

УДК 546.284+546.721:553.446.2+549.61

Ануфриева С.И.<sup>1</sup>, Лихникевич Е.Г.<sup>1</sup>, Ермолов В.М.<sup>2</sup>,  
Тигунов Л.П.<sup>1</sup> (1 — ФГБУ «ВИМС», 2 — Центральный  
научно-исследовательский институт черной  
металлургии им. И.П. Бардина (ЦНИИчермет))

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТРУДНООБОГАТИ-  
МЫХ СИЛИКАТНЫХ РУД ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИМ  
СПОСОБОМ С ПОЛУЧЕНИЕМ СИЛИКОМАРГАНЦА**

*Изучена принципиальная возможность переработки труднообогатимых марганцевых силикатных руд пирометаллургическими технологиями с целью получения марганцевых ферросплавов, в том числе нестандартных и стандартных сортов силикомарганца. **Ключевые слова:** марганцевые руды, силикомарганец, пирометаллургические технологии, электротермическая выплавка.*

Anufrieva S.I.<sup>1</sup>, Likhnikovich E.G.<sup>1</sup>, Ermolov V.M.<sup>2</sup>, Tiginov L.P.<sup>1</sup>  
(1 — VIMS, 2 — I.P.Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy)

**THE TECHNOLOGY OF PROCESSING REFRACTORY SILICATE ORES OF THE ELECTROTHERMAL METHOD WITH OBTAINING SILICOMANGANESE**

*The principal possibility of processing of difficult-to-enrich manganese silicate ores by pyrometallurgical technologies in order to obtain manganese ferroalloys, including non-standard and standard grades of silica manganese, has been studied. **Keywords:** manganese ore, silicomanganese, pyrometallurgical technologies, electric smelting.*

В последние годы целенаправленно расширяется объем выплавки легированных сталей, особенно в оборонных отраслях, судостроении и авиастроении. Масштабы выплавки ферросплавов определяются объемом и сортаментом выпускаемой стали [1]. Следовательно, проблемы ферросплавной промышленности тесно увязаны с общими проблемами металлургического комплекса России. К особому требованию, предъявляемому к качеству ферросплавов, относится содержание в них ценных компонентов (марганца, кремния, хрома, титана, железа) и вредных примесей — фосфора и серы. Получить высокие концентрации ценного компонента можно за счет использования богатых концентратов или за счет снижения вредных примесей, используя более эффективные технологические процессы, позволяющие повысить извлечение ценных компонентов в ферросплав как на стадии обогащения и выплавки, так и за счет более высокого усвоения в процессе легирования ими стали.

Запасы кат. С<sub>2</sub> и ресурсы кат. Р<sub>1</sub> марганцевых руд Утхумского месторождения оценены в 87 млн т. В Южно-

Хинганском рудном районе (ЕАО) проектируется строительство металлургического завода с проектной мощностью стали 2 млн т в год. Его железорудную базу составляют три месторождения железных руд — Кимчанское, Сутарское и Костеньганское. Вмещающие железорудные тела породы содержат карбонатно-силикатные руды, аналогичные Утхумскому месторождению: их прогнозные ресурсы оцениваются (на трех месторождениях) в 187 млн т. В Магаданской области породы золоторудного месторождения Хаканджа содержат аналогичные руды карбонатно-силикатного состава. В Магадане действует чугунолитейный завод, работающий на местных магнетитовых квасцах [5, 9].

Силикомарганец — широко используемый марганецсодержащий ферросплав, применяемый для раскисления и легирования большинства марок сталей. Использование силикомарганца для повышения качества стали обуславливает высокие темпы наращивания его производства.

В настоящее время в РФ марганцевые ферросплавы на специализированных (ферросплавных) заводах не производятся. Прежде всего это вызвано тем, что их выплавка имеет определенные технологические отличия от выплавки, например, феррохрома или ферросилиция и простой перенос технологий сопровождается определенными трудностями. Вместе с тем, для удовлетворения первоочередных потребностей отечественной промышленности необходимо производить ежегодно до 300–400 тыс. т (в пересчете на марганец) углеродистого ферромарганца и силикомарганца [9].

В РФ практически всегда отсутствовала собственная сырьевая база марганца. Все массовые ферросплавы (углеродистый ферромарганец, силикомарганец) производятся из импортного материала, цена которого постоянно растет, а качество ухудшается [9]. Внутренний спрос на марганцевые концентраты удовлетворяется только за счет импорта в основном из Казахстана, Украины, Грузии, растет тенденция к покупке готовых ферросплавов из Китая [1, 13]. Поэтому в последние годы замечен интерес к новым, малоизученным источникам марганцевого сырья в РФ. Практически все они относятся к бедным труднообогатимым рудам, на стадии обогащения которых физическими методами невозможно получить концентраты с высокой концентрацией марганца и низким содержанием железа и фосфора.

