

## О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ В ЖЕЛЕЗНЫХ РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАШТАГОЛ

П. И. РАЙСКИЙ

(Представлено научным семинаром кафедр маркшейдерского дела и геодезии)

Изучение химико-технологического состава железных руд имеет важное практическое значение для металлургии. Между тем в геологической литературе по месторождениям Горной Шории данный вопрос освещен с недостаточной для практических целей полнотой.

Как правило, в литературе указываются только пределы изменения содержания различных компонентов в руде. Например, для руд месторождения Таштагол указывается, что содержание в них  $\text{SiO}_2$  изменяется от 6 до 18%. То же самое сказано относительно  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и других компонентов.

В литературе ни слова не говорится о том, как изменяется содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и других компонентов в рудах с различным содержанием в них железа, поэтому металлурги упрекают геологов в том, что они дают неполную характеристику вещественного состава железных руд.

Для изучения вещественного состава железных руд в период разведки и эксплуатации месторождения производятся десятки, а иногда и сотни анализов на различные компоненты, входящие в их состав. Однако эти богатые данные без соответствующего их анализа также не раскрывают до конца картину о количественных изменениях различных компонентов в рудах с различным содержанием в них железа.

Если же изучить закономерные взаимосвязи между различными компонентами в железных рудах, то эти взаимосвязи раскроют картину о том, как изменяется содержание различных компонентов в зависимости от изменения в них содержания железа.

Изученность взаимосвязей между различными компонентами в железных рудах позволит сократить количество анализов на их определение, облегчит процесс усреднения руд в период их добычи, что очень важно для получения рудного сырья с постоянным химико-минералогическим составом.

Использование усредненного рудного сырья в металлургии, в свою очередь, улучшит работу доменной печи, повысит коэффициент извлечения металла из руды.

### Связь $\text{SiO}_2$ , $\text{CaO}$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{MgO}$ с $\text{Fe}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3$

В работе [1] нами указывалось, что в железных рудах месторождений Горной Шории содержание большинства компонентов, входя-

щих в их состав, находится в обратной зависимости от содержания в них железа рудного Fe, т. е. при увеличении содержания железа в руде содержание компонентов уменьшается.

Дальнейшие исследования взаимосвязей между компонентами показали, что количество  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в руде зависит также от содержания в ней  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

В различных сортах железной руды при одном и том же содержании железа рудного количество  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  бывает различное. Если содержание  $\text{FeO}$  в руде уменьшается, то содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  увеличивается и, наоборот, при увеличении содержания  $\text{FeO}$  содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в руде уменьшается.

Как в первом, так и во втором случаях количество  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  также уменьшается или увеличивается. Таким образом, содержание вышеупомянутых окислов в руде является функцией от содержания в ней  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Для изучения вопроса о том, как влияет изменение количества  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в руде на содержание других в ней компонентов, нами были построены графики зависимости содержания окислов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в руде от содержания в ней  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Два таких графика изображены на рис. 1 и 2.

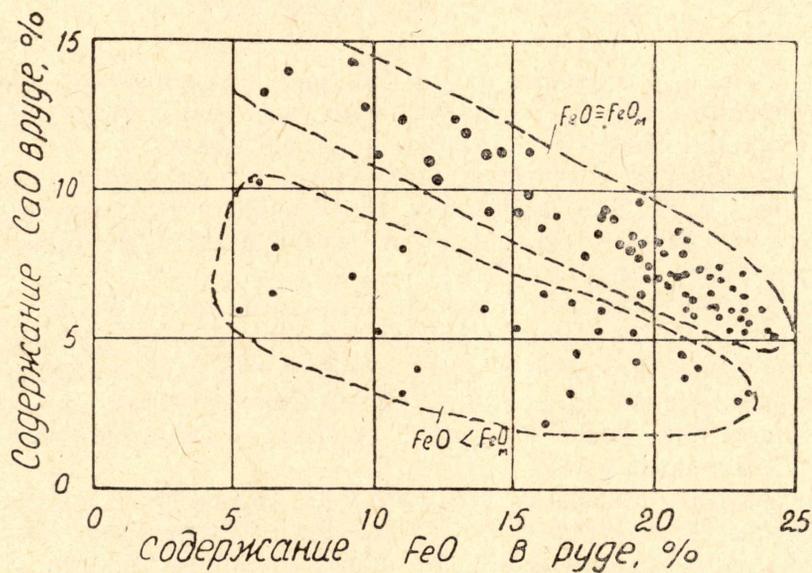


Рис. 1. График зависимости содержания  $\text{CaO}$  в руде от содержания в ней  $\text{FeO}$ .

