

УДК 669.743.27: 669.054.83

**О.А. Мишурина, Н.Л. Медяник**

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАРГАНЦА  
ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОРЕСУРСОВ ГОКОВ  
МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

*Рассмотрен вопрос разработки ресурсовостроившей технологий переработки марганецсодержащих гидроминеральных ресурсов. Приведены результаты исследований электрофлотационного извлечения марганца в виде дисперсной фазы Mn (III,IV) из технических растворов.*

*Ключевые слова: ресурсовостроившая технология, марганец, электрофлотационное извлечение, параметра процесса.*

---

**Т**ехногенные воды ГОКов медноколчеданного комплекса Уральского региона отличаются высокой минерализацией и концентрацией ионов тяжелых и цветных металлов. Содержание металлов в попутных рудничных водах зачастую близки к их содержаниям в традиционном гидроминеральном сырье — минерализованных водах и рассолах, что свидетельствует о потенциальной возможности использования их в качестве дополнительного источника получения металлов [1].

Проведенные аналитические исследования кислых рудничных вод ГОКов Южного Урала показали, что наряду с высоким содержанием таких металлов как медь, цинк и железо,

Таблица 1

**Основные среднегодовые показатели химического состава кислых подтавальных вод ГОКов Южного Урала за 2008-2009 гг.**

Техногенные воды ГОКов Южного Урала	Химический состав, мг/дм <sup>3</sup>							
	pH	Eh	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sub>общ.</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Сибайский филиал Учалинского ГОКа	2,66	+375	238,51	563,62	235,21	216,35	105,2	2023,0
Бурибаевского	2,87	+406	284,3	57,30	197,3	507,6	689,3	1837,1
Учалинского	2,94	+425	170,10	721,43	184,49	474,26	215,9	1968,4

данные воды характеризуются так же и высоким содержанием ионов Mn (II), что позволяет считать данные воды техногенными источниками соединений марганца (табл. 1).

Целесообразность переработки техногенных марганецсодержащих гидроресурсов ГОКов обусловлена тем, что после распада СССР основные месторождения марганца, остались за пределами России (Украина — г. Марганец, Грузия — Чиатурское месторождение и др.). Поэтому на сегодняшний день в России остро стоит вопрос об изыскании дополнительных источников получения различных соединений марганца, широко используемых в металлургической и других областях промышленности.

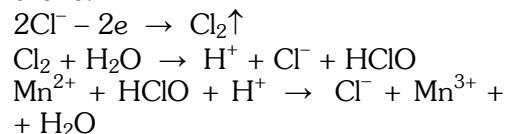
Существующие на сегодняшний день технологии переработки техногенных гидроминеральных ресурсов ГОКов медно-колчеданных месторождений не позволяют селективно извлекать марганец в виде кондиционного сырья. Поэтому разработка эффективной ресурсоспроизводящей технологии, позволяющей селективно извлекать марганец и другие ценные металлы из техногенных вод в виде товарных продуктов, с одновременным снижением их концентраций в стоке является одной из актуальных задач.

Наиболее перспективным направлением в технологии водоочистки являются электрохимические методы. Данные методы позволяют максимально концентрировать и извлекать ценные компоненты из технических растворов. При этом, они являются экологически чистыми, исключающими «вторичное» загрязнение воды анионными и катионными остатками, характерными для реагентных методов [2].

Авторами данной работы для извлечения Mn (II) из кислых рудничных вод, исходя из количественного Cl<sup>-</sup> анионного состава рудничных вод ( $C_{Cl^-}$  до 690 мг/дм<sup>3</sup>), предлагается сочетание двух электрохимических методов — электроагуляционного и электрофлотационного. Суть метода заключается в следующем: ионы Mn<sup>2+</sup> под действием активных форм хлора, образующихся при электрообработке хлоридсодержащих технических растворов окисляются до нерастворимых форм Mn<sup>3+</sup> и Mn<sup>4+</sup>, затем протекает процесс электроагуляционного осаждения гидроксидных соединений марганца в виде дисперской фазы MnO(OH) и MnO(OH)<sub>2</sub>, и на последней стадии осуществляется процесс электрофлотационного извлечения образующейся дисперской фазы марганца.

