



С. П. Шуваев, В. И. Бондарец, Л. Л. Куцевол
ПАО «Орджоникидзевский ГОК»

М. И. Гасик /д. т. н./
Национальная металлургическая академия
Украины

Опытно-промышленное крупнотоннажное производство марганцевого агломерата АМ-2 с вовлечением в шихту концентрата магнитного обогащения шламов отработанных шламохранилищ

Изложены результаты опытно-промышленных экспериментов по получению крупнотоннажной партии марганцевого агломерата АМ-2 с вовлечением в аглошихту 50 % концентрата крупностью 0–1 мм магнитного обогащения шламов отработанных шламохранилищ в условиях производственных мощностей ПАО ОГОК. Экспериментально на основе данных о получении марганцевого агломерата на промышленной аглофабрике БАФ подтверждено, что с вовлечением в состав аглошихты до 50 % опытного марганцевого концентрата и связующего торфа гидрооксидного, достигнута производительность аглоленты 60,55 т/ч, что ниже планируемого показателя на 2,21 %. При дальнейшей отработке технологии может быть достигнута нормированная для условий опытного состава аглошихты производительность машины 61,92 т/ч. (Табл. 4. Библиогр.: 6 назв.)

Ключевые слова: марганцевый агломерат, шламы отработанных шламохранилищ, магнитное обогащение, зернистые концентраты, торф гидрооксидный, окомкование, агломерат, качество, показатели агломерации.

Results of trial experiments on receiving large-capacity batch of manganese agglomerate AM-2 with introduction into sinter burden of 50 % of concentrate with a fineness of 0–1 mm of magnetic enrichment of the slimes of exhausted sludge dumps in the conditions of production capacities of OJSC “Ordzhonikidzevsky mining and processing works” are stated. Experimentally on the basis of data of receiving of manganese agglomerate on Bogdanovskaya sinter plant it is confirmed that involvement in the structure of sinter burden up to 50 % of treated manganese concentrate and bounding hydroxide bog muck, productivity of traveling-grate sintering machine makes 60,55 t/h that is below the planned value in 2,21 %. At further elaboration of technology, it is possible to achieve standard machine productivity – 61,92 t/h – for conditions of sample composition of sinter burden.

Key words: manganese agglomerate, sludges of exhausted sludge dumps, magnetic separation, granular concentrate, hydroxide bog muck, pelletizing, agglomerate, quality, agglomeration criteria.

Постановка задачи работы

Решению проблемной задачи повышения полезного извлечения марганца в товарные концентраты за счет снижения потерь марганца со шламами обогащения исходной руды в ретроспективе было посвящено множество теоретических и экспериментальных исследований. Были разработаны рекомендации по обогащению шламов, как образующихся по действовавшим технологиям, так и из шламонакопителей. Однако затраты на внедрение отдельных эффективных технологий обогащения исходной руды, повышающих полезное извлечение марганца в товарные концентраты (и, следовательно, снижение потерь марганца со шламами), едва покрывали затраты на повышение извлечения марганца из-за системного снижения качества добываемой марганцевой руды. Проводились единичные работы по выбору рациональных технологий обогащения и использования опытных концентратов при получении

марганцевых агломератов для выплавки ферросиликомарганца.

В работах В. И. Кармазина [1] одним из приоритетных направлений исследований, наряду с совершенствованием базовых технологических схем и процессов обогащения марганцевых окисных и карбонатных руд, были фундаментальные разработки по теории и технологии обогащения шламов текущего производства и, что следует особо выделить, шламов отработанных шламохранилищ, накопленных в предыдущий, свыше 100-летний, период эксплуатации Никопольского месторождения марганца. Особо важное место в работах В. И. Кармазина отводилось разработке принципиальных положений и технологии обогащения, создания новых видов оборудования шламов для обогащения руды и шламов магнитными и электромагнитными методами [1].