Исследования показали, что содержание окислов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в железных рудах находится в обратной почти прямой зависимости от содержания в них  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . При этом было установлено, что все вышеупомянутые окислы как с  $\text{FeO}$ , так и с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  имеют две ясно выраженные области корреляционной зависимости, которые смещены относительно друг друга (рис. 1, 2).

Верхняя корреляционная связь  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  характерна для железных руд, в которых содержание  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  равно или близко содержанию  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  для чистых магнетитовых руд.

Для чистых магнетитов содержание FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> может быть вычислено по формулам

$$\text{FeO}_M = 0.43\text{Fe рудное}, \quad (1)$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_{3M} \cong \text{Fe рудное}. \quad (2)$$

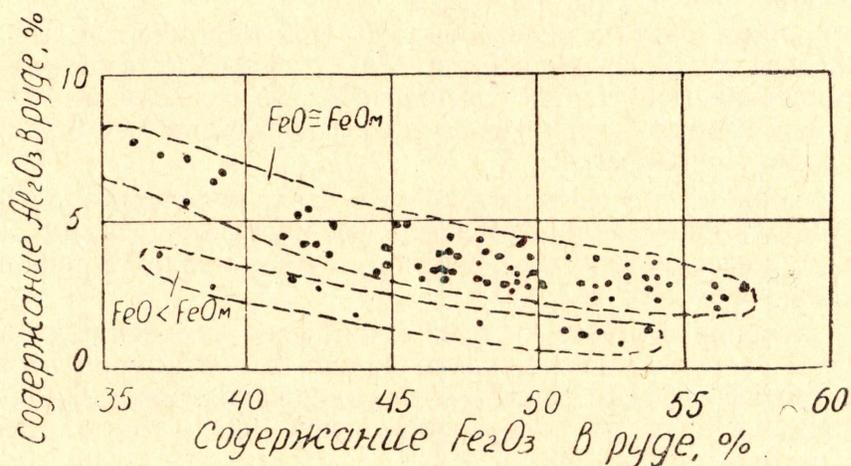


Рис. 2. График зависимости содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в руде от содержания в ней Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Отношение (1) известно из учебников аналитической химии. Параметры равенства (2) определены нами методом теории корреляции по 430 анализам. Вычисления здесь не приводятся.

Нижняя область корреляционной связи окислов SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MgO с FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> относится к тем рудам, в которых содержание FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> резко отличается от вычисленных содержаний FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по формулам (1) и (2).

Для практических целей важно знать не только форму, но и степень надежности взаимосвязи между компонентами. Оценка степени надежности прямолинейной корреляционной связи производится с помощью коэффициента корреляции. Если коэффициент корреляции близок к единице или равен единице, то между компонентами имеется прямолинейная связь.

Исследования показали, что степень надежности связи окислов SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MgO с Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> является достаточно высокой, так как коэффициенты корреляции по своей величине близки к единице (табл. 1). Особенно хорошая связь CaO с Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (коэффициент корреляции равен 0,97).

С FeO окислы кремния, алюминия и других имеют более слабую связь, чем с Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Особенно связь окислов металлов с FeO будет плохой в том случае, если связь между ними рассматривать как одну статистическую совокупность, т. е. не разбивать ее на две области. В этом случае в отдельных пробах максимальное отклонение содержания CaO в руде отличается от вычисленного значения CaO по сглаженной кривой более чем на 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Таким образом, исследованиями установлено (рис. 1, 2), что количества FeO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в железных рудах существенно влияют на образование числа областей взаимосвязи между окислами SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MgO. Для каждой области компоненты SiO<sub>2</sub> и другие взаимосвязаны в различных количественных отношениях, что подтверждается нижеприведенными данными исследований.