Требования к марганцевым рудам для производства ферросплавов определяются особенностями их минерального и химического составов, составом пустой породы и химическим составом производимых ферросплавов. Качество марганцевой руды обычно определяется концентрацией ценного компонента (марганца) и удельным содержанием фосфора и железа. При разработке технологии промышленной переработки

такого сырья важно учитывать не только содержание марганца, но и в виде каких соединений он находится в руде [8, 11].

Для производства силикомарганца могут быть использованы марганцевые руды с пониженным содержанием марганца и повышенной концентрацией кремнезема (30–40 %).

Важно отметить, что основным показателем пригодности руды для плавки марганцевых сплавов, особенно силикомарганца, является соотношение в расплаве  $(Mn)p/(SiO_2) p$ . Для получения высоких показателей при выплавке силикомарганца отношение  $(Mn)p/(SiO_2) p$  должно быть не менее 4. Вместе с тем, сплавы силикомарганца в зависимости от их конечного химического состава плавят как из богатых, так и из бедных концентратов с соотношением  $(Mn)p/(SiO_2) p$  не менее или равно 2 [8, 11].

В табл. 1 представлены требования к кремнистым марганцевым ферросплавам, из которых при производстве сталей наиболее массово используется силикомарганец марки МнС17.

За базовое содержание марганца и кремния в силикомарганце принимается их сумма, равная 82 % (17 % Si + 65 % Mn) [3, 7, 11]. Это соотношение в силикомарганце удовлетворяет требования ферросплавщиков при его выплавке и сталеплавильщиков при использовании его для раскисления и легирования стали.

В качестве одного из источников получения силикомарганца в работе рассмотрены труднообогатимые марганцевые карбонатно-силикатные руды Утхумского месторождения, приуроченные к осадочно-метаморфическому комплексу Восточно-Саянской металлогенической зоны. Главные рудные минералы представлены изоморфными дискретными рядами силикатов (пикротефроит — тефроит — кнебелит), карбонатов марганца (марганцовистый кальцит — манганокальцит — манганоделомит — родохрозит), гранатом (спессартин) и изоморфным рядом пироксенитов (родонит, пироксмангит). В подчиненном количестве присутствуют кварц, слюдяные минералы (биотит, мусковит), хлорит. Механическими методами обогащения можно выделить только существенно силикатные или карбонатные продукты [5, 10]. Также может быть предусмотрена рентгенорадиометрическая сепарация карбонатно-силикатной марганцевой руды с получением крупнокускового карбонатного марганцевого концентрата (28,65 % Mn) и силикатного марганцевого продукта. Силикатный марганцевый продукт может быть направлен на гидрметаллургическую переработку (автоклавное вскрытие) с получением марганцевых продуктов, высококачественного марганцевого концентрата, либо искусственного родохрозита; а также может быть направлен на пирометаллургический передел с получением кондиционного силикомарганца. Выполненные ВИМСом исследования по обогащению этих руд методом рентгенорадиометрической сепарации (РРС) показали, что полученные концентраты (карбонатно-силикатные и силикатно-карбонатные) имеют незначи-

**Таблица 1**  
Требования к химическому составу силикомарганца по ГОСТ 4756-91

Марка	Массовое содержание, %					
	Si	Mn (не менее)	C	Р классов		S
				A	B	
МнС25	≥25,0	60	0,5	0,05	0,25	0,03
МнС22	20,0–25,0	65	1,0	0,10	0,35	0,03
МнС17	15,0–20,0	65	2,5	0,10	0,60	0,03
МнС12	10,0–15,0	65	3,5	0,10	0,60	0,03

**Таблица 2**  
Минеральный состав исходной карбонатно-силикатной руды Утхумского месторождения и продуктов обогащения РРС

Минерал	Исходная проба	Силикатный марганцевый продукт	Карбонатный марганцевый концентрат I сорта
Родохрозит	26	6	42
Пироксмангит	13	39	12
Спессартин	5	11	6
Кнебелит	12	5	11
Тефроит	5	—	20
Кутнагорит	—	6	<5
Амфибол	8	9	—
Кварц	6	5	—
Диопсид	8	10	—
Слюда	—	5	—
Хлорит	6	—	—
Биотит	5	—	—
Родонит	2	—	—
Апатит	1	—	—
Гидроксиды Mn	3	—	—

тельные отличия по концентрациям основных компонентов (марганец, кремнезем, железо и фосфор) от исходной руды (табл. 2), поэтому было принято решение о целесообразности металлургической переработки труднообогатимых марганцевых карбонатно-силикатных руд без их предварительного обогащения.