Научно обоснованным поискам решения сложной проблемной задачи обогащения шламов

и использования мелкозернистых марганцевых концентратов из шламов при получении марганцевых ферросплавов были посвящены теоретические, лабораторные и опытно-промышленные экспериментальные разработки, которые проводились в отраслевых научно-исследовательских институтах «Механобрчермет», «Уралмеханобр» в НГУ (г. Днепропетровск) на кафедре обогащения полезных ископаемых НГУ, в НМетАУ на кафедре электрометаллургии [1–4].

Предпринимались опытные работы по вовлечению богатых марганцем шламов Старосвинаревского шламоохранилища (15–20 % Mn, 48,0 % SiO₂, 0,16 % P) в составы брикетов для получения ферросиликомарганца, практически полностью исключая при этом использование в шихте кварцита. Выплавка ферросиликомарганца с применением шихтованных брикетов из шлама обогащения марганцевых руд в ретроспективе в дуговой электропечи мощностью 1200 кВА сопровождалась восстановлением углеродом марганца и кремния [3]. Полученный ферросиликомарганец с повышенным содержанием кремния и фосфора был использован при раскислении конвертерной стали. Результаты опытов показали, что из-за высокого удельного расхода электроэнергии при выплавке ферросиликомарганца, шламы из шламоохранилищ необходимо подвергать обогащению.

Проводившиеся исследовательскими центрами научно-поисковые работы по обогащению шламов после 1990 г. выполнялись весьма ограниченно. И лишь с начала 2011 г. впервые на ПАО ОГОК на существующем оборудовании БОАФ освоена промышленная технология обогащения шламов отработанных шламоохранилищ [5; 6]. Магнитным методом обогащения шлама получают зернистый (класс 10–1 мм) и тонкозернистый (класс 1–0 мм) концентраты с содержанием 34–35 % Mn и 27,4 % SiO₂. Концентрат крупностью 10–1 мм является («+1») товарной продукцией. Тонкозернистый концентрат 1–0 мм подлежит окускованию методом агломерации из-за большой доли фракции 0,5 ÷ 0,16 и других, еще более тонких фракций. Фракционный состав, выход фракций и содержание марганца в каждой фракции марганцевого концентрата приведены ниже:

Класс крупности, мм	+1	-1...+0,5	-0,5...+0,16	-0,16...+0,071	-0,071	Σ
Выход фракции, %	1,56	11,38	52,35	33,01	1,7	100
Содержание Mn, %	40,18	35,12	34,13	30,62	36,89	33,75

Влажность концентрата составляет 18–21 %, показатель ППП – 11,4–13,7 %.

В течение 2013 г. на аглофабрике БОАФ были проведены три опытно-промышленные партии по получению на агломашине К 4-50 агло-

мерата АМ-2 с вовлечением в состав шихты 15, 20 и 25 % тонкозернистого концентрата мокрого обогащения шламов Старосвинаревского шламоохранилища. Смесь концентратов состояла из 2-го сорта Чкаловской обогатительной фабрики (ЧОФ), 1-го сорта карбонатного концентрата Александровской обогатительной фабрики (АОФ) и УМС1 «-1 мм», 2-го сорта концентрата обогащенного шлама. Сравнительные технологические показатели спекания агломерата с применяемой шихты и вовлечением 15, 20 и 25 % концентрата 2-го сорта УМС1 «-1 мм» приведены в табл. 1.

