

УДК 622.3:628.31

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ворошилова М.В.

Институт цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета, Красноярск, e-mail: aniram1988@yandex.ru

В представленной работе изучалась возможность очистки сточных вод горно-обогатительных предприятий с помощью разрядноимпульсной технологии. В состав стоков входят значительные количества цветных металлов, которые теряются со сливом сгустителей при использовании традиционных методов очистки. Разрядноимпульсная обработка (РИО) позволяет качественно решить данную экологическую проблему. РИО ускоряет процесс коагуляции свинцово-цинковых частиц, содержащихся в хвостовых растворах флотации руд. При использовании оптимальных режимов обработки скорость осаждения твердой фазы в растворе увеличивается в 8 раз по сравнению с растворами, не подвергавшимися импульсной и термической обработке. Это дает возможность не только очищать загрязненные стоки, но и извлекать ценные компоненты из осажденной флотационной твердой фазы. Разрядноимпульсная технология представляет собой перспективный метод безреагентной очистки сточных вод горно-обогатительных предприятий, которая позволяет использовать их для оборотного водоснабжения.

Ключевые слова: сточные воды, технология, разряд, импульс, оптимальный, осветление, осаждение, хвосты, раствор

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF WASTEWATER TREATMENT FOR ORE MINING AND PROCESSING ENTERPRISES

Voroshilova M.V.

Institute of Non-Ferrous Metals and Metallurgy of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: aniram1988@yandex.ru

This article represents researching of wastewater treatment for ore mining and processing enterprises by means of a discharge pulse technology. Wastewater composition includes significant quantities of non-ferrous metal, which are lost with drain of thickeners using traditional cleaning methods. Discharge pulse processing (DPP) can efficiently solve this environmental problem. DPP accelerates coagulation process of lead-zinc particles, contained in the tail solutions of ore flotation. When using the optimal treatment regimes the rate of sedimentation solid phase in the solution is increased by 8 times compared with solutions unimpaired impulse and thermal treatment. This makes it possible not only to clean the polluted waste water but also to extract valuable components from sedimentation flotation solid phase. A discharge pulse technology is a promising method for nonchemical wastewater treatment of ore mining and processing enterprises, which allows using them for recycling water supply.

Keywords: waste water, technology, discharge, pulse, optimal, clarification, sedimentation, tails, solution

Разработка ресурсосберегающих технологий, позволяющих снизить антропогенное воздействие на окружающую природную среду и сократить потери ценных компонентов, представляет собой актуальную проблему современной промышленности. Одним из перспективных направлений в этой области является очистка сточных вод предприятий горно-обогатительной отрасли.

Современные процессы обогащения полезных ископаемых основаны на использовании значительного количества воды для технологических целей. Помимо этого вода подается на вспомогательные и подсобные операции, используется для гидротранспорта продуктов, а также для охлаждения маслоохладителей и подшипников дробилок, вакуум-насосов, дымососов, растворения флотационных реагентов [8].

В результате производственных процессов на обогатительных фабриках образуются сточные воды сложного химического состава. Они представлены хвостовыми рас-

творами (хвостами) и сливами сгустителей концентратов. Основную часть (60–90%) стоков на горно-обогатительных фабриках составляют хвостовые растворы флотации, содержащие нерудные компоненты в виде твердых частиц различной крупности, причем содержание твердой фазы в хвостах достигает 20–40%. Вместе с хвостовыми растворами уносится также значительное количество ценных компонентов, к которым относятся ионы цветных металлов.

Традиционно твердая фаза хвостовой пульпы содержит не только пустую породу, но и в сростках с ней полезные компоненты, которые, как правило, относят к технологическим потерям на стадии переработки руды.

Состав сточных вод предприятий данной промышленной отрасли разнообразен и зависит от природы сырья и технологии обогащения. В таблице представлены средние данные по содержанию основных металлов и анионов в сточных водах свинцово-цинковых обогатительных фабрик [6].

Химический состав сточных вод обогатительных фабрик
(полиметаллические руды, содержащие свинец и цинк)

| Сточная вода | Концентрация, мг/дм ³ | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| | pH | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Cu ²⁺ | Zn ²⁺ | Pb ²⁺ | Fe _{общ} | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | CO ₃ ²⁻ | CN ⁻ |
| Слив сгустителя концентрата: свинцового цинкового | 9,3 | 280 | 92 | 11 | 8 | 1,4 | 3,2 | 0,30 | 145 | 210 | 121 | 110 |
| | 10,4 | 156 | 140 | 7 | 2 | 2,7 | 1,1 | 0,30 | 38 | 215 | 140 | 38 |
| Хвосты | 9,9 | 100 | 104 | 8 | 4 | 2,0 | 0,6 | 0,70 | 80 | 400 | 150 | 110 |
| Слив хвостохрани- лища | 8,5 | 150 | 100 | 15 | 0,5 | 0,8 | 0,1 | 0,30 | 75 | 410 | 160 | 5 |

Таким образом, изучение и разработка технологий в области кондиционирования и очистки стоков горно-обогатительной отрасли являются актуальным направлением исследования.

