

Г. Ж. АБДЫКИРОВА, М. Ш. ТАНЕКЕЕВА \*, Г. А. ТОЙЛАНБАЙ, А. Е. СЫДЫКОВ

АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения», Алматы,  
\*maira.shaimardan@gmail.com

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ МАРГАНЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Разработан способ химического обогащения техногенного марганецсодержащего сырья с получением высококачественного, оксидного бесфосфористого концентрата по безобжиговой схеме. Способ осуществляется путем гидрохимической обработки измельченного шлама азотнокислым выщелачиванием с переводом марганца в раствор; очистки раствора от примесей железа, фосфора, кремниевой кислоты, серы и балластных солей и осаждения марганца из раствора в виде оксидного концентрата. При выщелачивании шлама растворами азотной кислоты и хлористого натрия оптимальными условиями являются: концентрация  $\text{HNO}_3$  – 700 г/дм<sup>3</sup>, температура – 90 °С, соотношение Т:Ж = 1:2 и продолжительность – 2 ч. Определены основные параметры осаждения марганца из раствора выщелачивания гидроксидом аммония при перемешивании и аэрировании воздухом: рН 9,5-10,0; температура – 90 °С, продолжительность – 60 мин, при этом извлечение марганца в осадок составляет 95 %. При переработке шлама с использованием химического осаждения получен опытный образец марганцевого концентрата, содержащий 65 % марганца и 0,002 % фосфора, что полностью отвечает требованиям металлургической промышленности. По данным рентгенофазового анализа концентрат марганца имеет кристаллическую структуру гаусманита  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ . Предлагаемая технологическая схема проста в исполнении, экологически безопасна и позволяет достигать следующих показателей: сквозное извлечение марганца из шлама в концентрат – 77-78 %; содержание марганца в продуктивном растворе – 41-43 г/дм<sup>3</sup>; степень дефосфоризации раствора – 99 %. Полученные марганцевые концентраты отличаются высоким содержанием марганца и низким содержанием фосфора и пригодны для выплавки всех видов ферросплавов.

**Ключевые слова:** марганецсодержащий шлам, химическое обогащение, выщелачивание, азотнокислый раствор, очистка раствора, осаждение, термическое разложение, марганцевый концентрат

**Введение.** В связи с внедрением наукоемких технологий в машиностроении, строительстве, автомобильной, авиакосмической, оборонной промышленности, электронике и других отраслях в последние десятилетия большое внимание уделяется вопросам развития ферросплавной промышленности. Прежде всего, это связано с ростом потребления ферромарганца при производстве качественных марок сталей. Решение проблемы вывода ферросплавной промышленности на передовые позиции напрямую связано с созданием сырья высокого качества - получения концентрата с содержанием не менее 50-60 % Mn [1, 2]. В этом плане химические методы обработки марганцевых руд считаются наиболее эффективными [3].

В металлургии ферросплавов используются марганцевые концентраты с массовой долей Mn не менее 47 % (ФMn78) и 43 % (ФMn75); а соотношения P/Mn соответственно не более 0,0040 и 0,0048;  $\text{SiO}_2/\text{Mn}$  - 0,2 и 0,3; Fe/Mn - 0,11-0,13. В других отраслях промышленности требования

к исходным материалам, содержащим марганец, иные - в одних случаях требования более жесткие, в некоторых случаях кондиционирование продуктивных растворов по фосфору вообще не требуется.

Анализ литературных данных показывает, что выбор предлагаемых способов химического обогащения марганцевородного сырья в значительной степени определяется вещественным составом исходных продуктов, а также недефицитностью используемых реагентов [4-7].

Значительное ухудшение вещественного состава вовлекаемых в переработку марганцевых руд, связанное с увеличением содержания карбонатных разновидностей, привело к снижению в последнее время качества суммарного концентрата до содержания 35% Mn. Снижение качества марганцевых продуктов ведет к увеличению в них и в ферросплавах массовой доли фосфора, что отрицательно сказывается на выпускаемой металлургической продукции.

