его роль в флотационном процессе // Известия вузов. Цветная металлургия. – 1975. – № 3. – С. 32-34.

REFERENCES

1 *Ul'trazvukovye metody vozdeystviya na tekhnologicheskie protsessy: sb. nauch. tr.* (Ultrasonic methods influence on technological process: collection of science mater). Under the editorship of N.N.Khavskiy. Moscow: MISiS, **1981**. 133 (in Russ.).

2 Shul'gin A.I., Nazarova L.I., Rekhtman V.I. *Akusticheskaya tekhnologiya v obogashchenii poleznykh iskopaemykh* (Acoustical technology in mineral resources beneficiation). Under the editorship of V.S.Yamshchikov. Moscow: Nedra, **1987**. 232 (in Russ.).

3 Shafeev R.Sh., Chanturiya V.A., Yakushkin V.P. *Vliyanie ioniziruyushchikh izluchenij na protsess flotatsii* (Influence of ionizing radiation on flotation process). Moscow: Nauka, **1971**. 32-34 (in Russ.).

4 Chanturiya V.A., Nazarova G.N. *Ehlektrokhimicheskaya tekhnologiya v obogatitel'no-gidrometalurgicheskikh protsessakh* (Electrochemical technology in beneficiation-hydrometallurgy processes). Moscow: Nauka, **1977**. 160 (in Russ.).

5 Lebedev N.M., Zhirnova T.I., Sedel'nikova G.V., Shikhov N.V. *Tekhnologii i oborudovanie dlya ul'trazvukovoy intensifikatsii obogatitel'nykh protsessov* (Technologies and instrumentation for ultrasonic intensification of concentrating process). *IX Kongress obogatitelej stran SNG* (IX congress of dressers of CIS countries): proceedings. Moscow, Russia. **2013**. V. I. 338-341 (in Russ.).

6 Algebraistova N.K., Markova A.S., Burdakova E.A., Makshanin A.V., Karacharov A.A. *O vozmozhnosti ispol'zovaniya ul'trazvukovoy obrabotki v protsessakh seleksii kolektivnykh kontsentratsionnykh* (About possibility of ultrasonic processing use in selection processes of collective concentrates). *IX Kongress obogatitelej stran SNG* (IX congress of dressers of CIS countries): proceedings, Moscow, Russia. **2013**. 718-721 (in Russ.).

7 Glumova A.A., Bragin V.I. *Razrabotka flotatsionno-magnitnoj shemy obogashcheniya svintsovo-tsinkovykh rud* (Working out the flotation-magnetic scheme of lead-zinc ores beneficiation). *IX Kongress oboga-*

titelej stran SNG (IX congress of dressers of CIS countries): proceedings, Moscow, Russia. **2013**. 701-703 (in Russ.).

8 Chanturiya V.A., Ivanova T.A., Tyurnikova V.I. *Modifitsirovanie rastvorov flotoreagentov vysokoaktivnymi soedineniyami* (Modification of flotation reagent solutions by highly active compounds) V Kongress obogatitelej stran SNG (V congress of dressers of CIS countries): proceedings. Moscow, Russia. M.: AI'teks, **2005**. 3 (in Russ.).

9 Tropman Eh.P., Sulakvelidze N.V., Yermakov L.M. *Promyshlennye ispytaniya novogo vspenivatelya OFS* (Industrial tests of new OFS foamer). *Tsvetnye metally=Nonferrous metals*. **2001**. 11. 19-20 (in Russ.).

10 Tropman Eh.P., Tussupbaev N.K., Troeglazova A.V., Syemushkina L.V., Abdykairova G.Zh., Mikhajlov A.M., Tyryshekov D.K. *Sintez dialkilditiofosfornykh kislot na osnove butilovogo spirita i fraktsii spirtov R-C₄H₉-C₃H₇-C₆H₁₃* (Synthesis of di-alkyl-di-thio-phosphoric acids on basis of butyl spirit and spirit fractions). *Metallurgiya XXI veka – sostoyanie i strategiya razvitiya*: mater. mezhdunar. conf. (Metallurgy of XXI century – state and development strategy: proceedings of Intern. conf. Almaty, **2006**. 125-130 (in Russ.).

11 Tropman Eh.P., Tussupbaev N.K., Troeglazova A.V., Syemushkina L.V., Abdykairova G.Zh., Mikhajlov A.M., Tyryshekov D.K. *Usovershenstvovanie flotatsionnoj tekhnologii obogashcheniya bednoj molibdensoderzhashchej rudy s ispol'zovaniem modifitsirovannykh reagentov* (Improvement of flotation technology of poor molybdenum containing ore with using of modified reagents). *Nauchnye osnovy i praktika pererabotki rud i tekhnogennogo syr'ya*: mater. Mezhdunar. scientific-techn. conf. (Scientific basis and practice of ores and technogenic raw materials processing: proceedings of Intern. scientific-techn. conf. Yekaterinburg, Russia. **2012**. 100-103 (in Russ.).

12 Tussupbaev N.K., Syemushkina L.V., Kalugin S.N., Mukhanova A.A., Abdikulova A.O., Bekturganov N.S. *Issledovaniya adsorbtsii modifitsirovannykh polifunktsional'nykh flotoreagentov na poverkhnosti sulfidnykh mineralov* (Investigation of modify polyfunctional flotation reagents on the sulfide mineral surface). *IX Kongress obogatitelej stran SNG: sb. tr.* (IX congress of dressers of CIS countries: proceedings) Moscow, Russia. **2013**. 601-604 (in Russ.).