Приведенные в табл. 1 для сравнения данные относятся к спеканию агломерата в течение опытного периода 04.07.2013–30.07.2013. Производительность агломашин К 4-50 была достигнута 53,0 т/ч (удельная производительность – 0,815 т/(м²×ч). В течение 2013–2015 гг. действовавшая типовая технология производства агломерата постоянно совершенствовалась, так что в 2015 г. производительность достигла 62,02 т/ч удельная – 0,954 т/(м²×ч), что в сравнении с производительностью агломашин в 2013 г. (53,01 т/ч) на 17 % выше. Если остановиться на 20 % вовлечении концентрата УМС1 «-1 мм», при полной реализации зернистого концентрата 10–1 м, это приведет к накоплению на складе нереализованного и не вовлеченного в аглошихту концентрата крупностью 1–0 мм. Следовательно, в складывающейся ситуации дальнейшего обогащения шлама приоритетной задачей является полное вовлечение концентрата УМС1 «-1 мм» в состав аглошихты. Это обуславливает необходимость продолжения поиска научно обоснованных параметров агломерации шихты с большей долей тонкозернистого концентрата крупностью 0–1. Одним из приоритетных направлений повышения комкуемости аглошихты является выбор эффективного связующего. По предварительным промышленным экспериментам, проведенным в течение 2013 г. в качестве связующего при проведении подготовки аглошихты окомкованием с последующим спеканием агломерата на агломерационных тележках принят торфгидроксидный реагент (РТГ).

Технология подготовки смеси концентратов с торфгидроксидным реагентом и получения аглошихты для спекания агломерата

В соответствии с экономически обоснованной концепцией производства марганцевого агло-

Технические показатели получения агломерата сорта АМ-2 вовлечением в состав основной аглошихты 15, 20 и 25 % концентрата 2-го сорта УМС1 «-1 мм»

Показатели	АМ-2, типичная шихта	АМ-2, 15 % концентрата УМС1 «-1 мм»	АМ-2, 20 % концентрата УМС1 «-1 мм»	АМ-2, 25 % концентрата УМС1 «-1 мм»
Содержание Mn в агломерате, %	40,74	39,82	40,06	39,71
Прочность агломерата, %	76,80	75,85	77,0	75,50
Величина ППП, %	1,70	2,55	2,0	2,40
Количество мелочи -5 м, %	8,0	8,55	8,3	8,9
Суммарный удельный расход концентратов, т/т	1,436	1,487	1,365	1,458
Удельный расход природного газа, м ³ /т	5,22	5,3	5,06	6,82
Удельный расход коксовой мелочи, т/т	0,096	0,099	0,095	0,099
Часовая производительность агломашины, т/ч	53,01	54,46	55,91/53,94	51,95
Удельная производительность агломашины Т/(м ² ×час)	0,815	0,8378	0,860	0,799
Возврат в аглошихту, %		30,26	30,11	31,91

мерата сорта АМ-2 с максимально возможным вовлечением тонкозернистого концентрата в состав аглошихты в период 05.08.2015–13.08.2015 г. на БОАФ было проведено крупнотоннажное опытно-промышленное спекание агломерата в количестве 6323,0 т.

Подготовке аглошихты для спекания агломерата предшествовала технологическая операция получения с помощью грейферного крана смеси тонкозернистого концентрата 2-го сорта УМС1 «-1 мм» (900,2 т) с торфгидроксидным реагентом (306,1 т) в соотношении 3:1. Эта смесь в количестве 0,595 т на 1 т агломерата входила в состав смеси базовых концентратов 1-го сорта ЧОФ (0,347 т/т агломерата) и карбонатного концентрата АОФ (0,348 т/т). Исходные смеси подавались на сборный конвейер в определенной последовательности. На первом этапе опытной кампании сначала на ленту конвейера укладывалась смесь концентрата 1-го сорта ЧОФ с карбонатным концентратом, вторым – смесь зернистого концентрата 2-го сорта крупностью 1–0 мм с торфгидроксидным реагентом.

На начало спекания агломерата расчетная нагрузка аглошихты на ленту агломашины составила 21,6 кг/м.п. (метр погонный), скорость тележек агломашины – 1,4 м/мин, высота спекаемого слоя аглошихты – 450–480 мм. При этом расход природного газа был задан 210 м³/ч (обычный расход газа – 230–240 м³/ч) во избежание оплавления верхнего слоя аглошихты. Через 6 ч работы агломашины с проведенным рядом корректировок параметров и технических мероприятий процесс спекания агломерата проходил нормально. Разряжение в коллекторе агломашины устанавливалось в пределах 7,5–8,5 кПа, температура в 13-й вакуум-камере

удерживалась в интервале 140–145 °С, а в коллекторе – свыше 100 °С.