Таблица 1

Оценка надежности взаимосвязи  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$

Наименование отношения	Сорт руды	К-во анализов	Коэффициент корреляции	Погрешность коэффициента корреляции
$\text{SiO}_2 - \text{Fe}$	магнетитовая	88	-0,920	$\pm 0,013$
$\text{SiO}_2 - \text{Fe}_2\text{O}_3$	"	70	-0,925	$\pm 0,012$
$\text{SiO}_2 - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	"	70	-0,934	$\pm 0,011$
$\text{CaO} - \text{Fe}$	"	78	-0,842	$\pm 0,012$
$\text{CaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$	"	78	-0,970	$\pm 0,011$
$\text{CaO} - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	"	71	-0,89	$\pm 0,017$
$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}$	"	87	-0,802	$\pm 0,040$
$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$	"	80	-0,901	$\pm 0,020$
$\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	"	71	-0,930	$\pm 0,018$
$\text{MgO} - \text{Fe}$	"	69	-0,803	$\pm 0,030$
$\text{MgO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$	"	70	-0,861	$\pm 0,025$
$\text{MgO} - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	"	67	-0,834	$\pm 0,021$

#### Взаимосвязь между окислами $\text{SiO}_2$ , $\text{CaO}$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{MgO}$ .

Характеристика о вещественном составе железных руд будет более полной, если изучить вопрос, в каких количественных отношениях связаны входящие в их состав компоненты  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$ .

Для решения данного вопроса нами были построены различные графики, а именно:

а) графики зависимости содержания в руде  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  от содержания в ней  $\text{SiO}_2$ ;

б) графики зависимости содержания в руде  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  от содержания в ней  $\text{CaO}$ ;

в) график зависимости содержания в руде  $\text{MgO}$  от содержания в ней  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Один из этих графиков для примера приведен на рис.3. (см. стр. 114).

Построение графиков показало, что между окислами  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и другими имеется почти прямолинейная зависимость. При этом необходимо заметить, что в железных рудах нами установлены две области корреляционной связи  $\text{SiO}_2$  с  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$ ;  $\text{CaO}$  с  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с  $\text{MgO}$ , которые параллельно смещены относительно друг друга (рис. 3).

Верхняя корреляционная связь между окислами  $\text{Si}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Al}$  и  $\text{Mg}$  относится к тем железным рудам, в которых содержание  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  равно или близко содержанию  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  для чистых магнетитов (рис. 3).

Нижняя область корреляционной связи между вышеперечисленными компонентами характерна для руд, в которых содержание  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  или больше, или меньше, чем в чистых магнетитовых рудах. Каждая из этих корреляционных связей относится к различным сортам руды.

Так как в каждом сорте руды компоненты  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  взаимосвязаны в различных количественных отношениях, то связь

между ними необходимо устанавливать отдельно для каждого сорта руд. Степень связи между окислами  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  достаточно высокая, так как коэффициенты корреляции по величине близки

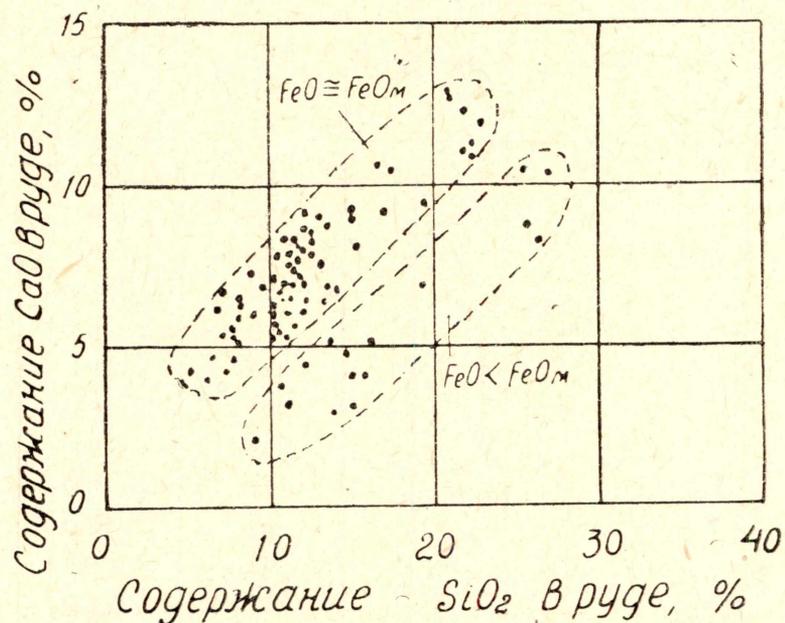


Рис. 3. График зависимости содержания  $\text{CaO}$  в руде от содержания в ней  $\text{SiO}_2$ .

к единице (табл. 2). Особенно хорошая взаимосвязь  $\text{SiO}_2$  с  $\text{MgO}$  и  $\text{CaO}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с  $\text{MgO}$ .

Таблица 2

Оценка надежности взаимосвязи между компонентами  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$

Название отношения	Сорт руды	Кол-во анализов	Коэффициент корреляции	Погрешность коэффициента корреляции
$\text{SiO}_2 - \text{CaO}$	Магнетитовая	66	0,918	$\pm 0,02$
$\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$	"	83	0,904	$\pm 0,02$
$\text{SiO}_2 - \text{MgO}$	"	58	0,965	$\pm 0,014$
$\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$	"	77	0,853	$\pm 0,03$
$\text{CaO} - \text{MgO}$	"	83	0,830	$\pm 0,03$
$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$	"	93	0,943	$\pm 0,012$

Исследованиями установлено, что наиболее выгодной функцией для выражения этих связей в аналитической форме является показательная функция вида

$$y = Ae^{Bx} + C, \quad (3)$$

где  $e$  — основание натуральных логарифмов.

Для различных связей нами были определены методом средних параметры  $C$ ,  $A$  и  $B$  формулы (3). Результаты определения представлены в табл. 3.

Контроль параметров формул табл. 3 произведен путем сравнения содержаний  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в руде, вычисленных по формулам (3Б) — (3Е).

Эмпирические формулы, выражающие взаимосвязь между  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в аналитическом виде

Сорт руды	Вид формулы
Магнетитовая	$\text{CaO, \%} = 26 - 26e^{-2.76\text{SiO}_2}$ (3А)
"	$\text{Al}_2\text{O}_3, \% = 26 - 26e^{-1.22\text{SiO}_2}$ (3Б)
"	$\text{MgO, \%} = 26 - 26e^{-0.322\text{SiO}_2}$ (3В)
"	$\text{Al}_2\text{O}_3, \% = 3,2e^{9\text{CaO}} - 3,2$ (3С)
"	$\text{MgO, \%} = 3,2e^{3.68\text{CaO}} - 3,2$ (3Д)
"	$\text{MgO, \%} = 7.45 - 7.45e^{-4.34\text{Al}_2\text{O}_3}$ (3Е)

Примечание: 1) 26, 3.2; 7.45 — коэффициенты, численно равные среднему содержанию в земной коре Si, Ca и Al, % (по диаграмме работы (2)).  
2) Значение  $\text{SiO}_2$ , CaO и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в формулах (3А) — (3Е) табл. 3 в относительных единицах.

Разница в вычисленных по разным формулам содержаниях  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в руде получалась незначительной (табл. 4).

Связь  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 

Сравнивая результаты анализов железной руды на различные компоненты, было замечено, что в тех пробах, в которых содержание  $\text{FeO}$  в руде меньше вычисленного содержания  $\text{FeO}$  по формуле (1), содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в этих пробах больше содержания  $\text{Fe}$  рудн. И, наоборот, в тех пробах, в которых содержание  $\text{FeO}$  в руде больше вычисленного  $\text{FeO}$  по формуле (1), содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в таких пробах меньше содержания  $\text{Fe}$  рудн.

Как в первом, так и во втором случаях содержание в руде  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  сильно изменяется, поэтому нами проведены исследования на корреляционную связь этих компонентов с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ .

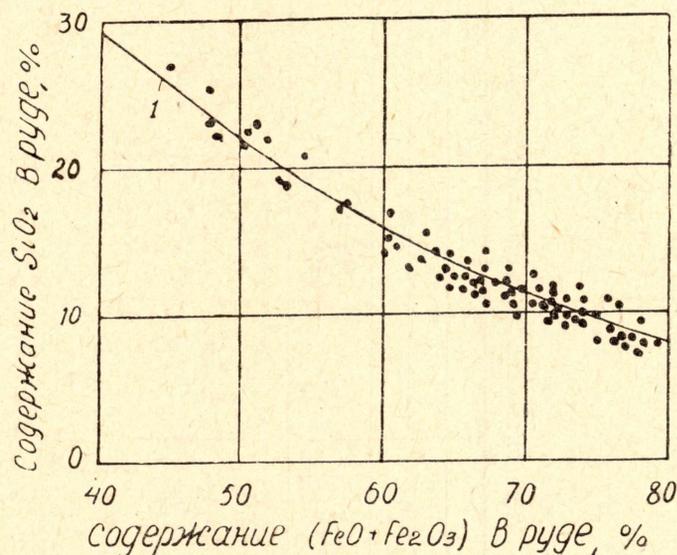


Рис. 4. График зависимости содержания  $\text{SiO}_2$  в руде от содержания в ней  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ .

Были построены графики зависимости окислов Si, Ca, Al и Mg от  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  и сделана оценка надежности связи между ними (табл. 1). Один из таких графиков изображен на рис. 4.

