

	25	1,00	0,32	1,0000
--	----	------	------	--------

При обработке результатов экспертизы выполняем следующие операции:

- определяем сумму рангов, проставленных всеми экспертами объекту экспертизы,

$$\text{сумма ранга } G_j = \sum_{i=1}^n G_i;$$

$$G_{Ny\phi} = 4,69; G_{\eta} = 20,56; G_{Hw} = 3,65;$$

- определяем сумму рангов всех объектов экспертизы, проставленных всеми экспертами,

$$\text{сумма 3-х рангов } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m G_{i,j} = 28,91;$$

- определяем весомость или весовой коэффициент каждого объекта экспертизы. Значения весовых коэффициентов рассчитываем по формуле:

$$g_j = \frac{\sum_{i=1}^n G_{i,j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m G_{i,j}},$$

где  $n$  – количество экспертов;

$m$  – число «взвешиваемых» показателей;

$G_{i,j}$  – коэффициент весомости  $j$ -го показателя, данный  $i$ -м экспертом.

$$g_{Ny\phi} = 0,16; g_{\eta} = 0,71; g_{Hw} = 0,13.$$

Причем должно обязательно выполняться условие

$$\sum_{i=1}^3 g_i = 1.$$

При оценке тех или иных объектов экспертиз воз-

никает необходимость в количественной оценке и анализе степени согласия экспертов.

Мерой согласованности суждения группы экспертов является величина коэффициента конкордации ( $W$ ).

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2 \cdot (m^3 - m)},$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;

$n$  – число экспертов;

$m$  – число объектов экспертизы.

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне  $0 < W < 1$ , где  $0$  – полная несогласованность между экспертами;  $1$  – полная согласованность.

В нашем случае при  $S = 179,69$ ;  $n = 25$  и  $m = 3$  коэффициент конкордации  $W = 0,14$ .

Для уточнения (улучшения) весовых коэффициентов иногда применяется подход, при котором отбрасываются наиболее высокие и низкие оценки.

Согласно таблице 1, наибольшему разбросу значений подвержена целевая функция «удельные энергозатраты на разрушение». При удалении наибольших (эксперименты 5, 9, 15, 19, 24, 25) и наименьших (эксперименты 1, 6) значений целевой функции получим новые величины весовых коэффициентов:

$$g_{Ny\phi} = 0,19; g_{\eta} = 0,58; g_{Hw} = 0,23,$$

которые в большей степени соответствуют значимости каждой из целевых функций для процесса разрушения породных негабаритов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков М.А., Махов А.А. Статистико-детерминированный метод построения многомерных моделей с использованием ЭВМ: Учеб. пособие. Караганда: КарПИИ, 1988. 70 с.
2. Сатлер О.Н., Климов Ю.И. Многофакторный эксперимент при моделировании процесса разрушения породного негабарита // Науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана». (Караганда, 23–24 дек. 2009 г.) / КарГТУ. С. 287–289.
3. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.

**УДК 669.779.052:553.322**

**МУХТАР А.А.**

## Исследование продуктов термокatalитической дегидратации и восстановления бурожелезнякового концентрата жидким углеводородом

Схема термохимической подготовки Лисаковского бурожелезнякового гравитационно-магнитного концентрата (ГМК) к обесфосфориванию включает процесс его прокалики с целью удаления гидратной влаги в окислительной среде при температуре 950–1050 °С. Полученный при этом гематитовый огарок подвергается выщелачиванию 5 % раствором серной кислоты для удаления фосфора. Кек после выщелачивания с содержанием 0,24 % фосфора и до 60 % железа используется как кондиционный концентрат для последующей выплавки чугуна [1, 2].

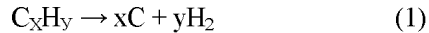
Для значительного снижения температуры про-

калки ГМК предложен способ термокatalитической дегидратации и восстановления (ТКДВ) оолитов, предварительно обработанных жидким углеводородным материалом [3, 4].

Установлено, что при ТКДВ полное удаление влаги из ГМК осуществляется при температуре 600–650 °С в течение 45–90 минут.

Значительное снижение температуры процесса прокалики ГМК при ТКДВ вероятно протекает по следующей схеме: адсорбированная органическая масса жидкого углеводорода на оолитах в результате термической обработки подвергается кatalитической дест-

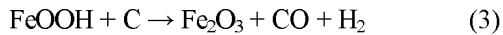
рукции, при которой образуется углерод и водород по следующей схеме:



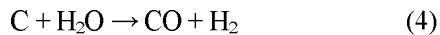
Молекулярный водород диссоциирует на поверхности  $FeOОН$ ,  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$  с образованием двух радикалов:



Активный углерод при высокой температуре вступает в реакцию с гидрооксидом железа с образованием  $CO$ ,  $H_2$  и  $Fe_2O_3$ .



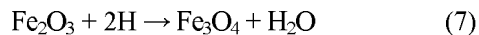
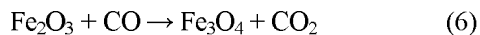
Также активный углерод при высокой температуре вступает в реакцию с гидратной водой с образованием  $CO$  и  $H_2$ .



Далее молекулярный водород диссоциирует на поверхности оксида железа.



Радикалы водорода и оксид углерода восстанавливают часть  $Fe_2O_3$  до  $Fe_3O_4$ .



Целью исследования было изучение поведения фосфора при сернокислотном выщелачивании продуктов ТКВД бурожелезнякового концентрата.

