

УДК 669.743.27: 669.054.83

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Орехова Н.Н., Чалкова Н.Л., Чалкова К.Д.**

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск,  
e-mail: chalkova-mgn@mail.ru*

Статья посвящена актуальному вопросу переработки техногенных вод ГОКов медноколчеданных месторождений. Наиболее перспективным направлением в технологии водоочистки являются методы гальванокоагуляции. Данные методы позволяют эффективно концентрировать и извлекать ценные компоненты из технических растворов. При этом они являются экологически чистыми, исключая «вторичное» загрязнение воды анионными и катионными остатками, характерными для реагентных методов. Рассмотрена актуальность переработки техногенных вод, формирующихся на территории горных предприятий с целью селективного извлечения ионов цинка. Выявлены факторы, влияющие на формирование гидротехногенных цинксодержащих георесурсов. Предложен комплекс методов по переработке и очистке гидротехногенных цинксодержащих образований. Обоснована целесообразность применения метода гальванокоагуляции для извлечения ионов цинка из гидротехногенных образований ГОКов медноколчеданных месторождений. Обозначены рациональные условия эффективного выделения цинка из сточных вод методом гальванокоагуляции. Предложен механизм осуществления процесса гальванокоагуляционного извлечения ионов  $Zn^{2+}$  с использованием гальванопары «железо-кокс» и «алюминий-кокс».

**Ключевые слова:** цинк, факторы, техногенез, техногенные воды, условия, процесс, гальванокоагуляция

## TECHNOLOGICAL PROSPECTS OF PROCESSING OF GIDROTEKHNOGENNYKH RESOURCES OF MEDNOKOLCHEDANNYKH OF DEPOSITS

**Orehova N.N., Chalkova N.L., Chalkova K.D.**

*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: chalkova-mgn@mail.ru*

The article is devoted to the topical issue of recycling industrial waste waters GOKov chalcopyrite deposits. The most promising direction in the water treatment technology are electrochemical methods. These methods allow extracting and concentrating the most valuable components of the technical solutions. However, they are environmentally friendly, exclusive «secondary» water pollution anionic and cationic residues characteristic reagent methods. The actual processing of industrial waste waters formed in the territory of mining enterprises to selectively extract zinc ions. The factors influencing the formation of zinc-containing gidrotehnogennyh georesources. A set of methods for processing and clearing gidrotehnogennyh zinc-containing formations. The expediency of the method galvanokoagulyatsii to extract zinc ions from gidrotehnogennyh formations GOKov chalcopyrite deposits. Marked rational conditions for effective separation of zinc from waste water by galvanokoagulyatsii. The mechanism of the process of extraction galvanokoagulyatsionnogo  $Zn^{2+}$  ions using galvanic «iron-coke» and «aluminum-coke».

**Keywords:** zinc, factors, technogenesis, man-made water, conditions, a process, galvanokoagulyatsii

Обогащительные фабрики, шахты, карьеры и отвалы являются основными источниками образования жидких отходов в горнодобывающих и перерабатывающих регионах. Общий объем техногенных водных образований на территории России составляет более 60 км<sup>3</sup>. На долю горнопромышленной зоны Урала приходится более 30% (22,4 км<sup>3</sup>).

Урал является крупнейшей колчеданной провинцией мира. Здесь более сотни месторождений и рудопроявлений, насчитывающих более 1,8 млрд т медных и медно-цинковых руд. Южный Урал, являясь важнейшей составляющей Уральского промышленного региона, имеет наиболее явно выраженную техногеосферу, так как характеризуется чрезвычайно высокой концентрацией промышленного производства. Медно-цинковый комплекс Южного Урала, представленный такими предпри-

ятиями, как ОАО «Гайский ГОК», ОАО «Учалинский ГОК», ОАО «Бурибаевский ГОК», ОАО «Башкирский медно-серный комбинат», ОАО «Александринская горнорудная компания» и др., занимается разработкой и переработкой медно-колчеданных месторождений. На сегодняшний день, значительное количество месторождений Уральского региона отработано (Сибайское, Учалинское, Летнее и др.) [1, 5].

В результате деятельности ГОКов помимо добычи и обогащения полезных ископаемых, происходит образование специфического сернокислого техногенного ландшафта, который приводит к загрязнению атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод, накоплению твердых и жидких отходов [1, 7]. Жидкие отходы характерно образуются из отработанных хвостов, карьеров, рудных отвалов [1, 12].