Среди особенностей состава и строения руд можно выделить многообразие минеральных форм марганца, в том числе представляющих собой дискретные изоморфные ряды и образующих весьма тесные сростания, близость физических свойств рудных минералов, отрицательно влияющих на процессы глубокого обогащения. Количественно главные рудные минералы марганца в руде распределяются следующим образом (%): родохрозит (26), кнебелит (12), пироксмангит (13), спессартин (5), гидроксиды марганца (3).

В табл. 3 приведены химические составы марганцевых руд различных типов, которые являлись объектами исследований при разработке технологии выплавки силикомарганца. Химический состав марганцевых руд и существующий на практике опыт их применения

**Таблица 3**  
**Химические составы типов марганцевых руд Утхумского месторождения**

Тип	Содержание, масс. %					
	Mn	Fe	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	P
Силикатно-карбонатные	30,63	9,02	30,26	7,2	4,8	0,16
Карбонатно-силикатные	34,50	8,99	22,88	7,6	—	0,16
Смесевая проба (50/50 %)	32,57	9,0	26,57	7,40	4,8	0,16

при выплавке силикомарганца показывает, что перспективным способом их переработки может являться пирометаллургический передел [3, 4, 14].

Лабораторные исследования на пробе руды (смешанный тип) Утхумского месторождения показали, что для практического использования при выплавке товарного силикомарганца представляют интерес руды с более высоким содержанием марганца при низкой концентрации железа и фосфора.

Технологические исследования по переработке труднообогатимых марганцевых силикатных руд пирометаллургическими технологиями [3, 4, 6, 7] были проведены в трех направлениях:

- а) выплавка силикомарганца напрямую из руды;
- б) выплавка силикомарганца в две стадии;
- в) электропечное производство зеркального чугуна.

В зависимости от вида сплава в качестве шихтовых материалов, помимо марганцевых руд (исходная влажность руды — не более 5 %), использовались:

- уголь: ГОСТ 8165–69, марка Д; класс 13–25 мм; группа –1 (для всех сплавов);
- железная руда: ГОСТ Р 52939–2008 (при выплавке зеркального чугуна);
- электродная масса: ТУ 48–12–8–88 (футеровка ванны электропечи);
- известь: ГОСТ 9197–77 (CaO ≥ 92 %) (при выплавке зеркального чугуна);
- кварцит: ГОСТ 22551–77 (в шихте для силикомарганца);
- железная стружка (при выплавке силикомарганца из переделного шлака).

В качестве связующего при брикетировании шихтового материала применяли лигносульфонат [4].

Предварительная подготовка исследуемых проб заключалась в додраблении силикатно-карбонатной исходной руды крупностью — 100+10 мм и карбонатно-силикатной исходной руды крупностью — 50 мм до крупности ≤ 3 мм; восстановителя (угля) — до ≤ 2 мм (при использовании данного сырья в промышленных масштабах эта операция не производится) и кварцита до ≤ 3 мм. При проведении технологических исследований (печь

Таммана) использовалось сырье в порошковом виде, при электропечном варианте (электродуговая печь) — брикеты из смеси марганцевого сырья.

Последовательность операций выплавки силикомарганца из исходной руды включала следующие операции: предварительно подготовленную шихту (смесь силикатно-карбонатной и карбонатно-силикатной типов исходной руды в соотношении 50/50, восстановитель и кварцит, взятых в соотношении 1:0,24÷0,3:0,03÷0,05) подвергали брикетированию на полупромышленном брикет-прессе, загружали в алундовый тигель; в разогретую до температуры 800–950 °С подину двухэлектродной печи с трансформатором мощностью 140 кВа устанавливали тигель, опускали электроды и подавали токовую нагрузку (напряжение на электродах поддерживали на уровне 80–85 В, ток 2000 А); в течение 10–12 мин поднимали температуру в печи до 1480–1530 °С и выдерживали тигель с шихтой до прекращения пробулькивания расплава (15–20 мин). После набора нагрузки печи шихту подавали в печь непрерывно малыми порциями, поддерживая колошник закрытым. Металл и шлак выходили одновременно в чугунные изложницы. После остывания продуктов плавки от металла и шлака отбирали пробы и анализировали на содержание в них: марганца, кремния, фосфора и углерода (металл) и MnO, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, (шлак). Результаты химического анализа металла и шлака, полученные после плавки, представлены в табл. 4.