В зоне разгрузки агломерата на изломе пирога визуально просматривалась равномерная зона горения коксика со снижением недопека аглошихты, что свидетельствовало о производстве возврата до 38 %. Качество полученного агломерата АМ характеризовалось следующими показателями: содержание марганца – 40,8 %, прочность – 76,7 %, количество класса – 5 мм 5,8 %, потери при прокаливании (ППП) – 1,9 %.

После 15 ч работы агломашины по причине заполнения накопительных бункеров пыли в зоне спекания и в зоне охлаждения были вынуждены провести мероприятия по выгрузке пыли и по стабилизации работы агломашины, уменьшена погонная нагрузка аглоленты по шихте до 20 кг/м.п. и снижен слой аглошихты на ленте агломашины до 450 мм. По окончании выгрузки пыли подача аглошихты была возобновлена со следующими параметрами: скорость спекательных тележек – 1,6 м/мин, высота опекаемого слоя – 450–480 мм, расход природного газа – 210 м³/ч, погонная нагрузка по шихте – 20 кг/м.п.

В первые 2 ч работы агломашины после окончания пылевывозки на изломе пирога наблюдалось оплавление верхнего слоя. Толщина спека составляла 100–150 мм. Количество возврата колебалось в пределах 55–60 %. Температура отходящих газов в 13-й камере колебалось от 102 до 107 °С. Разряжение возросло до 10–10,9 кПа. Для снижения количества возврата агломашину приостанавливали на «просос» в течение 20–30 мин. По окончании «прососа» температура отходящих газов в 13-й камере возросла до 140 °С, разряжение снизилось до 6,7 кПа. Агломашину

запустили в работу, и по истечении следующих 2 ч работы установили плановую погонную нагрузку по шихте 21,6 кг/м.п. Высоту слоя спекания увеличили до 500–550 мм. При заданных параметрах температура отходящих газов в 13-й камере колебалась от 105 до 130 °С, разряжение колебалось от 6,7 до 9,0 кПа. В зоне разгрузки аглоленты на изломе пирога в центральной его части визуальнo просматривался недопек агломерата. Количество возврата колебалось от 40 до 45 %. В таком режиме машина отработала до следующей выгрузки пыли. На протяжении всего эксперимента при выгрузке пыли зоны спекания описанные выше действия по запуску и стабилизации процесса спекания повторялись.

При работе фабрики на базовой шихте процесс выгрузки пыли происходит с периодичностью один раз за 12–14 ч непрерывной работы, выгрузка самих бункеров – не более 1–1,5 ч с приостановкой фабрики. В среднем в сутки простой фабрики по причине выгрузки пыли с бункеров ФРИР-7700 составляет 2–3 ч.

При проведении опытного спекания отмечалось быстрое наполнение бункеров пылью, особенно фильтра ФРИР-7700. По данным системы учета при опытном спекании агломерата заполнение бункеров происходило в среднем через 8 ч работы агломашин. Кроме этого, отмечалось «заклинивание» шнеков в бункерах, что, в свою очередь, приводило к полной остановке фабрики и ручной очистке шнеков. Простой фабрики по причине неудовлетворительной работы системы пылевывозки увеличились и составили 6–12 ч в сутки. Суммарный простой агломашин по выгрузке пыли и ручной очистке шнековых конвейеров составил 22 ч 5 мин.