При создании технологий химического обогащения важнейшим является решение проблемы получения высокосортных с минимальным содержанием примесей марганцевых продуктов, пригодных для дальнейшего использования в народном хозяйстве. Проблема значительного повышения качества марганцевых концентратов может быть решена только с внедрением в производство химических методов обогащения [8-10].

**Методика проведения экспериментов.** В опытах по выщелачиванию марганецсодержащего шлама использовали растворы азотной кислоты с концентрацией: 600; 700 и 800 г/дм<sup>3</sup> и кристаллический хлорид натрия. На выщелачивание подавали стехиометрически необходимое количество NaCl. Для проведения экспериментов шлам измельчали до крупности -0,1 мм. Выщелачивание шлама проводили при температуре 90 °С в термостатированном стакане, и значениях Т:Ж, равных 1:2; 1:3 и 1:4. Продолжительность выщелачивания варьировали от 20 до 180 мин.

Опыты по осаждению примесей проводили в термостатированном стакане при температуре 90-95 °С и механическом перемешивании со скоростью 500 об/мин. Осаждение марганца проводили 25 %-ным раствором гидроксида аммония при аэрировании воздухом при температуре 90 °С. Для определения оптимальных значений рН осаждение марганца проводили в пределах рН 7,0-11,0.

**Методы анализа.** Пробы концентрата марганца, полученные после осаждения, исследовали с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8230 фирмы «JEOL».

Проведен анализ марганцевого концентрата с помощью рентгенофлуоресцентного волнодисперсионного спектрометра Axios фирмы «Panalytical» (Голландия). Обработка спектрограмм проводилась с помощью программного обеспечения Super Q (Omnian 37). Концентрат марганца был исследован с помощью рентгенофазового анализа на аппарате D8 Advance (Bruker, Германия), излучение α – Cu, напряжение на трубке равно 40/40. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA.

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время проводятся обширные исследования по гидрометаллургической переработке марганецсодержащего сырья. Для выщелачивания оксидных марганцевых продуктов, содержащих четырехвалентный марганец, необходимо их предварительное восстановление. Возрос интерес к совмещению процессов восстановления оксидов марганца и выщелачивания.

Обогащение марганцевых руд в Республике Казахстан ведется способом дробления и сортировки окисленных руд. При переработке марганцевых руд по схеме дробление - грохочение (промывка), где готовой продукцией является надрешетный продукт грохота, образуется значительное количество (до 50 %) мелкого класса -0,1+0 мм, так называемых «рудных отсеков» и «шламов», складываемых в спецотвалах. Одним из таких объектов техногенного сырья являются марганецсодержащие шламы месторождения «Восточный Камыс».

Целью работы является проведение исследований по восстановительному выщелачиванию марганца из шламов без операции предварительного обжига. В связи с этим были проведены исследования по определению оптимальных условий выщелачивания марганецсодержащего шлама смесью азотной кислоты и хлорида натрия. В таблице 1 приведены результаты химического анализа марганецсодержащего шлама.

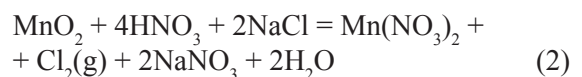
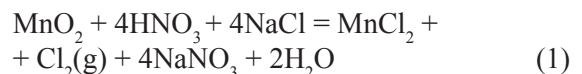
Целью работы является проведение исследований по восстановительному выщелачиванию марганца из шламов без операции предварительного обжига. В связи с этим были проведены исследования по определению оптимальных условий выщелачивания марганецсодержащего шлама смесью азотной кислоты и хлорида натрия. В таблице 1 приведены результаты химического анализа марганецсодержащего шлама.

Таблица 1 – Результаты химического анализа марганецсодержащего шлама, %

Mn	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Zn	Cu	Na	Ti	P
19,1	6,5	40,4	6,2	11,8	1,03	0,27	0,014	0,45	0,17	0,10

Для определения фазового состава марганецсодержащего шлама был проведен рентгенофазовый анализ, результаты которого показали присутствие в пробе пиролюзита MnO<sub>2</sub>, гематита Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, кальцита CaCO<sub>3</sub>, кварца SiO<sub>2</sub>, а также Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Проведены термодинамические расчеты для возможных реакций при выщелачивании пиролюзита MnO<sub>2</sub> смесью азотной кислоты и хлорида натрия:



По результатам термодинамического анализа реакций (1, 2) построены зависимости изменения энергии Гиббса от температуры при восстановительном выщелачивании диоксида марганца

ца (рисунок 1). Термодинамические расчеты для реакций растворения диоксида марганца смесью  $\text{HNO}_3 + \text{NaCl}$  показали, что реакции идут слева направо, так как изменение энергии Гиббса данных реакций является отрицательной величиной.

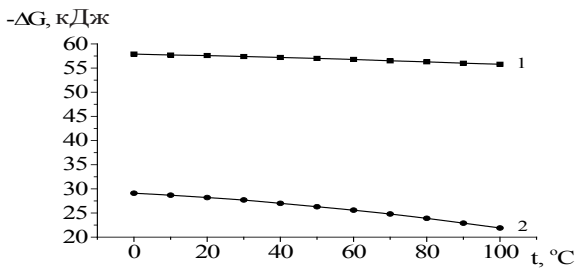
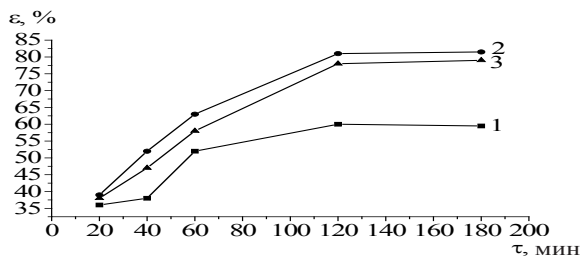


Рисунок 1 – Изменение энергии Гиббса при выщелачивании диоксида марганца по реакциям 1 и 2

Проведено изучение влияния концентрации азотной кислоты, температуры выщелачивания и соотношения Т:Ж на извлечение марганца в раствор. Как видно из рисунка 2, при выщелачивании шлама растворами азотной кислоты с концентрацией 600; 700 и 800 г/дм<sup>3</sup> извлечение марганца в раствор составляет: 60,0; 81,5 и 73,0 %, соответственно.



Концентрация  $\text{HNO}_3$ , г/дм<sup>3</sup>: 1 – 600; 2 – 700; 3 – 800

Рисунок 2 – Влияние концентрации азотной кислоты и продолжительности выщелачивания на извлечение марганца

Опытные данные показали, что при выщелачивании шлама смесью  $\text{HNO}_3 + \text{NaCl}$  оптимальными условиями являются: концентрация  $\text{HNO}_3$  – 700 г/дм<sup>3</sup>, температура – 90 °С, соотношение Т:Ж = 1:2 и продолжительность – 2 ч.

При выщелачивании в раствор переходит некоторое количество железа, которое существенно снижает качество получаемого марганцевого концентрата и обуславливает необходимость введения операции железоочистки при переработке. Определены условия очистки марганецсодержащих азотнокислых растворов от примесей гидролитическим способом. Очистка от примесей раствора осуществляется путем доведения рН карбо-

натной рудой, 20 %-ным известковым молоком, известняком или содой до 2,5-5,0 и отделением образующегося осадка, содержащего нежелательные примеси.