13 Shautenov M.R., Varlamov V.G., Malakhov Yu.V., Chanturiya V.A., Zholshibekova M.R. *Ispytanie modifitsirovannykh rastvorov reagentov pri flotatsionnom obogashchenii rud* (Testing of modified solutions of reagents at flotation ore-dressing). *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral resources*. **1988**. 2. 25-28 (in Russ.).

14 Shautenov M.R. *Modifitsirovanie tekhnologicheskikh svoystv reagenta ANP na osnove ehnergeticheskikh vozdeystvij* (Modification of technological properties of ANP reagent at energy influence). *VI Kongress obogatitelej stran SNG: sb.tr.* (VI congress of dressers of CIS countries: proceedings). Moscow, Russia. **2007**. 160-162 (in Russ.).

15 Shautenov M.R., Askarova G.E. *Izmenenie nekotorykh svoystv ehmul'sij oleinovoj kisloty v rezul'tate issleduemykh ehnergeticheskikh vozdeystvij* (Change of some properties of oleinic acid emulsion as a result of investigate energy influence). *Gornyy zhurnal Kazakhstana = Mining journal of Kazakhstan*. **2010**. 11. 32-34 (in Russ.).

16 Grebnev A.N. *Mitselloobrazovanie i ego rol'v flotatsionnom protsesse* (Micella formation and its role in flotation process). *Izvestiya vuzov. Tsvetnaya metallurgiya = Proceedings of Higher schools. Non-ferrous metallurgy (Russian Journal of Non-Ferrous Metals)*. **1975**. 3. 32-34 (in Russ.).

ТҮЙІНДЕМЕ

Флотациялық реагенттерді энергетикалық әсерлер негізінде (ультрадыбыс және электрхимиялық) модификациялаумен, олардың флотациялық байытуда технологиялық қасиеттерін жоғарлатуға арналған аппарат жасалынды. Аталған энергетикалық әсерлердің бірге қолдануының себебі, олардың жеке әсерін біріктіріп күшейту. Реагенттердің электрхимиялық өңделуін тиімді жүргізу үшін, олардың ерітінділерін қарқынды түрде араластыру қажет, соның негізінде өңделінетін реагенттердің иондары электродтардың бетіне жетуі және жаңадан пайда болған өнімдердің ерітінді көлеміне қайтарылуы асады. Мұнда ең негізгісі, ол жұмысшы электродтардың беттерін пассивациялаудан сақтау болады, оны ультрадыбыс тербелісін қолданумен атқарады. Аппараттың жұмыс істеу әрекеті келтірілген. Аппараттың сұйық фазаларды аралас өңдеудегі техникалық параметрлері анықталды: ультрадыбыс тербелістерінің жиілігі – 2-40 кГц; ультрадыбыс өрісінің қарқындылығы – 0,2-0,4 Вт/см²; жұмысшы электродтардың бет ауданы – $1,45 \cdot 10^{-2}$ м²; ток тығыздығы – 140-220 А/м²; жұмысшы сұйықтың аппаратқа кірердегі қысымы – 0,2-0,4 МПа; аппараттың өнімділігі – 0,8-10 м³/сағ. Аталған өңдеу әдістері, бұрын өндірісте өздерінің жоғары тығыздығынан немесе суда ерімейтін қасиеттерінен, реагент ретінде қолданыс таппаған заттарды кен байытуда қолдануға мүмкіндік береді. Қорғасын-мырыш кенін флотациялық байытуда ультрадыбыс және электрхимиялық аралас өңдеумен алынған ксантогенат ерітіндісін қолданудың нәтижелері келтірілген. Қорғасын мен мырыштың кеннен бөлініп алу дәрежесі, өңделмеген реагентті қолданумен салыстырғанда, кезегімен 3,52 және 2,82 % өскені дәлелденді, сондай-ақ алынған концентраттардың сапалары да жоғарлады және қалдықтарда қорғасынның, мырыштың үлестері төмендеді. Ұсынылған өңдеу әдістері және оны атқаратын аппарат әртүрлі кендерді флотациялық байытуда реагент ретінде қолдануға болатыны анықталды.

Түйінді сөздер: флотация, реагенттер, модификациялау, ультрадыбыстық әсер, электрхимиялық әсер, аппарат, қондырғы.

SUMMARY

The device for floatation reagents modifying is developed on the basis of energy – ultrasonic and electrochemical – influences on them. It allows increase technological properties of the treated reagents at minerals floatation beneficiation. Sharing of the above types of the energy influence is caused by complementary effects from each of them. In particular, the effective conducting of electrochemical processing of the solutions of reagents requires intensive hashing of the solution for increase of probability of the processed reagents ions coming to a surface of electrodes and off-take of the formed products into the solution volume. The elimination of the process of the working electrodes surface passivation is reached by use of ultrasonic fluctuations. The principle of the device operation is described. The technical parameters of the device for the specified combined processing of liquid environments are established: frequency of ultrasonic fluctuations – 2-40 kHz; the intensity of the ultrasonic field – 0,2-0,4 W/cm², the surface of the working electrodes – 1,45×10⁻² m²; current density – 140-220 A/m²; the pressure of the working liquid on an entrance – 0,2-0,4 mPa; the productivity – 0,8-1,0 m³/h. The use of the specified types of the processing of reagents expands the nomenclature of the substances – the floatation reagents, which in usual conditions can't be used because of high viscosity and/or low solubility in water. The examples of zinc-lead ore floatation beneficiation with use of treated and raw xanthogenate are given. The increase of extraction extent of lead and zinc for 3.52 and 2.82 % respectively is established at using treated reagent. That leads to decrease of these metals content in flotation tailings. The developed method and the device can be used at flotation of various ores at concentrating factories of the country.

Key words: flotation reagents, modification, sonication, electrochemical effects, apparatus, installation, ore beneficiation, zinc-lead ore.

Поступила 05.11.2015