Для исследования проведена серия экспериментов, условия и результаты которых приведены в таблице 1. В качестве углеводородного восстановителя взята нефть месторождения Каражанбас. Намагниченность огарков измеряли методом Гуи. Фазовый состав продуктов обжига идентифицирован методом рентгенофазового анализа. Локальные содержания фосфора и других основных элементов в оолитах огарка и кека выщелачивания изучены методом рентгеноспектрального микроанализа на спектрометре Joel 733.

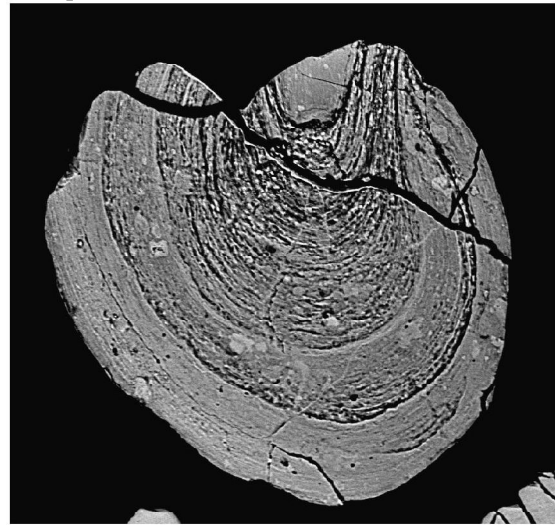
Согласно данным таблицы 1, основное изменение массы ГМК происходит до  $650^{\circ}C$  в результате ТКДВ по реакциям (1)-(7). Рентгенофазовый анализ показал, что в пробах в качестве основной фазы присутствуют  $Fe_3O_4$  и  $Fe_2O_3$ , огарки обладают сильномагнитными свойствами. Сравнительный анализ данных таблицы 1 показывает, что процесс удаления кристаллической влаги в необработанных образцах ГМК в изученном интервале температур полностью не завершается, что подтверждается потерями массы и фазовым составом огарков.

Полученный при оптимальной температуре  $650^{\circ}C$  огарок подвергали выщелачиванию 5 % серной кислотой при соотношении Т:Ж = 1:10, температуре  $20^{\circ}C$ , в течение одного часа, затем пульпу отфильтровывали, кек промывали дистиллированной водой, сушили.

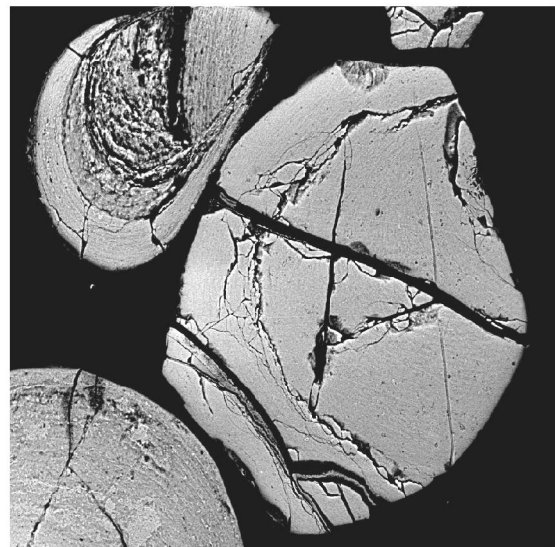
На рисунке представлены микрофотографии срезов оолитов исходного ЛГМК, огарка и кека выщелачивания.

Для исследования распределения фосфора в ооли-

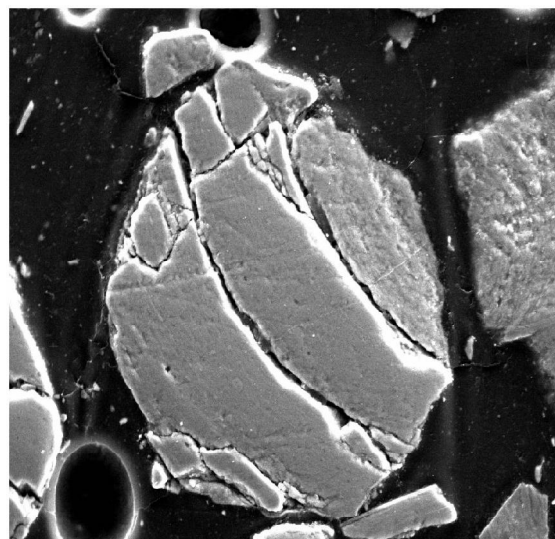
тах выбраны 5 равно удаленных точек вдоль условного радиуса среза. Локальный химический состав в точках приведен в таблице 2.



а



б



100мкм

## Микрофотографии оолитов:

Таблица 1 – Влияние температуры и обработки жидким углеводородом на изменение массы, магнитные свойства и фазовый состав продукта ТКВД ГМК

№	T, °C	Концентрация углеводорода, %	τ, мин	Потеря массы, %	Намагниченность, * де	Фазовый состав
1	500	0,75	45	13,7	0,14	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , гидрогетит
2	600	0,75	45	14,6	0,61	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
3	650	0,75	45	14,5	0,81	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
4	700	0,75	45	14,7	0,84	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
5	600	без обработки	45	2,0	0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , гидрогетит
6	650	без обработки	45	6,54	0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , гидрогетит
7	700	без обработки	45	8,3	0	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , гидрогетит

\*Относительно чистого магнетита

Таблица 2 – Элементный состав оолитов исходного ