

УДК 544.77

Мурашова Н.М., Полякова А.С. Левчишин С.Ю., Юртов Е.В.

## ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЭКСТРАГЕНТ-СОДЕРЖАЩИХ МИКРОЭМУЛЬСИЙ

**Мурашова Наталья Михайловна**, к.х.н., доцент, кафедра наноматериалов и нанотехнологии

e-mail: namur\_home@mail.ru;

**Полякова Анастасия Сергеевна**, аспирант, кафедра наноматериалов и нанотехнологии

e-mail: anast.polya@gmail.com;

**Левчишин Станислав Юрьевич**, к.х.н., доцент, кафедра физической химии

e-mail: cnof@list.ru;

**Юртов Евгений Васильевич**, чл.-корр. РАН, д.х.н., профессор, кафедра наноматериалов и нанотехнологии

e-mail: namur\_home@mail.ru;

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, Миусская площадь, д. 9

*В работе рассматривается применение экстрагент-содержащих микроэмульсий ди-(2-этилгексил)фосфата натрия и додецилсульфата натрия для извлечения цветных металлов в процессе микроэмульсионного выщелачивания.*

**Ключевые слова:** микроэмульсия, экстрагент, микроэмульсионное выщелачивание.

## LEACHING OF NONFERROUS METALS WITH EXTRACTANT-CONTAINING MICROEMULSIONS

Murashova N.M., Polyakova A.S., Levchishin S.Yu., Yurtov E.V.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The subject of this paper is the application of extractant-containing microemulsions of sodium bis-(2-ethylhexyl)phosphate and sodium dodecylsulfate in the microemulsion leaching process for the recovery of nonferrous metals.*

**Key words:** microemulsion, extractant, microemulsion leaching.

Самоорганизующиеся наноструктуры поверхностно-активных веществ, такие как мицеллярные системы, микроэмульсии и лиотропные жидкие кристаллы, являются перспективными средами для химической технологии и медицины. В химической технологии они могут использоваться, например, для разработки новых и усовершенствования существующих процессов разделения веществ [1].

На кафедре нанотехнологии и наноматериалов РХТУ им. Д.И. Менделеева был предложен метод микроэмульсионного выщелачивания – метод извлечения веществ из твёрдого сырья путём его обработки экстрагент-содержащей микроэмульсией [2-4]. Главным достоинством микроэмульсионного выщелачивания является селективное извлечение целевых компонентов и их включение в состав микроэмульсии уже на стадии обработки твердой фазы, то есть совмещение выщелачивания и жидкостной экстракции в одном процессе. Метод микроэмульсионного выщелачивания может применяться для извлечения цветных, редких и

редкоземельных металлов из первичного (руды и концентраты) и вторичного (шламы, золы, пыли) сырья. Принципиальная схема процесса представлена на рис. 1.

Микроэмульсии – термодинамически устойчивые дисперсии масла и воды, содержащие капли нанометрового размера, стабилизированные поверхностно-активным веществом. Микроэмульсии прозрачны и оптически изотропны. Благодаря малому размеру капель микроэмульсии обладают большой удельной поверхностью. Извлекаемое вещество может распределяться не только в объём, но и на поверхность капель микроэмульсии, при этом возможно возрастание степени извлечения целевого компонента. Микроэмульсии для выщелачивания должны иметь широкую область существования, содержать в своём составе экстрагент в количестве, достаточном для обеспечения высоких скорости и степени извлечения целевых компонентов, сохранять свою стабильность при высоких температурах и при накоплении экстрагируемых металлов.



