

управлению безопасностью работ (табл. 2), которая функционирует отдельно или включается разделом в общую программу технико-экономического развития предприятия [2].

Таблица 2

Формализованная программа мероприятий по повышению безопасности работ на предприятиях ГМК

Наименование производственных процессов	Наименование мероприятий	Объемы работ в натуральных единицах	В том числе по годам программного периода				Среднегодовые затраты	Среднегодовой предотвращаемый ущерб, тыс.грн.	Среднегодовой экономический эффект, тыс.грн.	Срок окупаемости, лет
			1	2	...	n				

Программное управление безопасностью работ путем отбора и экономической оценки планируемых мероприятий представляет определенную сложность и поэтому должно на первых этапах проводиться с помощью научных организаций, имеющих соответствующий опыт и информационную базу. Актуальным является также и подготовка для предприятий методических рекомендаций по формированию рассматриваемых программ. В тех случаях когда программа не обеспечивает полное устранение неблагоприятных условий труда, она должна содержать обязательный раздел по обеспечению компенсации их воздействия.

Выводы и направление дальнейших исследований. Несмотря на применение мероприятий, направленных на снижение травматизма, некоторые из них, как показывает анализ, оказываются неэффективными, из-за отсутствия их технико-экономического обоснования. На каждом конкретном предприятии необходима разработка программ безопасности с альтернативным отбором мероприятий и технических средств по условиям их надежности, величины затрат, их окупаемости и т. д.

Программный подход к управлению безопасностью и охраной труда на производстве должен сопровождаться экономико-финансовыми расчетами и обоснованиями. Его целесообразно организовать в системе службы охраны труда предприятия с привлечением инновационного и управленческого механизмов с дальнейшим включением в годовые и долгосрочные программы технико-экономического развития производства.

Для этого разработанные принципы и методологические подходы к повышению экономической эффективности мероприятий в области безопасности труда на предприятии, предложенные методы расчета их экономической эффективности, а также величины предотвращенного ущерба в результате проведенных мероприятий рекомендуются к практическому апробированию и дальнейшему их внедрению.

Список литературы

1. Закон України "Про охорону праці" із змінами і доповненнями // Збірник міжнародних правових документів, законодавчих та нормативних актів України, розпорядчих документів та методично-практичних матеріалів до них. - К.: Проінформ, 2002. - С. 59-74.
2. **Мартякова Е.В.** Экономический механизм реформирования социальных процессов: страхование, маркетинг, риск-менеджмент. - Донецк: ИЭП НАН Украины, 2002. - 598 с.
3. **Кучеба П.К.** Организационно-экономический механизм управления охраной труда на шахтах. - Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. - 288 с.
4. Концепция улучшения условий и охраны труда в угольной промышленности Украины и рекомендации по механизму его реализации. Утв. 11.10.1995. - Киев, 1995. - 27 с.
5. **Кучеба П.К.** Возможности экономического управления охраной труда // Безопасность труда в промышленности. - 1996. - №10, С. 2-5.

Рукопись поступила в редакцию 03.04.13

УДК 549: 669.181.28

С.М. ТИРИШКІНА, канд. геол. наук, ст. наук. співробітник НДГРІ ДВНЗ «КНУ»

ФАКТОРНА МОДЕЛЬ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКУ

Виконані статистичні дослідження результатів хімічних аналізів сталеплавильного шлаку дозволяють зробити висновок, що процеси мінералоутворення в об'ємі техногенного розплаву, як і в природних системах проходять під впливом ліквідації, кристалізаційної диференціації магми, асиміляції стороннього матеріалу.

Хімічний склад сталеплавильного шлаку відображає особливості залізородної сировини, флюсів, легуючих добавок і палива. Він також залежить від об'єму і конструкційних особливостей мартенівських печей і конверторів, а також технології виплавки сталі (табл. 1).