Извлечение марганца в силикомарганец составляло 69–71 %. Кратность шлака 1,1–1,2. На рис. 1 представлена принципиальная схема выплавки силикомарганца напрямую из руды.

Удельный расход сырья на 1 т полученного из исходной руды силикомарганца (Mn 55,0) составил, кг:

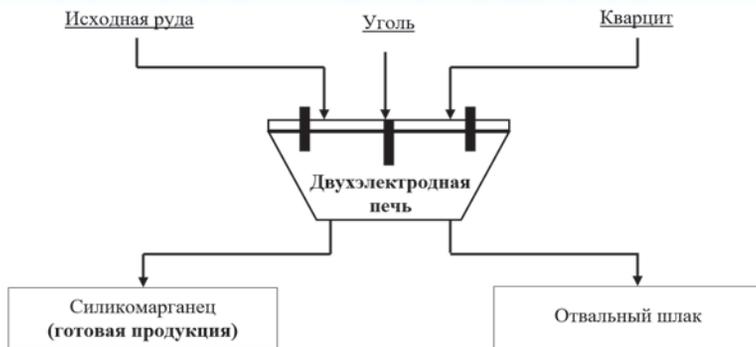
- марганцевая руда (32,67 % Mn) — 2 565,0;
- уголь — 630,0;
- кварцит — 220.

Анализ полученных данных показал, что напрямую при таком высоком содержании в марганцевой руде железа (8–10 %) и низком марганце (30–34 %) получить товарную марку силикомарганца с содержанием свыше 65 % марганца и на уровне 17–18 % кремния невозможно. Тем не менее, в черной металлургии есть определенный класс чугунов и сталей, для которых возможно использование силикомарганца такого состава.

С целью получения силикомарганца товарного качества за основу переработки марганцевых руд

**Таблица 4**  
**Химический состав продуктов выплавки силикомарганца**

№ плавки	Химический состав, вес. %									
	Металл				Шлак					
	Mn	Si	C	P	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1	56,50	17,03	2,18	0,37	12,31	51,71	14,40	6,02	7,53	
2	55,37	16,84	2,07	0,33	13,77	50,11	14,91	6,81	7,11	
3	56,72	17,11	2,12	0,30	13,92	52,56	13,70	6,31	7,00	
4	57,05	17,83	2,42	0,30	14,43	52,71	14,40	6,02	7,53	



**Рис. 1.** Принципиальная схема технологии выплавки силикомарганца напрямую из руды

**Таблица 5**  
Показатели выплавки передельного марганцевого шлака

№ опыта	Показатели плавков					Примечание
	Масса, кг шлак / металл		Переход Mn, % шлак / металл		Переход P в попутный сплав, %	
1	19,60	2,64	89,6	6,9	79,4	Улет марганца на всех плавках не превышает 3 %
2	19,90	2,56	90,9	7,2	80,0	
3	19,10	2,61	90,3	6,8	81,6	
4	19,00	2,60	90,5	6,9	80,5	
5	18,80	2,7	91,0	7,0	81,0	

Утхумского месторождения взята широко известная в электрометаллургии ферросплавов двухстадийная технология [3, 7, 12].

Для переработки марганцевой руды Утхумского месторождения была применена двухстадийная технологическая схема: на первой стадии из марганцевого сырья электроплавкой удаляется фосфор и железо, а из полученного передельного шлака выплавляют силикомарганец ликвидного качества.

Весь комплекс исследований по получению передельного марганцевого шлака и силикомарганца проводился на оборудовании Исследовательского центра «Технологии ферросплавного производства и переработки техногенного сырья» ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина».

Выплавку передельного марганцевого шлака проводили следующим образом: предварительно подготовленную шихту (смесь силикатно-карбонатной и карбонатно-силикатной типов исходной руды в соотношении 50/50, восстановитель, кварцит и связующее) смешивали в барабанном сме-

сителе и брикетировали на валковом прессе. Выплавку проводили на двухэлектродной печи с трансформатором мощностью 140 кВА. Предварительно ванну печи разогревали на коксе, а после четырех часов разогрева проводили дополнительно две промывочные плавки на чугун. Шихту загружали в ванну разогретой печи малыми порциями. Плавки вели непрерывным процессом с выпуском продуктов плавки через каждые 60 мин. Выпуск продуктов плавков проводили в чугунные изложницы и после остывания до комнатной температуры плавки разбирали, отделяли металл от шлака, взвешивали, отбирали пробы продуктов плавки и анализировали их на содержание марганца, кремния, фосфора и углерода (попутный сплав) и MnO, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, FeO (передельный шлак).