Проведена очистка от примесей раствора выщелачивания с использованием гидроксида аммония при барботировании воздухом. Результаты опытов по осаждению примесей в зависимости от рН раствора приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты осаждения примесей из азотнокислых растворов

Рас- твори	Содержание металлов, г/дм <sup>3</sup>									
	Mn	Fe	Cu	Zn	Al	Ni	Co	P	As	Sb
Исход- ный	44,3	12,1	0,048	0,87	0,89	0,054	0,0473	0,034	0,006	0,09
рН 5,0	41,8	0,13	0,026	0,69	0,80	0,040	0,0407	0,0008	0,004	0,07
рН 6,0	41,3	0,10	0,0005	0,21	0,005	0,017	0,0301	0,0004	0,003	0,02
рН 7,0	41,1	0,01	0,0004	0,19	0,005	0,014	0,0208	0,0003	0,001	0,01

Данные опытов показали, что полная очистка от нежелательных примесей, присутствующих в растворе выщелачивания, достигается при значениях рН, равных 6,0-7,0. Гидролиз соли марганца происходит при более высоком значении рН (8,0-8,5), вследствие чего марганец в осадок не выпадает.

Получение высококачественных марганцевых концентратов из растворов после их дополнительной очистки возможно методами термического разложения, химического осаждения и электролитическими методами. Наибольшее практическое применение при разработках технологических схем химической переработки марганцевых руд находит осаждение марганца в виде карбоната, диоксида, гидроксида или сульфида.

Для проведения опытов по осаждению марганца использовали очищенные растворы (рН 6,0-7,0), полученные после выщелачивания шлама, с содержанием 41,3 г/дм<sup>3</sup> Mn. По данным проведенных опытов построен график, приведенный на рисунке 3. Результаты свидетельствуют о том, что практически полное извлечение марганца в осадок достигается при рН 9,5-10,0 и составляет 95,0 %.

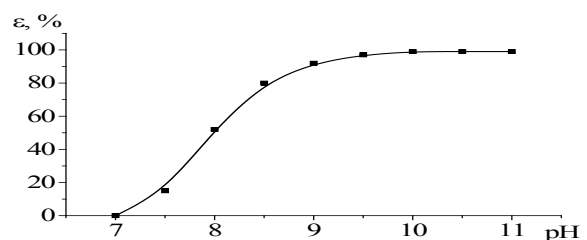


Рисунок 3 – Зависимость извлечения марганца от рН при осаждении

Изучено влияние температуры и продолжительности осаждения на извлечение марганца в осадок. Из приведенного на рисунке 4 графика видно, что при повышении температуры до 90 °С и продолжительности осаждения 60 мин практически весь марганец осаждается из раствора и извлечение Mn в осадок возрастает до 95,0 %.

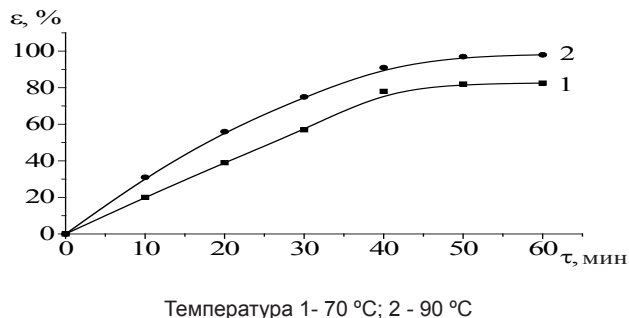
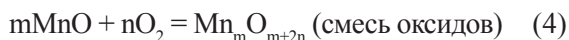


Рисунок 4 – Зависимость извлечения марганца от температуры и продолжительности осаждения

Осадок марганца отделяли от маточного раствора, промывали горячей водой при Т:Ж = 1:(2,5-3,5) и отфильтровывали. Промывные воды направляются в голову процесса на выщелачивание. Твердую фазу, полученную после осаждения, сушили и прокаливали при температуре 650-700 °С с получением концентрата марганца. После сушки и прокалки полученного осадка марганца массовая доля основного вещества в концентрате повышается за счет разложения гидроксида марганца, что ведет к изменению выхода концентрата:



В результате проведенных исследований определены оптимальные условия осаждения марганца из азотнокислого раствора гидроксидом аммония при перемешивании и аэрировании воздухом: рН 9,5-10,0; температура - 90 °С, продолжительность перемешивания – 60 мин.

Результаты энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС-анализ) пробы марганцевого концентрата приведены на рисунке 5, согласно которым в пробе содержится 63,44 % Mn и 34,57 % O, присутствие фосфора не обнаружено. В пробе содержатся оксиды марганца.

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа показали, что в марганцевом концентрате содержится, %: 65,0 Mn; 0,024 Fe; 15,744 O; 0,776 Na; 0,014 K; 0,017 S; 1,476 Ca; 0,084 Al; 0,073 Si;

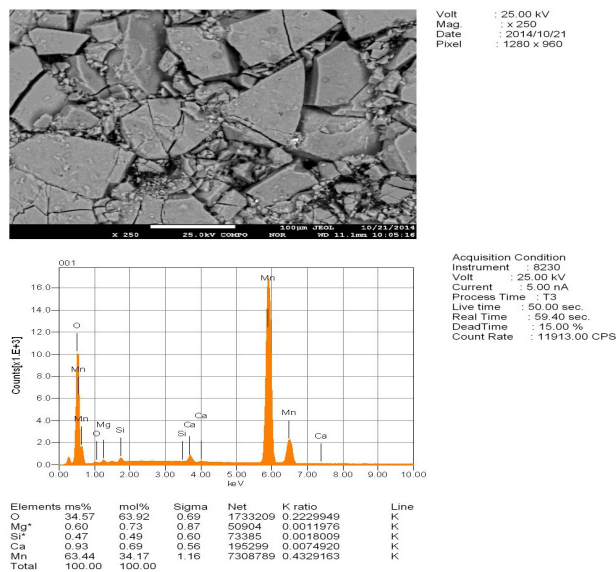


Рисунок 5 – Результаты микроанализа марганцевого концентрата

0,798 Mg; 0,013 Zn; 0,040 Co; 0,002 P. Состав концентрата отличается высоким содержанием марганца и низким содержанием фосфора, что делает его пригодным для выплавки ферросплавов. Данные проведенного рентгенофазового анализа концентрата марганца показали, что он имеет кристаллическую структуру гаусманита  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ .

Исследования по осаждению марганца из сульфатных растворов аммиаком показали возможность получения чистых осадков оксида марганца. Марганцевый концентрат, полученный прокаливанием гидрата закиси марганца, можно использовать для производства сплавов специального назначения.

Результаты исследований по переработке марганецсодержащего шлама позволили рекомендовать технологическую схему, приведенную на рисунке 6. Предлагаемая технологическая схема проста в исполнении, экологически безопасна и позволяет достигать следующих показателей: сквозное извлечение марганца из шлама в концентрат – 77-78 %; содержание марганца в продуктивном растворе – 41-43 г/дм<sup>3</sup>; степень дефосфоризации раствора – 99 %. Марганцевый концентрат содержит 65 % Mn и 0,002 % P, что позволяет из этого концентрата путем электродуговой плавки получать бесфосфористый ферромарганец.

Расход реагентов при этом ограничен доступными и выпускаемыми местной химической промышленностью азотной кислотой и аммиаком. Проект характеризуется безотходностью, так как твердый остаток после извлечения марганца, содержащий в основном кремнезем, может быть успешно использован в стройиндустрии.

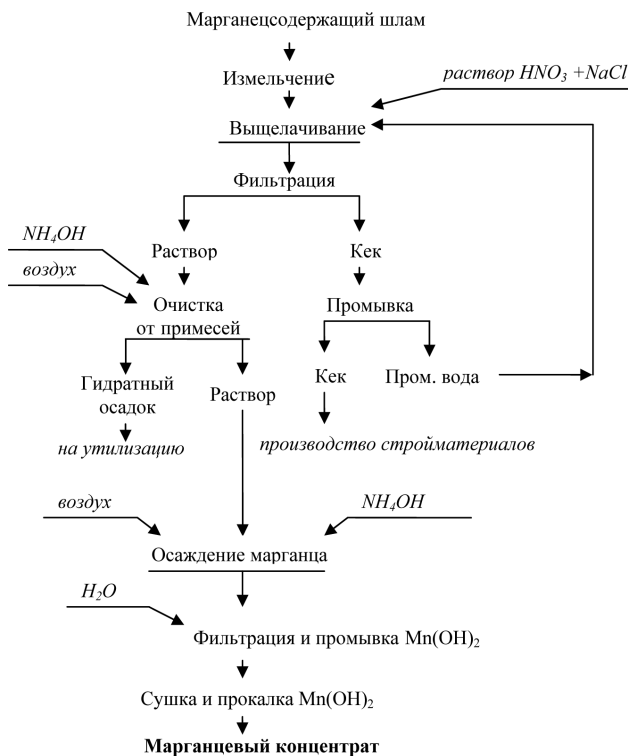


Рисунок 6 - Предлагаемая технологическая схема переработки марганецсодержащего шлама

**Выводы.** Таким образом, разработан способ химического обогащения техногенного марганецсодержащего сырья с получением высококачественного, оксидного бесфосфористого концентрата по безобжиговой схеме. Гидрохимическая переработка шлама осуществляется путем выщелачивания азотной кислотой с переводом марганца в раствор; очистки раствора от примесей железа, фосфора, кремнекислоты, серы и балластных солей и осаждения марганца из раствора в виде оксидного концентрата. При выщелачивании шлама растворами азотной кислоты и хлорида натрия оптимальными условиями являются: концентрация  $\text{HNO}_3$  – 700 г/дм<sup>3</sup>, температура – 90°C, соотношение Т:Ж = 1:2 и продолжительность – 2 ч.

В результате проведенных исследований определены основные параметры процесса осаждения марганца из раствора выщелачивания, позволяющего получить марганцевый концентрат с высоким содержанием марганца, пригодный для использования в металлургической и химической промышленности. Установлено, что при pH 9,5-10,0, температуре 90 °C, времени 60 мин и использовании гидроксида аммония и воздуха марганец из азотнокислого раствора осаждается в виде гаусманита, имеющего кристаллическую структуру, при этом извлечение марганца в осадок составляет 95 %.

Получен опытный образец марганцевого концентрата при переработке шлама с использованием операции химического осаждения марганца гидроксидом аммония и воздуха, содержащий 65 % марганца и 0,002 % фосфора, что полностью отвечает требованиям металлургической промышленности.

**ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Толстогузов Н.В. О рациональной схеме использования карбонатных руд // Теория и практика металлургии марганца: Сб. науч. тр. АН СССР ИМЕТ им. А.А. Байкова. - М.: Наука, 1990. - 78 с.
- 2 Сутырин Ю.Е. Карбонатные руды – основа сырьевой базы марганца России // *Металлург.* - 2002. - № 10. - С. 26-28.
- 3 Салли А. Марганец. – М.: *Металлургиздат*, 1959. - 296 с.
- 4 Дзюба О.И. Разработка замкнутой технологии химического обогащения марганецсодержащего сырья. Новые технологии и техника для переработки руд черных металлов. - Кривой Рог: *Механообрчермет*, 1993. – 267 с.
- 5 Smirnov A.V., Darin A.A., Telyakov N.M. Processing of the iron-manganese concretions to the manganese concentrate // *Challenges and solutions in Mineral Industry: Proceedings of Freiburger Forschungs forum 60. Berg- und Huttenmannischer Tag. Freiburger, Germany, 16 June, 2009* - С. 195-198.
- 6 А.С. 1574540. СССР. Способ получения марганцевого концентрата /Арсентьев В.А., Дзюба О.И., Синенко С.В., Тер-Даниельянц К.Р., Фролов Ю.Н.; опубл. 01.03.90, Бюл. № 27 .
- 7 А.С. 664862. СССР. Способ получения марганцевых концентратов /Арсентьев В.А., Синенко С.В., Дзюба О.И., Полякова Н.С., Шибальт В.Г.; опубл. 22.03.91, Бюл. № 27.
- 8 Пат. 2330899 Россия. Способ очистки растворов от железа /Литвиненко В.С., Теляков Н.М., Смирнов А.В.; опубл. 10.08.2008, Бюл. № 6.
- 9 Литвиненко В.С., Теляков Н.М., Смирнов А.В. Исследование влияния температуры на осаждение из растворов труднорастворимых соединений // *Цветные металлы.* - 2010. - № 3. - С. 51-53.
- 10 Арсентьев В.А., Синенко С.В., Дзюба О.И. Разработка и испытания технологии получения марганцевых концентратов высокой чистоты // *Обогащение руд* - 1991 - № 6 - С. 21-24.

**REFERENCES**

- 1 Tolstoguzov N.V. *O ratsional'noj skheme ispol'zovaniya karbonatnykh rud Teoriya i praktika metallurgii manganca: Sb. nauch. tr. AN SSSR IMET im. A.A. Bajkova* (About rational scheme of carbonate ores using. Theory and practice of manganese metallurgy: Proceedings of Scientific works of A.A. Baykov IMET of USSR Academy of Sciences.), Moscow: Nauka (Science), 1990, 78 (in Russ.)
- 2 Sutyurin Yu.E. *Karbonatnye rudy – osnova syr'evoy bazy manganca Rossii* (Carbonate ores is Russian manganese resources base.) *Metallurg = Metallurgist*, 2002, 10, 26-28 (in Russ.)
- 3 Salli A. *Manganets* (Manganese) Moscow: Metallurgizdat (Metallurgy Press ), 1959, 296 (in Russ.)
- 4 Dzyuba O.I. *Razrabotka zamknuj tehnologii khimicheskogo obogashcheniya manganetssoderzhashchego syr'ya. Novye tehnologii i tekhnika dlya pererabotki rud chernykh metallov* (Development of a closed technology of chemical enrichment of manganese-containing raw materials. New

technologies and equipment for the processing of ferrous metals.)  
Krivoj Rog: Mehanobrchermet, **1993**, 267 (in Russ.)

5 Smirnov A.V., Darin A.A., Telyakov N.M. Processing of the iron-manganese concretions to the manganese concentrate. Challenges and solutions in Mineral Industry: Proceedings of Freibergers Forschungs forum 60. Berg- und Huttenmannischer Tag. Freiberg, Germany, 16 June **2009**. 195-198 (in Eng.)

6 A.S. 1574540. SSSR. *Sposob polucheniya margantsevogo kontsentrata* (The method of manganese concentrate obtaining) Arsent'ev V.A., Dzyuba O.I., Sinenko S.V., Ter-Daniel'yanc K.R., Frolov Yu.N. Opubl. 01.03.**1990**, 27 (in Russ.)

7 A.S. 664862. SSSR. *Sposob polucheniya margancevykh kontsentratorov* (The method of manganese concentrates obtaining) Arsent'ev V.A., Sinenko S.V., Dzyuba O.I., Polyakova N.S., Shibal't V.G. Opubl. 22.03.**1991**. 27 (in Russ.)

8 Pat. 2330899 RU. *Sposob ochistki rastvorov ot zheleza* (The method for cleaning solution of iron) Litvinenko V.S., Telyakov N.M., Smirnov A.V. Opubl. 10.08.**2008** 6 (in Russ.)