В обоих процессах применяются нерастворимые аноды.

В общем случае процесс окисления ионов Mn<sup>2+</sup> «активным хлором» до соединений Mn<sup>3+</sup>, Mn<sup>4+</sup> протекает по схеме:



Выбор электрофлотационного метода обусловлен отличительными особенностями извлекаемых гидроксидов марганца, а именно: хрупкостью коллоидных хлопьев марганца, способностью к передиспергированию при интенсивном перемешивании суспензии, необходимостью проведения флотации при низкой скорости газового потока. С этой точки зрения электрофлотационный процесс, отличающийся высокой степенью дисперсности выделяющихся пузырьков, отсутствием в аппаратах движущихся частей, а так же возможностью плавного регулирования скорости изменения степени насыщения пульпы газовыми пузырьками, имеет явные преимущества по сравнению с другими флотационными методами извлечения металлов содержащих осадков [2]. Кроме того, сочетание комбинации процессов осаждение-флотация позволяет достигать высоких показателей извлечения марганца из растворов в виде кондиционного сырья.

Изучение закономерностей процессов извлечения марганца из кислых поликатионных растворов проводилось на базе лаборатории кафедры «Химии, технологии упаковочных производств», ГОУ ВПО «МГТУ».

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований была разработана принципиальная технологическая схема переработки кислых рудничных вод, характеризующихся высоким содер-

жанием ионов меди, железа и марганца. Разработанная технология селективного извлечения марганца из гидротехногенных месторождений ГОКов опробована на кислых подотвальных водах ЗАО «Бурибаевский ГОК». Проведенные укрупненно-лабораторные испытания трех основных стадий технологического процесса: цементации, кислотно-основного осаждения и электрофлотации позволили установить оптимальные параметры осуществления процессов селективного извлечения меди, железа и марганца из кислых подотвальных вод ГОКа.

#### *Методики эксперимента*

Основными методами исследования были выбраны: лабораторные и опытно-промышленные эксперименты на бездиафрагменном двухкамерном электрофлотаторе; для растворов и извлекаемых технологических продуктов — химический анализ, который проводили по методикам фотометрического определения — для катионов металлов и атомноадсорбционного определения — для получаемых по технологии продуктов. Фазовый состав образующихся в процессе электроагрегации осадков исследовали рентгено-фазным методом на дифрактометре общего назначения с медным анодом ДРОН-1. Полученные данные обрабатывали с помощью программного обеспечения «Cristallographica Search-Match Example Template File»

#### *Эксперимент*

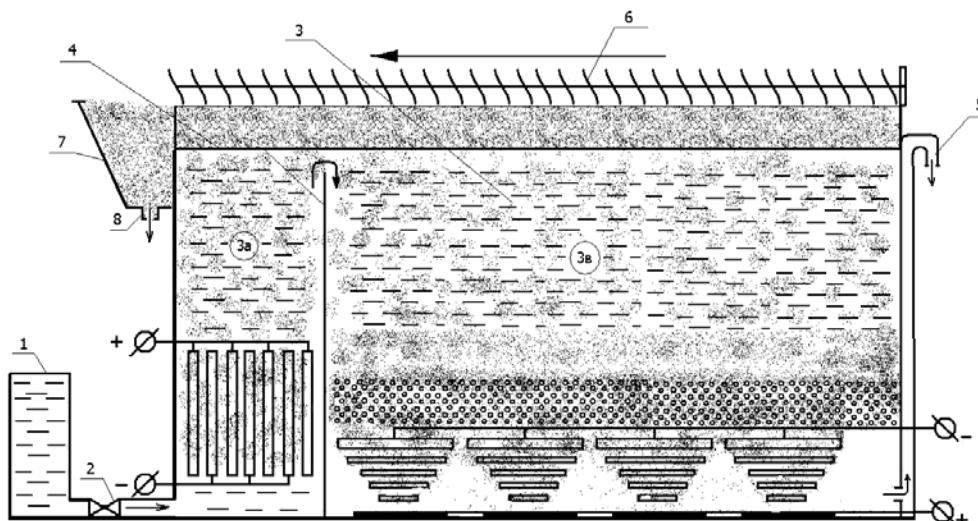
Методика проведения экспериментальных исследований на бездиафрагменном двухкамерном электрофлотаторе, представленном на рисунке 1 заключалась в следующем: исходный раствор, содержащий ионы  $Mn^{2+}$  и хлорид-ионы (не менее 600 мг/дм<sup>3</sup>) из емкости 1 с помощью насоса 2 подается в нижнюю часть