В табл. 5 приведены основные показатели выплавки передельного марганцевого шлака, а в табл. 6 — химические составы металла и шлака.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что из брикетов, содержащих марганцевую руду, кварцит и углеродистый восстановитель, после плавки в электропечи

при температуре 1450 °С и выпуска в изложницу, можно получить передельный марганцевый шлак практически свободный от железа и фосфора, при этом в попутный сплав переходит до 90–95 % железа, 75–85 % фосфора и менее 7,0 % марганца.

Полученный попутный сплав с содержанием 18–19 % марганца и 1,2 % фосфора является востребованной продукцией и рекомендован к применению

**Таблица 6**  
Химический состав передельного марганцевого шлака и попутного сплава

Партия	Химический состав, вес. %										
	Попутный сплав					Передельный марганцевый шлак					
	Mn	Si	P	C	Fe	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	FeO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	18,45	0,33	1,02	3,77	73,9	43,48	35,31	8,30	5,62	0,55	0,03
2	19,55	0,51	1,11	4,27	74,8	43,69	34,90	8,51	5,73	0,63	0,04
3	19,4	0,43	1,12	4,22	72,4	42,53	34,31	8,60	5,10	0,51	0,04
4	19,1	0,54	1,3	4,17	74,9	43,24	34,12	8,50	5,40	0,69	0,04
5	19,0	0,60	1,25	4,01	75,0	43,06	35,22	8,16	5,55	0,59	0,04

**Таблица 7**  
Химический состав продуктов выплавки силикомарганца

№ плавки	Химический состав, масс. %									
	Металл				Шлак					
	Mn	Si	C	P	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1	66,50	18,43	2,18	0,10	12,31	51,71	14,40	6,02	7,53	
2	66,37	18,34	2,07	0,10	13,77	50,11	14,91	6,81	7,11	
3	66,72	18,01	2,12	0,07	13,92	52,56	13,70	6,31	7,00	
4	66,95	17,83	2,42	0,08	14,43	52,71	14,40	6,02	7,53	
5	66,50	17,90	2,50	0,10	14,52	51,44	14,05	6,14	7,50	

при производстве специальных чугунов и сталей, в которых допускается повышенная концентрация фосфора (автоматные стали, художественное литье, сантехника), а также может использоваться как добавка в шихту при выплавке зеркального чугуна.

Удельный расход сырья на 1 т пердедельного шлака, полученного на I стадии электроплавки марганцевого сырья, кг:

- марганцевая руда — 1 150,0;
- уголь — 68,5;
- кварцит — 45,0;
- связующее — 4,5.

Полученный пердедельный марганцевый шлак использовали в шихте при выплавке силикомарганца марки МнС17.

Технологические исследования по выплавке силикомарганца проводили на той же электропечи, что и выплавку пердедельного марганцевого шлака. Методика проведения плавки отвечала требованиям промышленных инструкций. Результаты химического анализа металла и шлака по всем плавкам представлены в табл. 7.

Состав полученного металла соответствовал требованиям ГОСТа 4756–91 при более низкой концентрации фосфора. Извлечение марганца в силикомарганец при работе на пердедельном шлаке составляло 72–74 %. Кратность шлака — 1,1–1,2.

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований по переработке силикатной марганцевой руды Утхумского месторождения с использованием двухстадийной пирометаллургической технологии (рис. 2) свидетельствует о перспективности электропечной выплавки при производстве товарного силикомарганца.

Удельный расход шихты на 1 т товарного силикомарганца, кг:

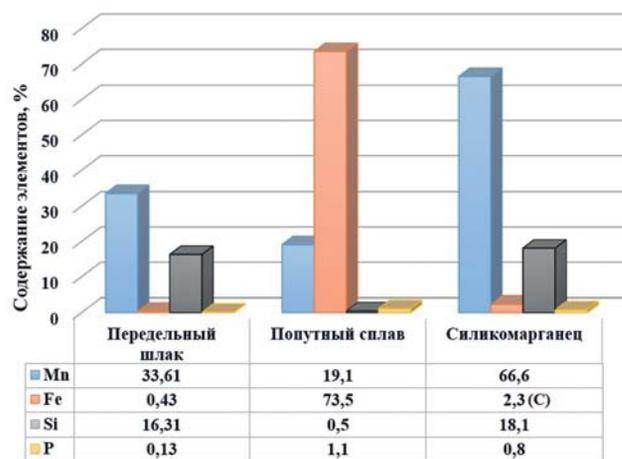


Рис. 3. Распределение элементов между продуктами плавки силикомарганца

- марганцевая руда — 2 408,0;
- уголь — 720,0;
- железная стружка — 101,0.