9 Litvinenko V.S., Telyakov N.M., Smirnov A.V. *Tsvetnye metally = Non-ferrous metals*, **2010**, 3, 51-53 (in Russ.)

10 Arsent'ev V.A., Sinenko S.V., Dzyuba O.I. *Obogashchenie rud = Ore-dressing*, **1991**, 6, 21-24 (in Russ.)

#### Түйіндеме

Техногенді марганецқұрамды шикізатты химиялық байытудың күйдірісиз сұлба бойынша жоғары сапалы оксидті фосфорсыз концентрат алынатын әдісі жасалды. Әдіс ұнтақталған шламды гидрохимиялық өңдеумен азот қышқылында ерітінділеп марганецті ерітіндіге өткізу; ерітіндіні темір, фосфор, күкірт, тұздар сияқты кірмелерден тазалау және ерітіндіден марганецті оксидті концентрат түрінде тұндыру арқылы жүзеге асырылады. Шламды азот қышқылы және хлорлы натрий ерітінділерімен ерітінділеудің оңтайлы жағдайлары: HNO<sub>3</sub> концентрациясы – 700 г/дм<sup>3</sup>, температура - 90 °С, Қ:С қатынасы 1:2 және ұзақтылығы 2 сағат. Ерітіндіден марганецті аммоний гидроксидімен ерітінділеп, араластыру және ауалау арқылы тұндырудың оңтайлы параметрлері анықталды: рН 9,5-10,0; температура - 90 °С, ұзақтылығы – 60 минут, марганецтің тұңбаға өтуі 95 %. Шламды химиялық тұндыру арқылы өңдеу нәтижесінде марганец концентратының тәжірибелік сынамасы алынды, құрамында 65 % марганец және 0,002 % фосфоры бар алынған концентрат, металлургия өндірісінің барлық талаптарына жауап береді. Рентгенфазалық анализ нәтижелері марганец концентратының кристалдық структурасы гаусманит Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> екенін көрсетті. Ұсынылған технологиялық сұлба оңай іске асады, әрі экологиялық қауіпсіз және келесідей көрсеткіштерді алуға мүмкіндік береді: шламнан марганецтің концентратқа алынуы – 77-78 %; марганецтің өнімді (продуктивті) ерітіндідегі үлесі – 41-43 г/дм<sup>3</sup>; ерітіндінің дефосфорлану дәрежесі – 99 %. Алынған марганец концентраттары марганецтің жоғары және фосфордың төмен мөлшерімен ерекшеленеді және ферроқорытпаның барлық түрін балқытуға жарамды.

**Түйін сөздер:** марганецқұрамды шлам, химиялық байыту, ерітінділеу, азотқышқылды ерітінді, ерітіндіні тазалау, тұндыру, термиялық ыдырау, марганец концентраты.

#### Summary

The method of chemical beneficiation of manganese-containing secondary raw material to produce a high-quality concentrate of non-phosphorus oxide using a non-fired scheme was developed. The first step of the method is a hydro-chemical treatment of grinded slime using nitrate leaching to transfer manganese into solution; the second is purification of solution from iron, phosphorus, silica and sulfur impurities; ballast salts; followed by precipitation of manganese from the solution in the form of an oxide concentrate. The optimum conditions for leaching the slime by using nitric acid and sodium chloride are: concentration of HNO<sub>3</sub> - 700 g/dm<sup>3</sup>, temperature - 90 °C, the ratio S:L = 1:2 and duration - 2 hours. The main parameters of the precipitation of manganese from leaching solution of ammonium hydroxide with stirring and aeration by air were determined: pH 9,5-10,0; temperature - 90 °C, duration - 60 minutes, the extraction of manganese - 95 %. During the slime processing, chemical precipitation was used to obtain experimental sample of manganese concentrate containing 65 % manganese and 0,002 % phosphorus that fully meets the requirements of steel industry. According to an X-ray analysis, manganese concentrate has a crystal structure of hausmannite Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. The proposed technological scheme is simple to implement, an environmentally friendly and allows reaching the following characteristics: an open-ended extraction of manganese from slime to concentrate - 77-78 %; the manganese content in the productive solution - 41-43 g/dm<sup>3</sup>; the degree of dephosphorization of solution – 99 %. Obtained manganese concentrates have a high manganese content and low phosphorus content and suitable for smelting all types of ferroalloys.

**Keywords:** manganese-containing slime, chemical concentration, leaching, nitrate solution, purification, precipitation, thermal decomposition, manganese concentrate.

Поступила 23.12.2015