Таблиця 1

Результати хімічного аналізу сталеплавильних шлаків Криворізького металургійного комбінату

Номери проб	Fe _{заг.}	CaO	SiO ₂	MgO	MnO
1	34,7	27,3	18,1	9,7	3,3
2	28,6	24,6	18,0	9,0	3,2
3	43,6	18,1	8,8	3,4	3,0
4	17,8	36,1	27,9	6,7	5,3
5	29,4	27,0	19,3	15,8	2,3
6	37,7	25,7	16,3	8,1	3,2
7	38,3	12,1	8,1	8,0	3,2
8	37,7	12,2	8,2	8,2	3,2
9	3,0	28,9	18,1	8,1	3,2
10	50,0	25,0	12,0	8,0	3,1
11	38,0	23,8	15,8	5,7	3,6
12	44,5	16,3	13,3	5,4	1,5
13	32,6	20,1	23,1	12,1	4,3
14	21,4	23,6	20,0	4,1	3,7
15	40,7	21,7	15,0	4,5	3,9
16	17,2	49,5	17,7	8,1	3,1
17	26,7	30,4	17,9	13,0	3,2
18	34,9	27,7	17,9	8,2	3,1

Концентрація окремих хімічних елементів і сполук у металургійному розплаві в значній мірі визначає мінеральний склад розкристалізованого шлаку [1]. Вивчення закономірностей розподілу головних хімічних елементів допомагає визначити чинники формування мінеральних асоціацій, онтогенії і властивостей окремих мінералів шлаку.

Шлак характеризується великим загальним вмістом кремнезему, заліза, а також оксидів кальцію і магнію та легуючих (оксиду марганцю) елементів. Виконані статистичні перерахунки результатів хімічних аналізів шлаку, в тому числі, за програмою факторного аналізу методом головних компонент (табл. 2) показали, що найбільшу варіативність мають залізо і кальцій, найменшу - марганець [2,3].

Таблиця 2

Статистичні характеристики розподілу хімічних елементів і сполук

Хімічні елементи і сполуки	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє	Стандартне відхилення
Fe _{заг.}	17,20	43,60	28,01	9,90306
CaO	12,10	49,50	25,0056	8,66674
SiO ₂	8,10	27,90	16,4167	5,07720
MgO	3,40	15,80	8,1167	3,15077
MnO	1,50	5,30	3,3000	0,77155

Значення вмісту визначених хімічних елементів і сполук розподілились по нормальному закону (рис. 1). Це дозволяє використати отримані дані для перерахунку за програмою факторного аналізу.

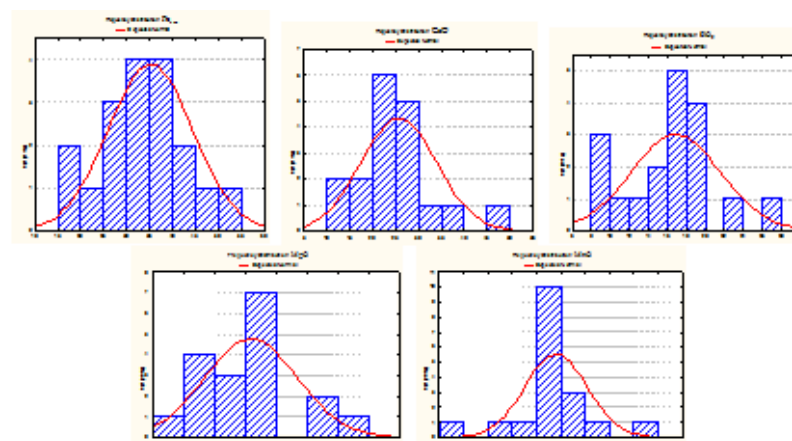


Рис. 1. Характер розподілу значень вмісту хімічних елементів і сполук у складі сталеплавильних шлаків

Для вивчення факторів, що впливають на хімічний склад шлаку, важливу роль має визначення парних коефіцієнтів кореляції між окремими сполуками (табл. 3).