первой камеры 3а электрофлотатора 3. Далее, образованный дисперсный раствор через перегородку 4 переливается во вторую камеру 3в электрофлотатора 3. Во второй камере, под действием электрического тока на катодах выделяется водород, который поднимает дисперсные частицы вверх и образует пенный слой на поверхности раствора. Очищенная вода через патрубок 5 вытекает из аппарата. Пенный слой периодически сдвигается с поверхности раствора скребком транспортером 6 в направлении камеры пеносборника 7 с конусным днищем, расположенной в торце аппарата. По окончании процесса электрофлотации из патрубка 5 отбиралась проба для определения остаточного содержания марганца в растворе фотометрическим методом с использованием персульфата аммония.

В первой камере аппарата осуществляли процесс окисления  $Mn^{2+}$  в  $Mn^{3+}$  и  $Mn^{4+}$  и последующего электроагрегационного осаждения гидроксидных соединений марганца в виде дисперсной фазы. Во второй камере аппарата осуществляли процесс электрофлотационного извлечения дисперсной фазы марганца из водных растворов.

Для установления рациональных параметров осуществления процесса извлечения  $Mn$  (II) из кислых растворов электрохимическими методами (электроагрегация-электрофлотация) были проведены комплексные исследования, в ходе которых было установлено влияние на показатели извлечения марганца таких параметров процесса как: pH, анодная и катодная плотность тока, время электрообработки и фоновый ионный состав.

При рассмотрении селективности извлечения  $Mn$  (II) из поликатионных растворов, содержащих ионы:  $Fe^{2+}$ ,



**Рис. 1. Конструкция электрофлотатора:** 1 – емкость для перерабатываемых растворов; 2 – насос; 3 – электрофлотатор; За, Зв – первая и вторая камеры аппарата; 4 – перегородка, разделяющая первую и вторую камеры; 5 – патрубок для стока отработанного раствора; 6 – скребок транспортер; 7 – пеносборник; 8 – патрубок для удаления флотошлама.

$\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  были исследованы возможные процессы соосаждения гидроксидов меди и железа после электрообработки растворов. Для этого процесс извлечения Mn (II) из кислых растворов методами электроагуляции и электрофлотации проводили на модельных растворах, содержащих ионы  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в соотношении 1:1 концентрацией 100 и 200 мг/дм<sup>3</sup>. После электрофлотационного извлечения дисперсной фазы, из растворов отбирали необходимые объемы аликвот для определения остаточных концентраций вышеуказанных металлов по известным в литературе методикам.

На базе исследовательской лаборатории Бурибаевского ГОКа были проведены укрупненно-лабораторные испытания трех основных стадий технологической схемы селективного извлечения Mn (II) из кислых подотвальных вод: цементации  $\text{Cu}^{2+}$ , кислотно-основного осаждения  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  электрофлотокоагуляции  $\text{Mn}^{2+}$ .

Для определения оптимальных параметров процесса цементации исследуемый раствор объемом 500 см<sup>3</sup> пропускали через желоб, загруженный железной стружкой, с интервалом продолжительности протекания процесса 1–15 минут при температуре 20° С. После окончания опытов в растворах анализировали остаточную концентрацию ионов  $\text{Cu}^{2+}$  фотометрическим методом с пикрамин эпсилоном.

Исследования оптимальных параметров процесса кислотно-основного осаждения ионов  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  проводили в изотермических условиях при перемешивании в течение 1–15 минут. Исходная концентрация  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  в исследуемых растворах составляла 487,6 мг/дм<sup>3</sup>. В качестве реагента-осадителя использовали воду, после процесса электрофлотационного извлечения марганца (рН 6,7;  $\text{CO}_2$  = 15 мг/дм<sup>3</sup>). По окончании опытов в исследуемых растворах определяли остаточную концентрацию ионов  $\text{Fe}^{2+}$

и  $\text{Fe}^{3+}$  фотометрическим методом с использованием сульфосалициловой кислоты.