Одним из методов решения данной проблемы является разрядноимпульсная технология.

Электрический взрыв в конденсированных средах представляет собой процесс преобразования энергии электрического поля в механическую работу. Подобный метод превращения энергии характеризуется тем, что в сравнительно малом объеме разрядного канала в течение весьма малого промежутка времени образуется высокая плотность энергии с резким повышением давления и температуры [1].

Высоковольтный импульсный разряд в жидкости сопровождается световым и электромагнитным излучением, формированием ударных, ультразвуковых и звуковых волн широкого диапазона частот, импульсного давления, мощного гидротока с кавитацией.

При разрядноимпульсной обработке (РИО) воды обнаружено [4], что наряду с процессами диспергирования при определенных энергиях воздействия наблюдается коагуляция мельчайших твердых частиц. Это позволяет предположить целесообразность применения импульсного метода в процессе осветления воды в практике обогащения руд полезных ископаемых.

В многочисленных исследованиях [2, 3, 7] подробно изучено воздействие различных параметров РИО на физико-химические свойства жидкой фазы пульпы, однако, влияние температурного фактора при осветлении стоков с помощью импульсного метода в полной мере не исследовано. В связи с этим изучение данного вопроса представляет научный интерес.

Температура пульпы при флотации в большинстве случаев выдерживается в пределах 15–25 °С. Лишь при флотации

некоторых руд или селективной флотации коллективных концентратов пульпу подогревают при предварительном перемешивании или перед флотацией. Влияние температуры на флотацию оценивают в интервале 5–80 °С [5].

В качестве объекта исследования были выбраны сульфидные свинцово-цинковые руды Горевского месторождения. В химическом составе руды преобладают SiO₂ (34,44%) и FeO (29,12%), в меньшей мере Pb (4,33%), Zn (3,06%), MnO (2,47%), MgO (2,2%), CaO (1,9%). Другие соединения присутствуют в незначительных концентрациях.

Исходная руда массой 500 г и крупностью –3 + 0 мм была измельчена до крупности 90% класса – 0,074 мм в шаровой мельнице. Затем руда была отправлена на флотационное обогащение, схема которого приведена рис. 1.

Для изучения влияния электровзрывного воздействия на кинетику осаждения дисперсных частиц в хвостовых растворах импульсная обработка исследуемых проб осуществлялась с помощью разрядноимпульсной установки. Разрядный технологический блок эффективно преобразует электрическую энергию в другие виды энергии, представляя собой электродную систему подключенных к разрядной стороне блока импульсных конденсаторов. При исследовании влияния температурного фактора на качество осветления сточных вод после РИО варьировалась энергия обработки и температура хвостовых растворов.

Экспериментально подтверждено, что РИО ускоряет процесс коагуляции дисперсных частиц в хвостовых растворах флотации руд, содержащих свинцово-цинковые частицы.

По сравнению с растворами, не подвергавшимися импульсному электрофизическому воздействию, скорость осаждения твердой фазы в обработанных пробах увеличивается в 3 раза.