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції хімічних елементів і сполук у складі сталеплавильного шлаку

Хімічні елементи і сполуки	Fe _{заг}	CaO	SiO ₂	MgO	MnO
Fe _{заг}	1,00	-0,66	-0,73	-0,31	-0,41
CaO	-0,66	1,00	0,60	0,19	0,23
SiO ₂	-0,73	0,60	1,00	0,30	0,55
MgO	-0,31	0,19	0,30	1,00	-0,13
MnO	-0,41	0,23	0,55	-0,13	1,00

Так, виявлено суттєву позитивну кореляцію між кремнеземом і оксидом кальцію, а також кремнеземом і оксидом марганцю, яка відображає їх тісний зв'язок у кристалічній ґратці силікатів кальцію.

Від'ємну кореляцію виявлено між залізом та кремнеземом і оксидом кальцію (рис. 2). На думку автора, вона відображає головну тенденцію металургійного процесу - відокремлення металевого і силікатного (шлакового) розплавів, яке відбувається тим краще, чим повніше насичено середовище флюсуючим кальцієм. Останній утворює з кремнеземом силікати кальцію, які відокремлюючись від рідкого заліза спливають і утворюють основу металургійного шлаку.

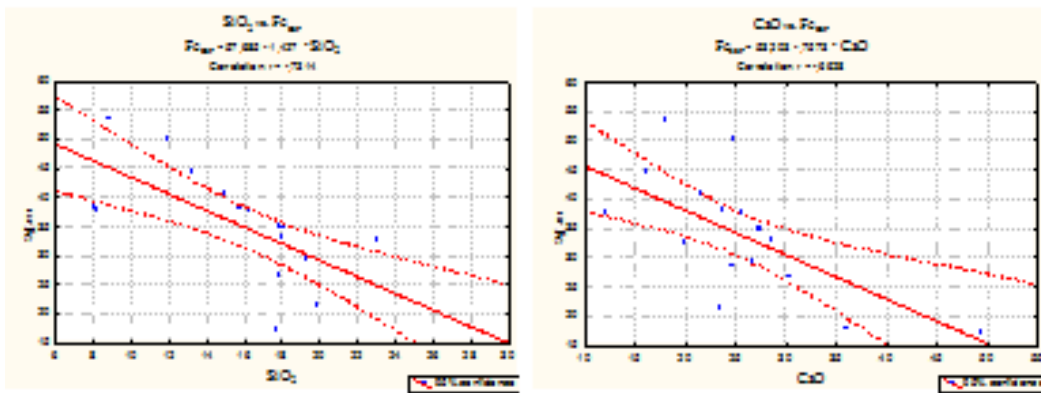


Рис. 2. Від'ємна залежність вмісту заліза від вмісту кремнезему та оксиду кальцію

Дослідження більш складних зв'язків проводилось в системі трьох і більше показників (рис. 3). Встановлено, що збільшення кількості врахованих компонентів ускладнює зв'язок окремих компонентів шлаку. Крім того, на трійних діаграмах фігуративні точки проаналізованих проб розділяються на дві групи. Першу групу утворюють низько основні мартенівські шлаки з відносно низьким вмістом марганцю; другу - високо основні конвертерні шлаки з високим вмістом марганцю.

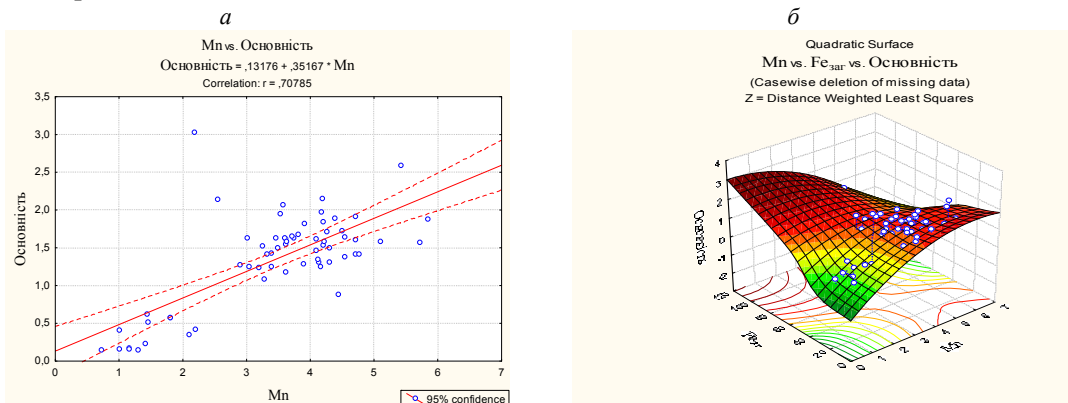


Рис. 3. Трійні діаграми залежності: а - вмісту марганцю і основності (Ca+Mg)/Si; б - вмісту марганцю, заліза і основність шлаку

