УДК 624.131:551.3

**Н.М.ТЕЛЯКОВ**, *д-р тех.наук, профессор, ptpe_spmi@bk.ru*
**А.А.ДАРЬИН**, *канд. техн. наук, ассистент, darinbox@mail.ru*
*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург*

**N.M.TELYAKOV**, *Dr. in eng. sc., professor, ptpe_spmi@bk.ru*
**A.A.DARIN**, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, darinbox@mail.ru*
*National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg*

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУЛЬФАТИЗИРУЮЩЕГО ОБЖИГА ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ

Приведены результаты исследований по выявлению оптимальных условий проведения сульфатизирующего обжига в комплексной технологии переработки фосфорсодержащих железомарганцевых конкреций.

***Ключевые слова***: железомарганцевые конкреции, сульфатизирующий обжиг.

# DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS OF SULPHATISING ROASTING OF PHOSPHORUS FERROMANGANESE

The results of research to determine the optimal conditions of sulphatizing roasting in the complex technology of processing of phosphorus iron-manganese concretions are given.

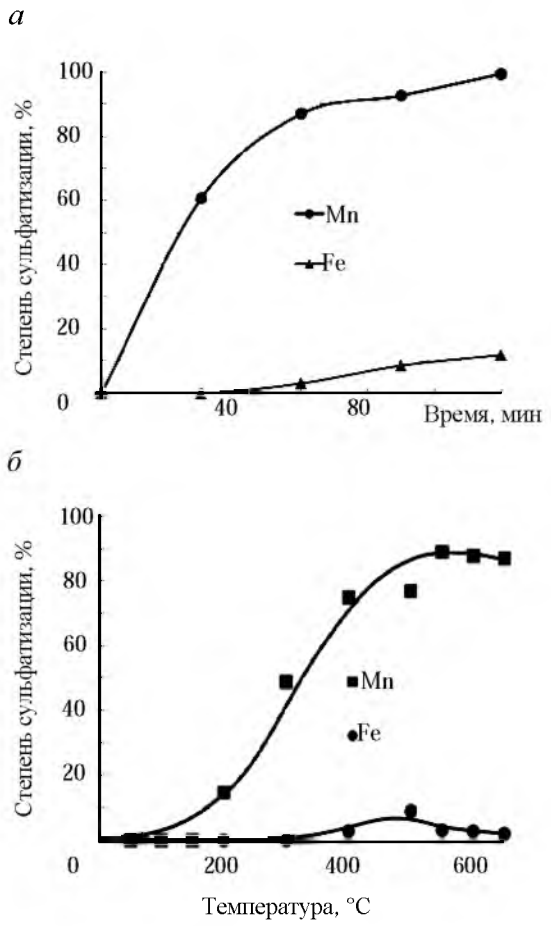
***Key words***: phosphorus ferromanganese, sulphatizing roasting.

Переработка железомарганцевых конкреций (ЖМК) является актуальной проблемой, решение которой позволит снизить долю импорта марганца и развить альтернативную сырьевую базу.

Прогнозируемые запасы конкреций Тихого океана составляют более $1{,}6 \cdot 10^{12}$ т. Также известны поля месторождений в шельфовых зонах Баренцева, Черного, Балтийского (Финского залива) морей и других участках мирового океана. К настоящему времени суммарные запасы Восточно-Финского рудного района оцениваются в 12 млн т [4]. Существенным отличием шельфовых железомарганцевых конкреций (ШЖМК) Финского залива, глубина залегания которых 30-70 м, от океанических (более 1000 м) является присутствие в составе от 1,5 до 4,0 % фосфора, недопустимой примеси в конечном продукте, например, ферромарганце (используемом для раскисления стали в черной металлургии), а также отсутствие в сырье данного типа значительного количества цветных металлов.

Одним из перспективных способов переработки океанических конкреций можно считать комбинированную технологию, основной операцией которой является сульфатизирующий обжиг, позволяющий осуществить селективный переход в водорастворимую форму цветных металлов и марганца [2, 3].

Обязательным условием при переработке фосфорсодержащих подводных марганцевых руд является очистка от фосфора




Зависимость степени сульфатизации Mn и Fe от температуры (*а*) и времени (*б*) обжига

для соблюдения требований по его содержанию в товарных продуктах. Также необходимо учитывать специфику сырья, в состав которого входит значительное количество кремнезема, способного влиять на образования труднофильтруемых растворов при выщелачивании.