#### *Результаты эксперимента*

При проведении исследований было установлено, что в первой камере электрофлотационного аппарата полное извлечение ионов  $\text{Mn}^{2+}$  в виде осадка в результате электрохимических реакций, с участием «активного хлора» наблюдается в интервале рН системы от 4,5 до 8,5. Однако следует учесть, что при электролизе хлоридсодержащих растворов на аноде возможно образование нескольких активных формы хлорсодержащих окислителей:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{ClO}^-$ , окислительная активность которых будет зависеть от рН растворов. Максимальная окислительная активность характерна для хлорноватистой кислоты ( $\text{HClO}$ ), накопление которой наблюдается в диапазоне рН от 3,5 до 7,5, т.е. в слабокислой и нейтральной областях. Следовательно, исходя из интервала рН, при котором возможно образование дисперсной фазы марганца, а так же учитывая окислительную активность хлорсодержащих соединений при разных значениях рН, процесс электрофлотации  $\text{Mn}$  (II) рекомендуется осуществлять в диапазоне рН от 4,5 до 7,5.

Экспериментальные исследования оптимальных параметров работы электролизера при электрофлотационном извлечении  $\text{Mn}$  (II) позволили установить, что процесс электрофлотации в диапазоне рН 4,5—7,5 более эффективно и экономически оправданно проводить в течении 1 минуты при концентрации ионов  $\text{Cl}^-$  в растворе не менее 600 мг/дм<sup>3</sup> и плотности тока на анодах 50—350 А/м<sup>2</sup> (в зависимости от исходной концентрации ионов  $\text{Mn}^{2+}$  в растворе). При этом извлечение  $\text{Mn}$  (II) в виде дисперсной фазы составит 99,9 %.

Результаты исследований фазового состава продуктов электрофлотации в присутствии фоновых электролитов (ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ ) позволили установить, что основными фазами образующего осадка, являются соединения типа  $\text{MnO(OH)}_2$  и  $\text{MnO(OH)}$  (табл. 2).

Экспериментальные исследования процесса электрофлотационного извлечения дисперсной фазы  $\text{Mn}$  (III, IV), протекающего во второй камере аппарата, показали что, максимальное извлечение осадка из растворов ( $\epsilon = 98,9\%$ ) наблюдаются в интервале рН 4,5—8,0. Установлено, что значения  $\xi$ -потенциала образующихся взвешенных частиц марганца в данном диапазоне рН положительны [3]. Следовательно, учитывая конструкционные особенности флотационной камеры аппарата, а именно, образование значительного количества отрицательно заряженных газов ( $\text{H}_2$ ), можно предположить, что формирование флотокомплекса «дисперсная фаза — пузырек» протекает по электростатическому механизму [2].

Результаты исследования процесса электрофлотационного извлечения  $\text{Mn}$  (II) из многокомпонентных водных систем, содержащих ионы:  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  показали, что процесс не является селективным по отношению к катионам железа и меди. Поэтому, при разработке технологии селективного извлечения ионов  $\text{Mn}^{2+}$  из кислых рудничных вод ГОК медноколчеданных месторождений необходимо предусмотреть комплекс последовательно выполняемых операций, включающий процессы предварительного стадиального извлечения ионов меди и железа [4].

Для извлечения ионов меди целесообразно использовать гальванические процессы, которые ввиду существенной разницы в значениях стандартных электродных потен-

Таблица 2

**Фазовый состав дисперсной фазы марганца на фоне анионов  $SO_4^{2-}$  и  $CO_3^{2-}$  концентрацией 2 и 0,5 г/дм<sup>3</sup> соответственно**