Більшу кількість параметрів можна обрахувати за допомогою багатовимірною факторного аналізу. У результаті підрахунків виявлено кілька факторів, що відображають головні особливості варіативності хімічного складу сталеплавильного шлаку. Їхні власні значення і ва-

гу (значимість) наведено в табл. 4 і на рис. 4.

Таблиця 4

Власні значення і вага факторів мінливості хімічного складу сталеплавильного шлаку
Криворізького металургійного комбінату

Фактори	Параметри факторів		
	власні значення	вага факторів, %	накопичена вага, %
1	2,711	54,228	54,228
2	1,130	22,590	76,819
3	0,652	13,037	89,856
4	0,273	5,451	95,307
5	0,235	4,693	100,000

Наведені дані свідчать, що варіативність системи визначається, в основному, двома факторами. У сумі вони пояснюють більше 76 % дисперсії, тому являються головними. На всі останні фактори припадає менше 24 % дисперсії системи.

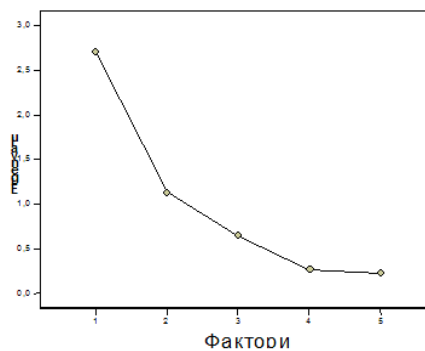


Рис. 4. Власні значення факторів мінливості хімічного складу шлаку, λ

Навантаження факторів (коефіцієнти кореляції хімічних сполук з даними факторами) наведені в табл. 5

Аналіз кореляційної матриці ознак виявив внутрішню структуру, яка у графічному зображенні може бути представлена у вигляді діаграми (рис. 5).

Таблиця 5

Головні фактори мінливості хімічного складу сталеплавильного шлаку
Криворізького металургійного комбінату

Хімічні елементи і сполуки	Навантаження факторів	
	фактор 1	фактор 2
Fe _{заг.}	-0,897	-0,066
CaO	0,782	0,100
SiO ₂	0,907	-0,054
MgO	0,361	0,825
MnO	0,586	-0,658

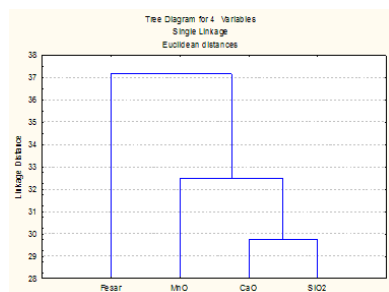


Рис. 5. Коренева діаграма евклідових відстаней між вивченими перемінними

Діаграма відображає ієрархію зв'язків у хімічному складі шлаку. Серед них домінує асоціація оксиду кальцію і двоокису кремнію, утворюючих мервініт, ларніт, омфацит і інші силікати кальцію, а також металургійне скло.

Значно віддалено від них залізо, представлене у шлаках в основному металевою формою і оксидами. Таке відокремлення говорить про принципово різні механізми кристалізації мінералів даних хімічних елементів і сполук.

Як видно з діаграми марганець у складі шлаку переважно входить до складу силікатів, а не до металевого заліза. Тому для запобігання його втрат легируючий феромарганець додають у кінці терміну виплавки сталі, коли значна частина первинного шлаку вже злита з конвертора чи мартенівської печі.