В первые сутки опытного спекания шихта в шихтовом отделении, проходя по узлам пересыпок, практически не скапливалась, но на третьей сутки отмечалось интенсивное обрастание и залипание трактов пересыпок. Особенно тракт узла подачи шихты со сборного конвейера № 5 на смесительный барабан № 1, с конвейера № 7 на барабан-окомкователь № 2. Имело место также зависание торфосмеси в бункере дозатора № 2, зависание концентрат 2-го сорта 0–1 мм в бункере дозатора № 3. Периодичность остановок – одна-две по 25–35 минут для очистки лотков и бункеров, 4–6 ч стабильной работы шихтового отделения. Суммарный простой агломашин по причине залипания и последующей очистки трактов составил 10 ч 45 мин. Кратковременные остановки агломашин сопровождались резким снижением температуры в коллекторе и медленным выходом на заданный режим работы агломашин.

При проведении опытно-промышленного спекания агломерата АМ-2 в количестве 6323,0 т с 05.08.2015 по 13.08.2015 г., на указанных режимах были получены результаты, обобщенные в табл. 2.

При этом доля возврата составила 43,33 %, а удельный расход коксовой мелочи – 0,105 т/т агломерата.

В табл. 3 приведены сравнительные фактические показатели производства опытного агломерата с плановыми, т. е. типичными для действующей на ПАО ОГОК технологии спекания агломерата АМ-2.

Снижение производительности агломашин в ходе опытно-промышленного производства марганцевого агломерата АМ-2 обусловлено

Таблица 2

Сводные данные опытно-промышленного крупнотоннажного освоения производства марганцевого агломерата АМ-2 с вовлечением 50 % концентрата УМС1 «-1 мм» и торфгидроксидного реагента в количестве 48 кг/т агломерата

Концентрат	Содержание Mn, %		Доля вовлечения в шихту, %		Расход на тонну агломерата, т/т	
	План	Факт.	План	Факт.	План	Факт.
Смесь: 1-й сорт ЧОФ + карбонат АОФ	35,98	36,07	46,54	46,91	0,700	0,695
в т. ч. 1-й сорт ЧОФ	43,45	43,91	23,27	23,41	0,350	0,347
в т. ч. карбонат АОФ	28,5	28,78	23,27	23,50	0,350	0,348
2-й сорт УМС1 «-1 мм»	34,00	33,79	40,09	40,20	0,603	0,595
Смесь: 2-й сорт УМС1 «-1 мм» + реагент РТГ (соотношение 3:1)	29,37	33,21*	13,36	12,89	0,201	0,191
в т. ч. 2-й сорт УМС1 «-1 мм»	34,00	34,69	9,97	9,62	0,150	0,142
в т. ч. реагент РТГ	-	-	3,39	3,27	0,051	0,048
Итого шихта	34,49	34,86	100,00	100,00	1,504	1,480

Примечание. 33,21* – показатель содержания марганца в смеси (концентрат 2-го сорта 0–1 мм + РТГ) получен точечными пробами, взятыми с дозатора № 2. Повышенное содержание марганца в смеси 33,21 % при расчетном 29,37 % свидетельствует о неэффективности усреднения (смешивания) реагента концентратом с применением грейферного крана.

Сравнительные плановые и фактические показатели производства марганцевого агломерата АМ-2 с вовлечением 50 % концентрата 2-го сорта УМС «-1 мм» крупностью 1-0 мм и торфгидроксидного реагента

Показатели	План	Факт.
Расход природного газа, м ³	29100,00	28967,00
Удельный расход природного газа, м ³	4,85	4,58
Прочность агломерата, %	74,00	77,04
ППП агломерата, %	0,70	1,94
Процент мелочи – 5 мм в агломерате, %	19,00	9,78
Чистое время работы, ч	96,90	104,42
Часовая производительность агломашины, т/ч	61,92	60,55
Удельная производительность агломашины, т/(м ² ×ч)	0,952	0,93

следующими обстоятельствами: увеличение поступления возврата в шихту (при нормальной работе – 28–30 %, при опытном спекании – 43,33 % к количеству шихты); большее количество мелкой фракции (пыли с системы ПГОУ) в шихте приводило к уменьшению газопроницаемости подготовленной шихты на ленте агломашины.