Фазовый состав дисперсной фазы	Соотношение фаз, %
$MnO(OH)$	62,3
$MnO(OH)_2$	23,7
$Mn(OH)SO_4$	7,64
$Mn(OH)CO_3$	3,91
$Mn(OH)SO_4(H_2O)_2$	1,20
$Mn(OH)_2CO_3$	0,56
$Mn(OH)CO_3(H_2O)_2$	0,43
$Mn_2O_3 + MnO_2$	0,12
$MnSO_4(H_2O)_2$	0,11
$MnCO_3(H_2O)$	0,03

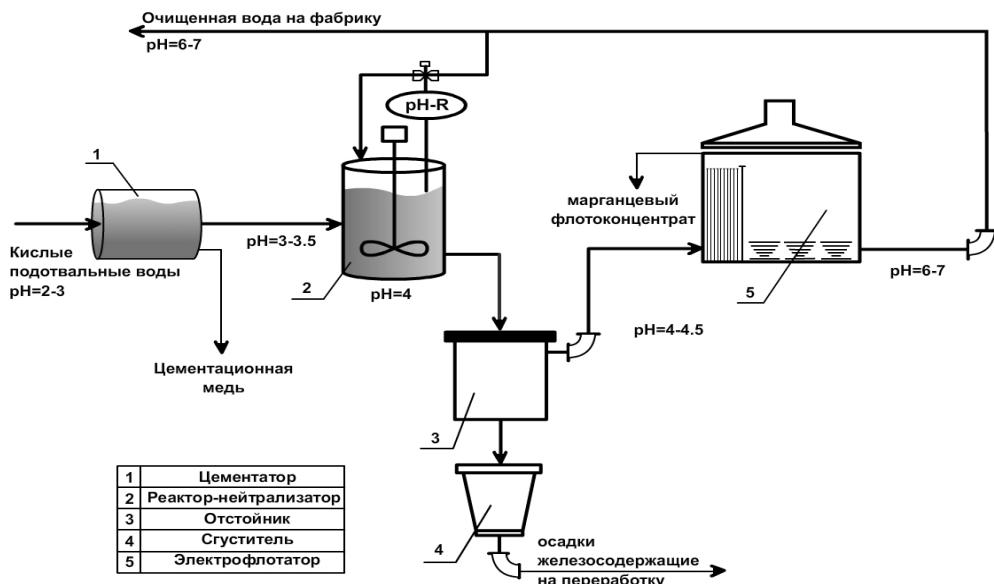
циалов данных металлов ( $\phi_{Mn}^0 = -1,18V$ ,  $\phi_{Cu}^0 = +0,34V$ ) позволяют селективно извлечь медь из кислых подотвальных вод ГОКов не изменяя при этом концентрацию ионов  $Mn^{2+}$  в водных системах. Для извлечения железа эффективно применение метода кислотно-основного осаждения, т.к. при  $pH = 4,0$  железо практически полностью осаждается в виде гидроксида  $Fe(OH)_3$ .

В результате проведенных экспериментальных исследований была разработана комплексная ресурсо-воспроизводящая технология, позволяющая стадиально извлекать медь, железо и марганец в виде товарных продуктов. Предлагаемая технология была опробована на реальных кислых подотвальных водах ЗАО «Бурибаевский ГОК», (рис. 3).

Согласно разработанной технологической схеме, на первой стадии процесса кислые подотвальные воды ( $pH 2,7$ ), очищенные от взвесей, попадали в цементатор (поз. 1), заполненный железной стружкой, где проходил процесс селективного извлечения меди. Далее, сточные воды поступали в реактор-нейтрализатор (поз. 2), где проводили процесс кислотно-основного осаждения ионов

железа в виде дисперсной фазы  $Fe(OH)_3$ , с предварительным окислением ионов  $Fe^{2+}$  до ионов  $Fe^{3+}$ . Процесс окисления и последующее осаждение железа в виде гидроксида  $Fe(OH)_3$  происходил в результате дозированного введения очищенной обратной воды ( $pH = 6,7$ ), обогащенной растворенным кислородом ( $CO_2$  до 15 мг/дм<sup>3</sup>), образующимся при электрообработке водной системы в электрофлотаторе (поз. 5). Осаджение железа из раствора в виде гидроксида Fe (III) (до 96 %) наблюдалось при  $pH = 4,0$ . После процесса нейтрализации, образованная дисперсная система, поступала в отстойник (поз. 3), где производили отделение дисперсной фазы железа из водного раствора. Осветленный раствор ( $pH 4,0 \div 4,3$ ), из верхней части отстойника (поз. 3) подавали на стадию электрофлотации, где с повышением концентрации продуктов электрохимических реакций (в интервале  $pH$  от 5 до 7) в объеме электролита наблюдалось образование мицелярной фазы марганца.

Основные параметры переработки и очистки, кислых подотвальных вод ЗАО «Бурибаевский ГОК» по предлагаемой технологии представлены в табл. 3.



**Рис. 3. Принципиальная технологическая схема переработки кислых рудничных вод медно-колчеданных месторождений Южного Урала**

Таблица 3

**Результаты переработки и очистки кислых подотвальных вод ЗАО «Бурибаевский ГОК»**

Компонент	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sub>общ.</sub>	Mn <sup>2+</sup>
Исходная концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	284,1	487,6	197,3
Остаточная концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	0,067	1,16	0,011
Содержание металла в продукте, %	66,5	62,4	50,1

Согласно приведенным данным (табл. 3), полученные продукты, являются кондиционным сырьем для металлургической промышленности.

### Выводы

Анализ данных полученных в результате применения комбинированной технологии (цементация — кислотно-основное осаждение — окислительное осаждение — электрофлотация) на реальных кислых подотвальных водах ЗАО «Бурибаевский ГОК» позволил сделать следующие выводы:

- предлагаемая комплексная технология поэтапного выделения ионов меди, железа и марганца достаточно

проста, эффективна, не требует сложного аппаратурного оформления и может использоваться как самостоятельно, так и в системе существующих очистных сооружений;

- данная технология может быть использована для организации замкнутого цикла водоснабжения на ГОКах медно-колчеданного комплекса;
- внедрение данной технологии на ГОКах позволит с одной стороны более полно использовать природные минеральные ресурсы, а с другой стороны — существенно снизить экологическую нагрузку в регионе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шадрунова И.В., Зелинская Е.В. Экономико-экономическая эффективность освоения техногенных гидроминеральных месторождений в комплексном цикле добычи и глубокой переработки твердых полезных ископаемых // Материалы международного совещания «Инновационные процессы в технологиях комплексной экологической безопасной переработки минерального нетрадиционного сырья». Плаксийские чтения 2009.
2. Чантурия В.А., Назарова Г.И. Электрохимическая технология в обогатительно-гидрометаллургических процессах. М.: Наука. 1977. – 160 с.
3. Мишурина О.А. Электрофлотационное извлечение марганца из гидротехнологических ресурсов горных предприятий. / Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. С. 72–74.
4. Medyanic N., Mishurina O. Technology of Mn (II) extraction from acid mine waters of ore mining enterprises. Internationaler kongres fachmesse okoloqische und technologische aspekte der Lebensversorgung. – Hannover, Deutsch: Europaische Wissenschaftliche Gesellschaft, Euro-Eko-2009. – p. 68–69. ГИАС

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мишурина Ольга Алексеевна – аспирант, e-mail: olegro74@mail.ru  
Медянник Надежда Леонидовна – доцент, кандидат технических наук, заведующая кафедры, e-mail: medynikmagnitka@mail.ru  
кафедра «Химии, технологии упаковочных производств», Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова.



UDC669.743.27: 669.054.83

### ELECTROFLOTATION EXTRACTION OF MANGANESE FROM THE HYDRO-TECHNOLOGICAL RESOURCES OF THE MINING WORKS

Mishurina O.A., Graduate student, e-mail: olegro74@mail.ru  
Medyanik N.L., Assistant Professor, Candidate of Engineering Sciences, Head of Chair, e-mail: medynikmagnitka@mail.ru  
Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov.

The article is devoted to an urgent problem of the working out of saving resources technology of manganese containing hydro-mineral resources processing. Here are given the results of investigations of electrofotation extraction of manganese dispersed phase Mn (III,IV) from the technical mortars.