Расход электроэнергии — 5300–5500 кВт\*ч/т.

Количественный анализ показателей, полученных при проведении технологических исследований, позволил получить диаграммы распределения основных элементов исходного сырья между продуктами плавки товарного силикомарганца (рис. 3).

Отвальный шлак от выплавки силикомарганца, в виду его высокой прочности, рекомендовано использовать в строительстве (подсыпка дорог, заполнитель бетона и т.д.).

Технологические исследования по выплавке зеркального чугуна [2, 3, 4] проводили на дуговой электропечи с трансформатором мощностью 140,0 кВт. Предварительно подготовленную шихту (смесь силикатно-карбонатной и карбонатно-силикатной типов исходной руды в соотношении 50/50, железный кон-

центрат, известь и уголь) непрерывно подавали в электропечь и проводили плавку при температуре 1390–1450 °С. Периодический совместный выпуск продуктов плавки осуществляли каждые 40–45 мин в чугунные изложницы. Кратность шлака составляла 0,63. Технологическая схема выплавки зеркального чугуна в доменной печи представлена на рис. 4. Показатели выплавки зеркального чугуна представлены в табл. 8.

Результаты проведенных исследований показали, что марганцевые руды Утхумского месторождения могут быть сырьем для выплавки зеркального чугуна. Установлено, что при повышенных концентрациях фосфора в руде (P — 0,18 %) полученный зеркальный чугун соответствует требованиям ГОСТа (0,12 %).

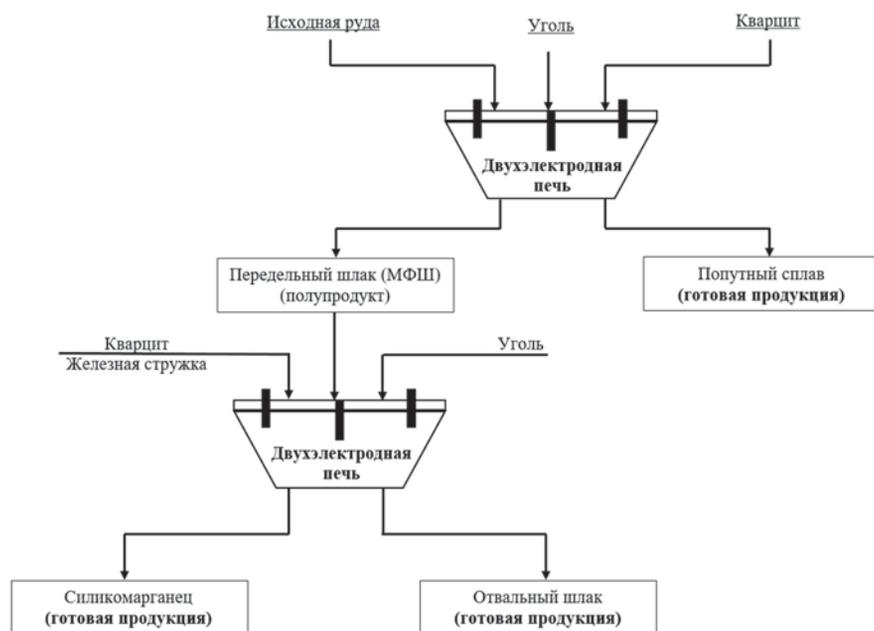


Рис. 2. Принципиальная схема технологии выплавки силикомарганца в две стадии

**Таблица 8**  
**Показатели выплавки зеркального чугуна**

Номер опыта	Состав шихты, кг				Состав чугуна, масс. %				Масса металла, кг
	Смесь проб руды	Железный концентрат	Уголь	Известь	Mn	Si	C	P	
1	10,0	23,3	8,8	4,0	14,7	2,04	4,1	0,09	16,85
2	10,0	23,3	8,8	4,0	15,3	2,07	4,0	0,10	16,90
3	10,0	23,3	8,8	4,0	15,1	1,93	3,8	0,12	16,10
4	10,0	23,3	8,8	4,0	14,8	2,03	4,0	0,10	17,12



**Рис. 4. Принципиальная технологическая схема переработки пробы марганцевой руды с получением зеркального чугуна**

Зеркальный чугун применяют для легирования особо качественных чугунов в литейном производстве. Шлак имеет состав, масс. %: MnO 0,23–0,25; FeO 3,14–3,18; CaO 50,1–51,0; SiO<sub>2</sub> 42,4–42,9.