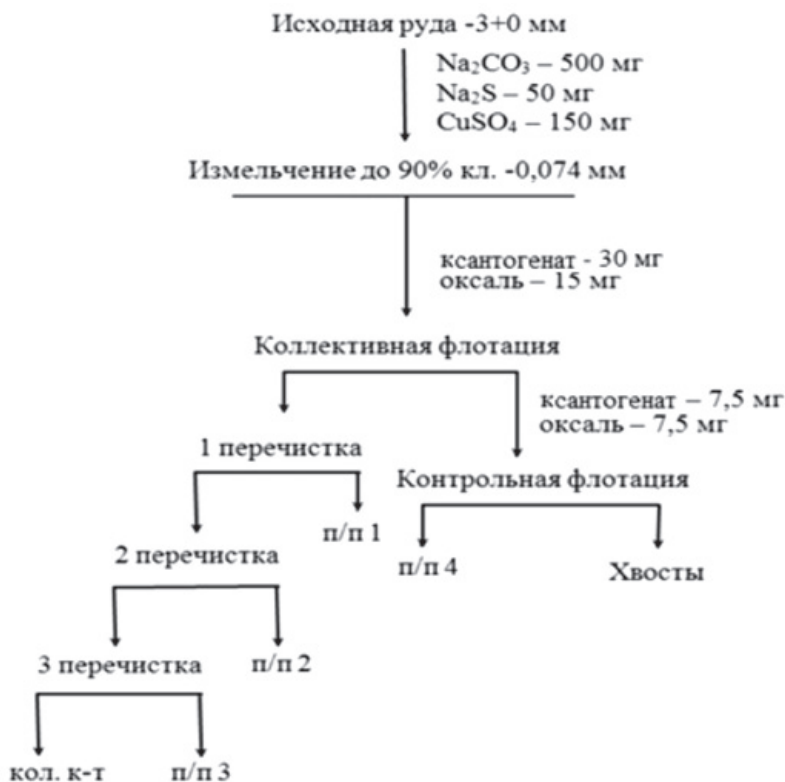


Рис. 1. Схема коллективной флотации свинцово-цинкового концентрата

При нагревании хвостовых растворов наблюдается дополнительное увеличение скорости седиментации. Как видно из графика, приведенного на рис. 2, при 5-минутном отстаивании в растворе, обработанном

удельной энергией 1,6 кДж/дм³ и нагретом до 50°C, скорость осаждения твердых частиц в 8 раз выше, чем в растворе, который не подвергался импульсной и термической обработке.

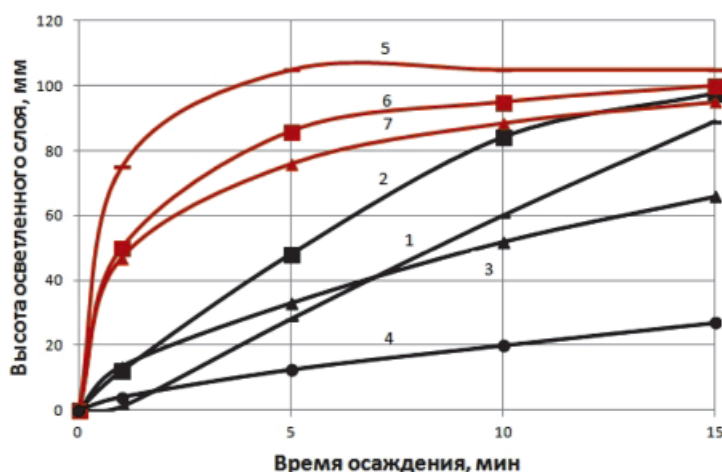


Рис. 2. Кинетика осаждения дисперсных частиц в хвостовом растворе при различной импульсной и температурной обработке: температура раствора 25 °С: 1 – 1,6 кДж/дм³; 2 – 4,8 кДж/дм³; 3 – 8 кДж/дм³; 4 – без обработки; температура раствора 50 °С: 5 – 1,6 кДж/дм³; 6 – 4,8 кДж/дм³; 7 – 8 кДж/дм³

Таким образом, обработка энергией 1,6 кДж/дм³ с последующим нагревом раствора позволяет достичь максимальной

скорости осаждения дисперсных частиц по сравнению с другими режимами импульсной и термической обработки.

Дальнейшее исследование показало, что при увеличении температуры раствора до 70°C показатели процесса практически не изменяются. По графику, приведенному на рис. 3, видно, что через 5 минут после

начала процесса осаждения скорости седиментации растворов при температурах 50 и 70°C практически выравниваются. С течением времени данная тенденция сохраняется.

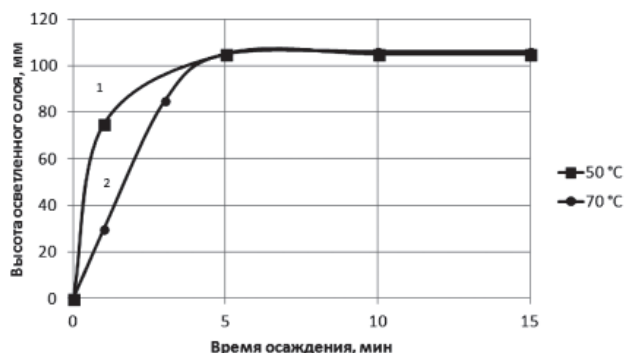


Рис. 3. Кинетика осаждения дисперсных частиц в хвостовом растворе при удельной энергии обработки 1,6 кДж/дм³ и нагреве до 50°C (1) и 70°C (2)

Полученные результаты свидетельствуют о том, что нагревание обработанных растворов до температуры 50°C усиливает коагуляцию дисперсных частиц. Однако дальнейшее увеличение температуры представляется нецелесообразным, т.к. снижает показатели процесса седиментации. Это можно объяснить увеличением интенсивности броуновского движения ионов в диффузной части двойного электрического слоя с ростом температуры. В результате чего возрастает эффективная толщина двойного электрического слоя, что вызывает повышение электрокинетического потенциала и устойчивости дисперсной системы.