The analytical examination of acid mine water at mining-and-processing works located in the southern Urals showed high content of copper, zinc, and iron, as well as high content of Mn (II) ions, which allowed assuming the acid mine water the mine-generated source of manganese compounds. Currently, it is urgent to find alternative sources of different manganese compounds widely used in metallurgical and other industries in Russia.

The present article, based on the quantitative anion composition of acid mine water, proposes to extract Mn (II) from the waters using the combination of two electrochemical methods—electric coagulation and electric flotation. The fusion of the sedimentation–flotation processes will yield high figures of manganese extraction from acid water in the form of salable product.

Based on the theoretical and experimental research, the process flow sheet of selective manganese extraction from process water of mining-and-processing integrated works has been developed and approved in terms of dump water of the Buribaevsky MPIW JSC. Scaled-up laboratory tests of the three basic stages of the flow sheet, namely, casehardening, acid-base sedimentation and electric flotation, allowed finding optimum parameters of selective extraction of copper, iron and manganese from acid dump water.

**Key words:** resources technology, manganese, electrofotation extraction, parameters process.

## REFERENCES

1. Shadrinova I.V., Zelinskaya E.V., 2009. Ecological and economic efficiency of mine hydro-mineral sources use in comprehensive mining and processing of hard minerals, Proc. Int. Conf. Plaksin's Lectures-2009.
2. Chanturia V.A., Nazarova G.I., 1977. Electrochemical Technology in Hydrometallurgical Beneficiation Processes. Moscow: Nauka, P. 160.
3. Mishurina O.A., 2009. Electric flotation of manganese from mine process water, Nosov's MSTU Bulletin, pp. 72-74.
4. Medyanic N., Mishurina O. Technology of Mn (II) extraction from acid mine waters of ore mining enterprises. Internationaler kongres fachmesse okologische und technologische aspekte der Lebensversorlung. – Hanover, Deutsch: Europaische Wissenschaftliche Gesellschaft, Euro-Eko-2009. – p. 68-69.



---

## О ТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

### ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ШУНГИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССА КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

УДК 541.1

Рафиенко Владимир Алексеевич – Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), зав. лаб. каф. физики, physics@rsgpu.ru,

Юшина Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет, зав. каф. «Обогащение полезных ископаемых», yuti62@mail.ru,

Романов Александр Александрович – аспирант кафедры химии, Московский государственный горный университет, immak@mail.ru

Установлены закономерность увеличения скорости окисления содержащихся в шунгитовых продуктах сульфидных минералов и элементарной серы при снижении pH среды, причина ускорения окисления сульфидных минералов при подкислении жидкой фазы. Объяснена аномально высокая скорость окисления пирита, находящегося в омическом контакте с углеродистой матрицей шунгита. Результаты проведенных технологических испытаний показали эффективность разработанной технологии и возможность получения высококачественного шунгитового концентрата с массовой долей серы до 0,4%.

**Ключевые слова:** шунгит, измельчение, кислотное выщелачивание, десульфуризация, шунгитовый концентрат, серосодержащие минералы

### IMPROVING SHUNGITE CONCENTRATE APPLICATION PROCESS ACID LEACHING

Rafienko V.A., Yushin T.I., Romanov A.A.

The most promising area schungite production of high quality products for use in water purification, as a filler in rubber and paint industry is a combination of fine grinding processes and oxidative desulfurization.

The results of laboratory tests established the law of increasing the rate of oxidation products schungite contained in sulfide minerals and elemental sulfur by lowering the pH of the medium.

Following the method set polarization curves cause accelerated oxidation of sulphide minerals during the acidification of the liquid phase, which consists in reducing the intensity of the formation of layers of iron hydroxides by lowering the pH and accordingly the difficulties in transferring components of the electrochemical reaction to the interface. Based on the theory of corrosion oxidation of minerals will explain the abnormally high rate of oxidation of pyrite which is in ohmic contact with the carbon-silicate matrix shungite.

The study showed that the optimal temperature conditions of the reaction mixture is heated to 60-700C. The results of technological tests have shown the effectiveness of the technology and demonstrated the possibility of obtaining high-quality schungite concentrate with a mass fraction of sulfur to 0.4%.

**Key words:** shungite, grinding, acid leaching, desulfurization schungite concentrate, sulfur-containing minerals.