Рис. 1. Принципиальная схема микроэмульсионного выщелачивания

Для проведения микроэмульсионного выщелачивания были предложены микроэмульсии, образованные ди-(2-этилгексил)фосфатом натрия (Д2ЭГФNa) [3,5], а также додецилсульфатом натрия (ДСН). Для получения микроэмульсии ДСН в систему необходимо добавлять соПАВ, например, бутанол-1, в то время как Д2ЭГФNa образует микроэмульсии без использования соПАВ. В качестве экстрагента микроэмульсии могут содержать катионообменные экстрагенты – ди-(2-этилгексил)фосфорную кислоту (Д2ЭГФК), капроновую кислоту, либо смесь нейтрального экстрагента трибутилфосфат (ТБФ) и уксусной кислоты [3,4]. Показано, что можно получить микроэмульсии Д2ЭГФNa и ДСН, обладающие широкой областью существования по воде при температурах 20-80°C, и содержащие достаточно большое количество экстрагентов. Микроэмульсии Д2ЭГФNa могут включать не менее 0,30 моль/л Д2ЭГФК и ТБФ, а микроэмульсии ДСН – не менее 2,00 моль/л капроновой кислоты; не менее 1.62 моль/л ТБФ; до 1,25 моль/л Д2ЭГФК. Размер капель изученных микроэмульсий Д2ЭГФNa составляет не более 10 нм, а микроэмульсий ДСН – от 5 до 15 нм.

На примере извлечения меди из оксида меди подтверждено, что именно наноструктурированные жидкие среды (экстрагент-содержащие микроэмульсии) обеспечивают выщелачивание металлов; извлечения меди в растворы экстрагентов в органическом растворителе не наблюдалось. Изучено выщелачивание кобальта, никеля и железа из окисленного кобальто-медного концентрата с помощью микроэмульсий Д2ЭГФNa с Д2ЭГФК и ТБФ+CH<sub>3</sub>COOH. Показано, что использование микроэмульсии с концентрацией Д2ЭГФК 0,174 моль/л дает возможность за 5 часов выщелачивания получить степень извлечения меди 72,1%. При этом степени извлечения Co и Ni были 6,0 и 5,9% соответственно, а железа – 0,5%.

Извлечение цветных металлов с помощью микроэмульсии додецилсульфата натрия изучено на модельных системах с оксидом меди (II) и оксидом цинка. Показано, что наиболее высокая степень извлечения меди (до 50%) из CuO через 5 ч выщелачивания достигается при использовании микроэмульсий ДСН, содержащих 2,00 моль/л капроновой кислоты, либо 0,25 моль/л ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты. Для извлечения цинка из ZnO наиболее эффективна микроэмульсия в системе ДСН – бутанол-1 – Д2ЭГФК – керосин – вода, содержащая 0,25 моль/л Д2ЭГФК.

Полученные данные позволяют рассматривать экстрагент-содержащие микроэмульсии как новый класс функциональных наноматериалов для проведения процессов выщелачивания цветных металлов из рудного и вторичного техногенного сырья.

#### Список литературы

1. Мурашова Н.М., Полякова А.С., Юртов Е.В. Анализ динамики научных публикаций в областях, связанных с нанотехнологией и экстракцией // Наноиндустрия. 2017. № 3 (73). С. 46-54.
2. Способ извлечения металлов из твердофазного сырья: пат. 2349652 РФ, № 2007114163/02; заявл. 17.04.07; опубл. 20.03.09, Бюл. № 8.
3. Юртов Е.В., Мурашова Н.М. Выщелачивание металлов экстрагент-содержащими микроэмульсиями // Химическая технология. 2010. Т. 11, № 8. С. 479-483.
4. Murashova N.M., Levchishin S.Yu., Yurtov E.V. Leaching of metals with microemulsions containing bis-(2-ethylhexyl)phosphoric acid or tributylphosphate // Hydrometallurgy. 2018. V. 175. P. 278-284.
5. Murashova N.M., Levchishin S.Yu., Yurtov E.V. Effect of bis-(2-ethylhexyl)phosphoric acid on sodium bis-(2-ethylhexyl)phosphate microemulsion for selective extraction of non-ferrous metals // Journal of Surfactants and Detergents. 2014. V. 17, № 6. P. 1249-1258