Пирит и другие сульфидные минералы окисляются в отвалах и хвостохранилищах под влиянием аэрации, атмосферных осадков, солнечной радиации, образуют сульфатные соединения, которые, мигрируя, оседают в почве, поверхностных и подземных водах [5, 6]. Образование значительных объемов (до 40 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) техногенных вод в зоне техногенеза горнорудного профиля позволяет рассматривать их как техногенные гидроминеральные ресурсы, вовлечение которых в переработку увеличит минерально-сырьевую базу и позволит наиболее полно использовать природные ресурсы. Сброс неочищенных техногенных стоков на земную поверхность приводит к накоплению в окружающих водных объектах тяжелых металлов, таких как медь, цинк, железо, марганец, кадмий, никель и др., многие из которых обладают кумулятивным действием, а также общетоксичными, эмбриотропными и мутагенными свойствами [2, 5, 8]. Значительное количество техногенных вод имеет высокую техногенную нагрузку.

Проведенные предварительные аналитические исследования позволили собрать базу данных качества техногенных вод, образующихся на территории ГОКов. Установлено, что концентрация цинка в водах колеблется в пределах 50–3500 мг/дм<sup>3</sup>. Следовательно, учитывая объемы гидротехногенных образований, а также высокие концентрации ионов тяжелых и цветных металлов, данные воды можно классифицировать как техногенное гидроминеральное сырье, переработка которого позволит более полно использовать природные ресурсы. Кроме того, ужесточение экологической политики государства выводит на ведущие позиции решение вопросов по переработке техногенных образований с целью снижения концентраций канцерогенных веществ до норм ПДК и организации цикла оборотного водоснабжения на предприятиях.

В настоящее время эффективные технологии, позволяющие селективно извлекать цинк в виде товарного продукта, отсутствуют. В современных условиях целесообразно получение рациональных продуктов, утилизируемых в металлургическом переделе, с массовой долей цинка 6–7%, в соответствии с нижним пределом, содержащимся для рентабельной переработки в металлургическом переделе. Рациональным продуктом является продукт с содержанием ценного компонента, в осадке позволяющего переработать в металлургическом переде-

ле. Следовательно, разработка комплексной ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии должна обеспечить стадийное и селективное извлечение цинка в виде товарной продукции. Решение данной задачи, помимо улучшения экологической ситуации в регионе, позволит повысить и экономическую целесообразность всего горного производства. [13, 16].

Наиболее перспективно для переработки цинксодержащих техногенных вод использовать метод гальванокоагуляции. Эффективность данного метода обусловлена простотой аппаратного оформления, дешевизной используемых материалов, а также возможностью селективного извлечения ионов цинка из высокоминерализованных кислых растворов [1, 3, 11, 12].

Метод гальванокоагуляции основан на использовании эффекта короткозамкнутых контактов гальванического элемента, образуемого гальванопарами «железо-кокс» и «алюминий-кокс», помещаемыми в очищаемый раствор. За счет разности электрохимических потенциалов железо анодно поляризуется и переходит в раствор [9, 10, 11, 13, 14]. Метод гальванокоагуляции эффективен в результате действия пяти механизмов: катодного осаждения ионов металлов, образования ферритов, клатратов, коагуляции и сорбции примесей на свежесформированных микрокристаллах оксидных форм железа. Железосодержащий осадок, образующийся в процессе очистки, может использоваться как вторичное сырье. Метод гальванокоагуляции применяется для вод с различным диапазоном концентраций, pH, солесодержания. Данный метод имеет потенциал концентрирования ионов ( $Zn^{2+}$ ) в осадках, за счет образования ферритов, массовая доля Zn в которых около 20%.

Метод является наиболее перспективным, весьма экономичным, обладает низкой энергоемкостью благодаря тому, что электрическая цепь между элементами гальванопары возникает при погружении в обрабатываемый раствор в условиях отсутствия внешнего источника тока, а также характеризуется принципиально новыми техническими решениями, обеспечивающими эффективность и простоту аппаратного оформления процесса [12, 13].

Извлечение ионов металлов из подотвальных вод производится в проточных аппаратах барабанного типа в непрерывном режиме путем использования магнитных форм соединений железа, получаемых в этих же аппаратах электрохимическим

способом в режиме гальванопары без введения дополнительных химических реагентов. При этом отпадает необходимость использования внешних источников тока.