Исследования в области переработки шельфовых конкреций были проведены на кафедре печных технологий и переработки энергоносителей Горного университета. Оценка применимости пиро- и гидрометаллургических методов показала перспективность использования сульфатизирующего обжига, позволяющего решить проблему разделения марганца и фосфора, который при температуре обжига 400-800 °С остается в исходной форме $Ca_3(PO_4)_2$ и отфильтровывается в кек [1]. При гидрометаллургическом серно-кислотном способе, наряду с возможным затруднением фильтрования пульп, возможен переход фосфора в раствор, что требует дополнительных исследований с целью определения специальных условий для разделения и фильтрации.

Укрупненно-лабораторные испытания по сульфатизирующему обжигу ЖМК проводились на установке кипящего слоя, оборудованной кварцевым реактором с диаметром цилиндрической части $8 \cdot 10^{-3}$ м. Конкреции крупностью 160-250 мкм обрабатывались газовой смесью, состоящей из 8 % $SO_2$ и воздуха.

Результаты эксперимента по изучению процесса обжига в широком диапазоне температур (см.рисунок, *а*) показали, что сульфатизация начинается при 200 °С, хотя содержание серы при обжиге в интервале температур 50-150 °С достигает 5,4-6,0 %, что свидетельствует об адсорбции диоксида серы на поверхности ЖМК. Оптимальная температура обжига составила 550 °С.

Исследования зависимости степени сульфатизации марганца и железа от концентрации сернистого ангидрида и продолжительности обжига показали, что оптимальными условиями являются: температура 550 °С, содержание сернистого ангидрида в дутье 4-10 %, продолжительность обжига 60-120 мин. При найденных параметрах степень сульфатизации марганца достигает 95 %. Однако результаты эксперимента показали необходимость учета температуры подаваемого газа в реакционное пространство печи. Далее испытания проводили при оптимальной температуре подаваемой газовой смеси 550 °С, содержащей 10 % $SO_2$. Максимальная степень сульфатизации составила 99,4 % (см. рисунок, *б*).

Исследования по осаждению марганца аммиаком, где в качестве окислителя использовали технический кислород и кислород воздуха, показали высокую степень извлечения марганца – 99,99 и 99,1 % соответственно. Полученные результаты позволили определить оптимальные параметры проведения сульфатизирующего обжига – основного процесса комплексной технологии переработки шельфовых фосфорсодержащих железомарганцевых конкреций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Дарьин А.А.* Технология получения марганцевого концентрата из фосфорсодержащих шельфовых железомарганцевых конкреций: Автореф. дис. … канд. техн. наук. СПбГГИ. СПб, 2009. 20 с.

2. *Теляков Н.М.* Теория и практика извлечения благородных металлов при комплексной переработке руд с применением сегрегационного и сульфатизирующего обжигов. СПб, 2000. 60 с.

3. *Теляков Н.М.* Полупромышленные испытания энергосберегающей технологии по переработке железо-марганцевых конкреций / Н.М.Теляков, Г.Ф.Резванов, Л.М.Шалыгин и др. // Цветные металлы. 2003. № 7. С.96- 97.

4. Шельфовые железомарганцевые конкреции – новый вид минерального сырья / А.М.Иванова, А.Н.Смирнов, В.С.Рогов, А.П.Мотов и др. // Минеральные ресурсы России. 2006. № 6. С.15-17.

## REFERENCES

1. *Daryin A.A.* Technology for producing manganese concentrate from phosphate shelf ferromanganese nodules: The author summary of the masteris thesis PhD. in eng. sc. 2009. 20 p.

2. *Telyakov N. M.* Theory and practice of extracting precious metals integrated processing ores using segregation and sulfuric roasting. Saint Petersburg, 2000. 60 p.

3. *Telyakov N.M.* Semi-industrial Tests of Power-Saving Technology for Processing of Iron-Manganese Concretions / N.M.Telyakov, G.F.Rezvanov, L.M.Shalygin et al. // Nonferrous metals. 2003. N 7. P.96-96.

4. Shelf ferromanganese concretions are a new kind of mineral resources. / A.M.Ivanova, A.N.Smirnov, V.S.Rogov et al. // Mineral Resources of Russia. 2006. N 6. P.15-17.