Величини власних значень і вага факторів свідчить, що SiO₂, Fe_{заг.} і CaO визначаються пе-

реважно на 54,23 % впливом одного фактора Ф1. Причому навантаження (0,907) SiO_2 і (0,782) CaO мають знак "+", а (0,897) $\text{Fe}_{\text{зар}}$ "-". Це свідчить, що головним чинником, який регулює хімічний і мінеральний склад шлаку є баланс протилежно направлених і послідовних процесів: розділення розплаву на дві рідини (залізистої і силікатної) з різною питомою вагою і наступна відокремлена кристалізація важкої з утворенням і частковим окисненням корольків металевого заліза і легкої з переважанням силікатів і скла. Тому перший фактор можна визначити як фактор ліквідації розплаву. Саме він і являється головним регулюючим фактором мінливості хімічного і мінерального складу сталеплавильного шлаку.

Другий фактор Ф2 містить в собі 22,59 % інформації про склад сталеплавильного шлаку. Аналіз навантажень даного фактору свідчить про значимий позитивний зв'язок його з MgO (0,825 %) і негативний зв'язок з MnO (-0,658 %). Така структура другого фактора є відображенням поведінки «малих» хімічних елементів. Частина їх пов'язана з процесами високотемпературної корозії футеровки і збагачення шлаку магнієм у вигляді периклазу і шпінелі. Про це свідчить табл. 3 - для магнію не виявлено значимої кореляції ні з однією сполукою залізородної сировини (Fe, Si), флюсів (Ca) і лігатури (Mn). Легуючі хімічні елементи, до яких відноситься марганець у складі сировинних матеріалів (марганцева руда і шлак феромарганцю) позитивно впливають не лише на якість металу.

За результатами факторного аналізу вони, в певній мірі, зміцнюють футеровку і зменшують обсяги поповнення сталеплавильного шлаку мінералами вогнетривів. Отже, другий фактор є фактором футерівки і легуючих добавок.

У полі кореляції першого і другого факторів (рис. 6) фігуративні точки елементів і сполук утворюють дві непаралельні прямі.

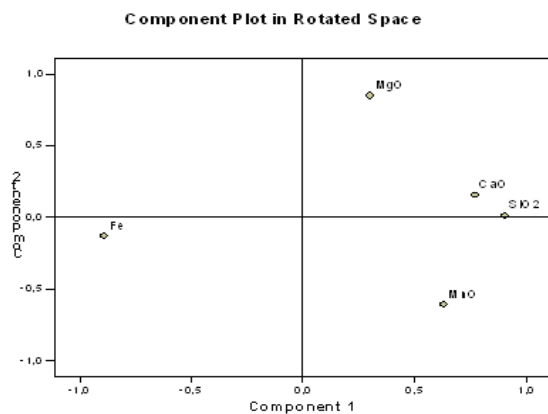


Рис. 6. Поле кореляції першого і другого факторів

Перша з'єднує фігуративні точки загально-го заліза і оксида марганцю, друга - оксидів кальцію, магнію і кремнезему. Так у графічному вигляді відображаються дві головні лінії (складові) процесу кристалізації шлаку: рудну (Fe, Mn) і силікатну (Mg, Ca, Si).

Отже, виконані статистичні дослідження результатів хімічних аналізів сталеплавильного шлаку дозволяють зробити висновок про наявність об'єктивних зв'язків між окремими його складовими.

В їх основі лежать процеси мінералоутворення в об'ємі техногенного розплаву, котрі, як і природні системи, проходять під впливом ліквідації, кристалізаційної диференціації магми, асиміляції стороннього матеріалу. Специфіка техногенного середовища підкреслюється кінцевими продуктами кристалізації: наявністю металевого заліза і високим вмістом мінералів кальцію, магнію і кремнію.

Список літератури

1. Васютинский Н. А. *Металлургические шлаки* / Н.А. Васютинский. – Киев: Техника, 1990. – 150 с.
2. Дж. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Кларк *Факторный, дискриминантный и кластерный анализ* / М.: Финансы и статистика, 1989, -215 с.
3. М.Д. Белонин, В.А. Голубева, Г.Т. Скублов / *Факторный анализ в геологии* М.: Недра, 1982,- 269 с.

Рукопис подано до редакції 03.04.13