Таким образом, увеличить скорость осветления флотационных растворов возможно путем их обработки высокоимпульсными разрядами. Оптимальным режимом импульсной обработки хвостовых растворов, содержащих свинцово-цинковые частицы, является электрофизическое воздействие удельной энергией 1,6 кДж/дм³ с последующим нагреванием до 50°C.

Разрядноимпульсная технология представляет собой перспективный метод безрегентной очистки сточных вод горно-обогатительных предприятий, которая позволяет использовать их для оборотного водоснабжения. Кроме того, импульсная обработка дает возможность извлечь ценные компоненты, которые при использовании традиционных методов теряются со сливом сгустителей.

Список литературы

1. Вовк И.Т. Управление электрогидроимпульсными процессами. — Киев: Наукова думка, 1984. — 188 с.
2. Гулый А.Г. Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта. — М.: Машиностроение, 1977. — 320 с.
3. Коростовенко В.В. Электрофизические методы в комбинированных технологиях переработки минерального сырья: монография. — Красноярск: ИПК Сиб. федер. ун-та, 2008. — 216 с.

4. Круглицкий Н.Н. Физико-химическая механика дисперсных систем в сильных импульсных полях / Н.Н. Круглицкий, Г.Г. Горюченко, П.П. Малошевский. — Киев: Наук. Думка, 1983. — 192 с.

5. Митрофанов С.И., Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. — М.: Недра, 1974. — 352 с.

6. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы, испытания обогатимости, контроль и автоматика / под ред. О.С. Богданова, В.И. Ревнивецова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1983. — 376 с.

7. Ушаков В.Я. Импульсный электрический пробой жидкостей. — Томск: Изд-во ТГУ, 1975. — 258 с.

8. Чуянов Г.Г. Хвостохранилища и очистка сточных вод. — Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1998. — 246 с.

References

1. Vovk I.T. Upravlenie jelektrohidroimpul'snymi procesami [Control of hydro electric pulse processes]. Kiev, Nauk. Dumka, 1984. 188 p.

2. Guluy A.G. Oborudovanie i tehnologicheskie processy s ispol'zovaniem jelektrohidravlicheskogo jeffekta [Equipment and processes using electrohydraulic effect]. Moscow, 1977. 320 p.

3. Korostovenko V.V. Jelektrofizicheskie metody v kombinirovannyh tehnologijah pererabotki mineralnogo syrja [Electrophysical methods in combined mineral processing]. Krasnoyarsk, 2008. 216 p.

4. Kruglickij N.N. Fiziko-himicheskaja mehanika disper-snyh sistem v silnyh impul'snyh poljah [Physico-chemical mechanics of disperse systems in strong pulsed magnetic fields]. Kiev, Nauk. Dumka, 1983. 192 p.

5. Mitrofanov S.I., Barskij L.A., Samygin V.D. Issledovanie poleznyh iskopaemyh na obogatimost' [The study of minerals on the washability]. Moscow, 1974. 352 p.

6. Spravochnik po obogashheniju rud. Specialnye i vspomogatelnye processy, ispytaniya obogatimosti, control i avtomatika [Handbook of ore enrichment. Special and supporting processes, washability testing, monitoring and automation. Under red. O.S. Bogdanov, V.I. Revnivitsev. Moscow, 1983. 376 p.

7. Ushakov V.Ja. Impul'snyj jelektricheskij proboj zhidkostej [Pulsed electrical breakdown of liquids]. Tomsk, 1975. 258 p.

8. Chujanov G.G. Hvostohranilishha i oчитка stochnyh vod [Tailing dumps and waste water treatment]. Ekaterinburg, 1998. 246 p.

Рецензенты:

Патрушев В.В., д.т.н., старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ИХХТ СО РАН, г. Красноярск;

Михайлов А.Г., д.т.н., заведующий лабораторией проблем освоения недр ИХХТ СО РАН, г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 17.10.2013.