Удельный расход сырья на 1 т зеркального чугуна, полученного плавкой в доменной печи, т:

- исходная руда — 0,543;
- железная руда (Fe<sub>общ</sub> — 62,1 %) — 1,263;
- уголь — 0,4689;
- известь — 0,2692;
- электродная масса — 0,040;

расход электроэнергии — 1700кВт\*ч.

По результатам проведенных технологических исследований можно отметить следующее:

— дефосфоризация бедных марганцевых руд принципиально возможна как методом электроплавки, так и доменной плавкой с получением малофосфористого марганцевого шлака;

— разделение марганца и фосфора достигается за счет селективного восстановления углеродом железа и фосфора и перевода их в попутный сплав;

— при определенном соотношении между марганцем и железом в исходном сырье, при котором экономически оправдано применение двухстадийной технологии;

— установлено, что бедная труднообогатимая марганцевая руда может быть использована как сырье,

добавляемое частично взамен богатой руды, при выплавке ферро- и силико-марганца или для выплавки марганец-железо-кремниевых и марганец-кремний-алюминиевых лигатур с ограниченной сферой применения.

Принципиальной особенностью предлагаемых в работе технологических решений является отказ от традиционных, где в качестве углеродистого восстановителя использовался кокс, переход на применение природных углей и газа, а также стремление к использованию в шихте неокискованного марганецсодержащего материала.

Анализ результатов проведенных технологических исследований переработки труднообогатимых карбонатно-силикатных марганцевых руд свидетельствует о том, что наиболее перспективным направлением их использования является электропечная выплавка передельного марганцевого шлака с последующим применением малофосфористого марганцевого шлака при производстве товарного силикомарганца.

Проведенная металлургическая оценка показала принципиальную возможность использования труднообогатимых карбонатно-силикатных марганцевых руд для получения марганцевых ферросплавов, в том числе нестандартных и стандартных сортов силикомарганца.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бичева, Е.Д. Переработка марганцевых конкреций за рубежом / Е.Д. Бичева // Бюл. ИНТИи ТЭИ. Черная металлургия. — 1989. — № 4. — С. 3–18.
2. Гладышев, В.И. Марганец в доменном процессе / В.И. Гладышев. — Екатеринбург: изд-во «Чароид», 2005. — 401 с.
3. Дюрер, Р. Металлургия ферросплавов / Р. Дюрер, Г. Фолькерт / Пер. с нем. Г.Г. Кефера под науч. ред. д-ра техн. наук М.И. Гасика [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1976. — 479 с.
4. Емлин, Б.И. Справочник по электротермическим процессам / Б.И. Емлин. — М.: Металлургия, 1978. — 288 с.
5. Обогащение полупромышленных технологических проб окисленных марганцевых руд Усинского месторождения на трехпродуктовом сепараторе СРФ производства ООО «РАДОС»: информационный отчет. — Красноярск, 2011. — 56 с.
6. Пауль, И. Кислая плавка марганцовистой железной руды для получения марганцовистого шлака и выплавки из него ферромарганца / И. Пауль, В. Якоб // J. Archiv firir das Eisenhiittenwesen. — 1952. — № 1. — Р. 1–15.
7. Порада, А.Н. Электротермия неорганических материалов / А.Н. Порада, М.И. Гасик. — М.: Металлургия, 1990. — 230 с.
8. Салли, А. Марганец / А. Салли / Перевод с англ. Ю.А. Башнина / Под ред. канд. техн. наук М.Л. Бернштейна. — М.: Металлургиздат, 1959. — 296 с.
9. Серегин, А.Н. Состояние и новые подходы к решению проблем российского марганца / А.Н. Серегин // Проблемы черной металлургии и материаловедения. — 2011. — № 4. — С. 91–94.
10. Хитрик, С.И. Получение низкофосфористых марганцевых концентратов / С.И. Хитрик, М.И. Гасик, А.Г. Кучер. — Киев: Техника, 1969. — 199 с.