В гальванокоагуляторе для эффективно-го извлечения цинка при конкретной концентрации должны выполняться следующие условия [4, 9, 10, 11, 15]:

- 1) переменный контакт электродов (компонентов гальванопары);
- 2) время разрыва контакта не менее 15–20 сек. для деполяризации анода;
- 3) свободный доступ кислорода в зону реакции;
- 4) протекание окислительно-восстановительных процессов в пленочном слое на границе раздела твердой, жидкой и газовой фаз;
- 5) возможность загрузки компонентов гальванопары без остановки процесса извлечения цинка из растворов.

Вышеприведенным критериям отвечают гальванокоагуляторы барабанного типа серии КБ, разработанные в институте «Казмеханобр» и НПФ «Гальвано-ЭКО».

#### Список литературы

1. Алкацев М.И. Процессы цементации в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1981. – 113 с.
2. Баранов Э.Н., Куликовский В.Е. Морфогенез колчеданных залежей Верхнеуральского рудного района Южного Урала // Придонные гидротермальные постройки. – Свердловск: УрО АН СССР, 1988. – С. 43–68.
3. Виноградова О.О., Погорелов В.И., Феофанов В.А. Применение гальванокоагуляции для очистки промышленных сточных вод // Цветные металлы. – 1993. – № 11. – С. 59–60.
4. Зозуля В.В., Прокопенко В.А., Лавриненко Е.Н., Перцов Н.В. О механизме процессов в гальванопаре железо-углерод (кокс) в аэрированном растворе, содержащем ионы тяжелых металлов Укр. хим. журн. – 2002. – Т. 66, № 7. – С. 48–50.
5. Мишурина О.А. Технология электрофлотационного извлечения марганца в комплексной переработке гидротехногенных георесурсов медноколчеданных месторождений – автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2010.
6. Мишурина О.А. Электрофлотационное извлечение марганца из гидротехногенных ресурсов горных предприятий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3. – С. 72–74.
7. Мишурина О.А., Муллина Э.Р. Химические закономерности процесса селективного извлечения марганца из техногенных вод // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 3. – С. 58–62.
8. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Деманганация сточных вод растворами хлорной извести // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 9 (76). – С. 115–118.
9. Орехова Н.Н. Технология извлечения цинка из рудничных и подотвальных вод / В.А. Чантурия., И.В. Шадрунова, Н.Л. Чалкова // Обогащение руд. – Спб.: 2011. – № 1. – С. 35–39.
10. Орехова Н.Н. Критерии гальванокоагуляционно-го извлечения и утилизации меди из техногенных вод / В.А. Феофанов, Ф.А. Дзюбинский, И.В. Шадрунова // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: ГОУ ВПО МГГУ, 2006. – № 12. – С. 149–151.
11. Орехова Н.Н. Извлечение цветных металлов из гидроминеральных ресурсов: теория и практика // И.В. Шадрунова: Монография. – Магнитогорск, ООО «МиниТип», 2009. – 180 с.: илл. – ISBN 2-201-15605-3.
12. Прокопенко В.А., Лавриненко Е.Н., Перцов Н.В. Роль гальванического контакта железа с углеродом в образовании дисперсных оксидов-гидроксидов железа в воде и растворах электролитов // Коллоид, журн. – 2001. – Т. 63, № 4. – С. 505–509.
13. Прокопенко В.А., Лавриненко Е.Н., Мамуня С.В. Влияние формы катиона на процесс формирования дисперсных фаз ферритов тяжелых металлов в гальваноконтакте «железо-углерод» // Вісник ОНУ. – 2005. – Том 10, выпуск 2. – С. 155–164.
14. Рязанцев А.А., Батоева А.А., Батоев В.Б., Тумурова Л.В. Гальванокоагуляционная очистка сточных вод. Химия в интересах устойчивого развития. – 1996. – т. 4, № 3. – С. 233–241.
15. Чантурия В.А. Соложенкин П.М. Гальванохимические методы очистки техногенных вод. Теория и практика. – Москва, ИКЦ «Академкнига», 2005. – 186 с.
16. Чантурия В.А., Шадрунова И.В., Медяник Н.Л., Мишурина О.А. Технология электрофлотационного извлечения марганца из техногенного гидроминерального сырья медноколчеданных месторождений Южного Урала // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – № 3. – С. 89–96.