Вследствие приведенных причин процесс спекания проходил неравномерно, возникала необходимость остановок агломашины на просос и снижение высоты спекаемого слоя.

Вместе с тем в ходе проведения спекания агломерата с использованием опытной шихты и исследования его качества получены достоверные данные о повышении показателя прочности агломерата по результатам испытания в барабане, составившегося для опытного 78,4 % против 76 % для агломерата, полученного по типичной технологии. При этом снизился показатель количества мелочи агломерата –5 мм с 17 % для типичной технологии до 15,6 % для опытной технологии, или на 8,0 %.

В табл. 4 обобщены технологические показатели крупнотоннажного опытно-промышленного производства марганцевого агломерата АМ-2, достигнутые при проведении двух этапов опытной кампании (май и август 2015 г.), в сравнении с показателями традиционной технологии за 7 месяцев 2015 г. работы аглофабрики.

На основании результатов опытно-промышленных крупнотоннажных испытаний производства марганцевого агломерата сорта АМ-2 с вовлечением в состав аглошихты тонкозернистого окисного концентрата –1 мм, полученного методом мокрого магнитного обогащения шлама отработанного Старосвинаревского шламохранилища, выполнен технико-экономический анализ себестоимости марганцевого агломерата сорта АМ-2 в условиях Богдановской агломерационной фабрики. Установлено, что себестоимость 1 т агломерата опытно-промышленного производства с вовлечением в состав аглошихты 50 % тонкозернистого концентрата –1 мм повышается на 2,3 % в основном за счет большего

удельного расхода коксовой мелочи, достигающего 14 %.

Вместе с тем следует особо отметить, что результаты проведенных опытно-промышленных испытаний по отработке параметров технологии спекания подтверждают возможность вовлечения *непригодного* для непосредственного использования техногенного марганецсодержащего сырья в составе аглошихты при спекании марганцевого агломерата АМ-2 для выплавки марганцевых ферросплавов.

Выводы

1. Разработана технология подготовки аглошихты с вовлечением 49,8 % тонкозернистого концентрата 2-го сорта УМС 0–1 мм и в качестве связующего торфгидроксидного реагента (РТГ) и произведена крупнотоннажная партия марганцевого агломерата, который по показателям качества полностью соответствует требованиям технических условий.

2. Производительность агломашины при спекании опытной аглошихты достигнута 60,55 т/ч (удельная производительность – 0,93 т/(м²×ч), что ниже показателя 61,92 т/ч (0,95 т/(м²×ч)).

3. Обобщены и проанализированы выявленные в ходе производства крупнотоннажной партии агломерата АМ-2 факторы, требующие дальнейшего совершенствования способа и механизации смешения марганцевых концентратов с торфгидроксидным реагентом.

4. Повышенное количество в составе аглошихты марганцевого концентрата УМС 0–1 мм и недостатки при его смешивания с торфгидроксидным реагентом являются основной причиной повышенного количества выделяемой пыли, что обуславливает необходимость совершенствования системы улавливания и очистки пылегазовых выделений при производстве марганцевого агломерата с вовлечением в состав аглошихты до 50 % концентрата 0–1 мм продукта обогащения марганцевых шламов.

5. Технико-экономический анализ результатов опытно-промышленного крупномасштабного производства марганцевого агломерата с вовлечением 50 % тонкозернистого марганце-

Показатели производства марганцевого агломерата АМ-2 в двух опытных кампаниях с вовлечением концентрата 2-го сорта 0–1 мм и торфгидроксидного реагента в сравнении с показателями традиционной технологии, принятой на БОАФ в 2015 г.