11. Хитрик, С.И. Электрометаллургия марганцевых ферросплавов / С.И. Хитрик, М.И. Гасик, А.Г. Кучер. — Киев: Техника, 1971. — 187 с.
12. Alexander, W.O. Metallurgical operations on islands / W.O. Alexander, E.G. M. West // Met. and Mater. Techn. — 1982. — V. 14. — № 4. — P. 166–169.
13. Amsbaugh, I.K. The seas for metals. The ocean floor is a new source of strategic and critical materials / I.K. Amsbaugh // Mater. Eng. — 1982. — V. 95. — № 3. — P. 56–61.

14. Monhemius, A.I. The extractive metallurgy of deep-sea manganese nodules / A.I. Monhemius // Top. Nonferrous Extr. Met., Oxford e.a., 1980. — P. 42–69.

© Коллектив авторов, 2019

Ануфриева Светлана Ивановна // anufrieva.05@mail.ru  
Лихникевич Елена Германовна // likhnikievich@mail.ru  
Ермолов Виктор Михайлович // chernet@chernet.net  
Тигунов Леонид Петрович // vims@vims-geo.ru

## УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 005: [331,45+614,8]:553,04

Руднев А.В. (Роснедра)

### КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

*Данная статья посвящена исследованию рисков, с которыми сталкиваются предприятия минерально-сырьевого комплекса. В статье систематизированы общие критерии классификации рисков на предприятии, а также выделены недостатки и достоинства представленных в экономической литературе классификаций рисков минерально-сырьевого комплекса. Автором предложена усовершенствованная классификация рисков по сфере происхождения, которая включает 12 видов рисков. Часть из них присуща предприятиям всех отраслей хозяйствования, в том числе и МСК, а часть является специфическими видами, которые относятся только к предприятиям МСК. Предложенная классификация позволит сформировать дифференцированный подход к разработке антирисковой стратегии на предприятии. **Ключевые слова:** риск, специфический риск, минерально-сырьевой комплекс, сырьевой риск, запасы.*

Rudnev A.V. (Rosnedra)

### CLASSIFICATION OF THE RISKS OF ENTERPRISES OF THE MINERAL AND RAW MATERIAL COMPLEX

*This article is devoted to the study of the risks faced by enterprises of the mineral complex. In the article, the author systematized the general criteria for the classification of risks at the enterprise, and also highlighted the shortcomings and advantages of the classifications of the risks of the mineral resource complex presented in the economic literature. The author proposed an improved risk classification by area of origin, which includes 12 types of risks. Some of them are related to enterprises of all branches of management, including MSC, and some are specific types that relate only to MSC enterprises. The proposed classification will allow to form a differentiated approach to the development of anti-risk strategy in the enterprise. **Keywords:** risk, specific risk, mineral and raw material complex, raw material risk, reserves.*

В современных условиях хозяйствования предприятий особое значение приобретают вопросы по обеспечению их устойчивости, что обусловлено обострением финансовых проблем в результате негативного воздействия разного рода рисков на фоне кризисных явлений в стране. Идентификация рисков является одной из важнейших функций менеджмента на предприятии и необходимым условием его стабильного развития в будущем.

Под риском будем понимать возможные отклонения от запланированных результатов экономической деятельности предприятий минерально-сырьевого комплекса в результате воздействия неопределенности.

В современной экономической литературе представлено множество классификаций различного рода рисков, оказывающих влияние на деятельность предприятий. Чаще всего встречаются такие классификационные критерии, как: 1) среда возникновения (внутренние и внешние риски); 2) уровень возникновения (фирменные риски; риски отраслевого происхождения; риски межотраслевого происхождения; региональные риски; государственные риски; глобальные (мировые) риски); сфера происхождения (социально-политические; административно-законодательные риски; природно-экологические; демографические; экономические; финансовые); 3) уровень управления (стратегические; тактические); 5) возможность прогнозирования (прогнозируемые; непрогнозируемые); 6) степень системности (системные (систематические) риски; несистематические (уникальные — носят разовый характер); 7) соответствие допустимым пределам (допустимые риски; критические риски; катастрофические риски); 8) количество лиц, принимающих решения (индивидуальное; коллективное); 9) возможность страхования (страхуемые; нестрахуемые); 10) длительность действия (краткосрочные; долгосрочные; постоянные); 11) реализация риска (реализованные; нереализованные); 12) характер действия (динамический; статистический); 13) возможный результат (чистые и спекулятивные риски) [4, 8].

В то же время следует отметить, что рискам, с которыми сталкиваются предприятия минерально-сырьевого комплекса, уделяется недостаточно внимания.