Таблица 4

Сравнительная таблица содержаний CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MgO руде, вычисленных по формулам (3А) — (3Е)

Исходные данные		Содержание компонентов в руде, %								Полная основ- ность руды CaO+MgO SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		CaO		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			MgO			
Fe рудн., %	SiO <sub>2</sub> , %	Вычисленное по формулам								
		(3А)	По Fe Работа [1]	(3Б)	(3С)	по Fe Работа [1]	(3В)	(3Д)	(3Е)	
30	22,0	11,8	12,1	6,2	6,0	6,5	1,8	1,72	1,78	0,49
40	16,4	9,4	9,5	4,7	4,2	4,8	1,4	1,34	1,40	0,52
50	11,4	6,4	6,8	3,3	2,8	3,1	1,0	0,93	1,05	0,51

Исследования показали, что связь  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  является обратной, почти прямолинейной и достаточно надежной.

Степень надежности связи окислов  $\text{Si}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Al}$  и  $\text{Mg}$  с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  является более высокой, чем с  $\text{Fe}$  руд. Об этом можно судить по величине коэффициентов корреляции табл. 1. Лучшая связь  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ , чем с  $\text{Fe}$  рудн., хорошо подтверждается графиком рис. 4 и другими, которые здесь не приводятся. Содержание окислов  $\text{Si}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Al}$  и  $\text{Mg}$  в единичных пробах по данным анализов, относительно вычисленных содержаний по формулам (4)–(7), не превышает следующих пределов: для  $\text{SiO}_2$ —2%,  $\text{CaO}$ —1,5%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —1% и  $\text{MgO}$ —0,2%. Для связей  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $\text{Fe}$  руд. эти пределы отклонения в два раза больше.

В аналитическом виде для магнетитовых руд связь  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  может быть выражена следующими эмпирическими формулами

$$\text{SiO}_2, \% = 85e^{-1.166(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)} - 26; \quad (4)$$

$$\text{CaO}, \% = 29.2 - 15,2e^{0.7(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)}; \quad (5)$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3, \% = 27e^{-1.35(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)} - 7.45; \quad (6)$$

$$\text{MgO}, \% = 6.52e^{-0.96(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)} - 2.35, \quad (7)$$

где  $e$  — основание натуральных логарифмов.

В формулах (4)–(7)  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  необходимо брать в относительных единицах.

### Выводы

На основании полученных результатов исследований связи содержания окислов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в железных рудах с содержанием в них  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  можно сделать следующие выводы.

1. В железных рудах месторождения Таштагол содержания  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  находится в обратной почти прямолинейной зависимости от содержания в них  $\text{FeO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Между содержанием самих окислов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  также имеется близкая к прямолинейной, достаточно надежная корреляционная связь.

2. Количество  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  в железных рудах сильно зависит от степени их окисленности, т. е. от содержания в них  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$ . Для каждого сорта руд окислы  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  взаимосвязаны в различных количественных отношениях, поэтому зависимость между ними необходимо устанавливать отдельно для каждого сорта руд.

3. Между содержанием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  в руде и содержанием в ней  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  также имеется обратная, достаточно надежная, почти прямая зависимость. Особенно хорошая связь  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  (коэффициенты корреляции близки к единице).

4. Сравнивая значения коэффициентов корреляции табл. 1 для связей окислов  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  с  $\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ , можно заметить, что наилучшая связь —  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ , а  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Поэтому для практических целей содержание в руде  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  лучше всего находить из зависимости  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ , а  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  — из связи  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  с  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Если пользоваться указанными зависимостями, то можно определить

их содержание в руде с погрешностью  $\text{SiO}_2$ —2%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —1%,  $\text{CaO}$ —1% и  $\text{MgO}$ —0,2%.

5. Результаты наших исследований о корреляционной связи между компонентами в железных рудах месторождения Таштагол еще раз подтверждают справедливость слов академика А. Е. Ферсмана: „В недрах земли не хаотическое скопление элементов и их соединений, а царствует чрезвычайный порядок, обусловливаемый закономерными свойствами и взаимосвязями между геохимическими элементами“ [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Райский П. И. О корреляционной связи между компонентами в магнетитовых рудах месторождений Горной Шории. Известия вузов, Горный журнал, № 9, 1959.
  2. Справочник маркшейдера. Металлургиздат, 1958.
  3. Ферсман А. Е. Геохимия, т. 1, 1934.
-