Технологические показатели	Типичный, 7 месяцев 2015 г.	1-й этап (май 2015 г.)	2-й этап (август 2015 г.)
Расход шихты на агломерат, т	-	5292,95	9360,9
Содержание Mn в шихте, %	35,44	35,09	34,86
Содержание влаги в шихте, %	18,3	19,22	17,72
в т. ч.: расход 1-го сорта ЧОФ на агломерат, т	0	1917,15	2191,8
Содержание Mn в кон-те, %	-	44,72	43,91
- расход 2-го сорта ЧОФ на агломерат, т	-	0	0
Содержание Mn в кон-те, %	38,31	-	-
- расход карбонатного концентрата на агломерат, т	-	1061,15	2199,8
Содержание Mn в кон-те, %	29,08	29,12	28,78
- расход концентрата 2-го сорта 0–1 мм на агломерат, т	-	3036,25	4663,2
Содержание Mn в кон-те, %	35,15	35,31	33,96
Производство АМ-2, т	-	3666,3	6323,0
Содержание Mn, %	40,7	40,06	40,04
Содержание фосфора, %	0,237	0,204	0,211
Прочность агломерата, %	77,1	77,9	77,4
Количество мелочи –5 мм, %	17,1	15,0	15,6
Потери при прокаливании, %	1,4	1,93	1,94
Удельный расход концентрата, т/т	1,452	1,394	1,432
Долевое участие концентрата 1-го сорта ЧОФ, %	-	19,22	23,41
Долевое участие концентрата 2-го сорта ЧОФ, %	61,07	-	-
Долевое участие карбонатного концентрата, %	25,09	20,05	23,50
Долевое участие концентрата 2-го сорта 0–1 мм, %	8,2	57,36	49,82
Удельный расход реагента РТГ, т/т	-	0,049	0,048
Удельный расход коксовой мелочи, т/т	0,092	0,108	0,105
Удельный расход природного газа, м ³ /т	4,67	5,65	4,58
Процент возврата, % (по отношению к шихте)	28,00	66,89	42,85
Высота спекаемого слоя, мм	550–600	450–480	500–550
Производительность агломашин по годовому агломерату, т/ч	65,00	48,7	60,55
Удельная производительность агломашин по годовому агломерату, т/(м ² ч)	1	0,749	0,931

вого концентрата 2-го сорта УМС 0–1 мм показал, что себестоимость агломерата увеличивается на 2,3 % в основном за счет большего удельного расхода коксика.

Библиографический список

1. Кармазин В. В. Магнитные и электрические методы обогащения / В. В. Кармазин, В. И. Кармазин. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
2. Урванцев В. П. Добыча, переработка и использование марганцевых руд / В. П. Урванцев, И. И. Остроухов, В. П. Логвинов. – М.: Недра, 1986. – 294 с.
3. Гасик М. И. Марганец / М. И. Гасик. – М.: Металлургия. 1992. – С. 6–8.
4. Гасик М. И. Получение высококремнистого силикомарганца из отвальных шлаков шламов обогатительных фабрик и применение его для окисления и легирования стали / М. И. Гасик, В. И. Матюшенко, В. Ф. Лысенко, В. А. Гладких // Материалы научно-технической конфе-

ренции «Теория и практика получения и применения комплексных ферросплавов», Тбилиси, АН Груз. ССР, 3–5 октября. – Тбилиси, 1974. – С. 85–87.

5. Шуваев С. П. Модернизация агломашин, агломерационного оборудования, совершенствование технологии производства марганцевого агломерата и внедрения новых пылеочистных установок на БОАФ / С. П. Шуваев, В. И. Бондарец, Л. Л. Куцевол // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2016. – № 1. – С. 34–39.

6. Шуваев С. П. Разработка и промышленное освоение технологии производства марганцевого агломерата с применением в аглошихте концентрата обогащения шламов с отработанных шламоохранилищ ПАО ОГОК / С. П. Шуваев, В. И. Бондарец, Л. Л. Куцевол, М. И. Гасик // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2016. – № 2. – С. 59–67.

Поступила 31.03.2016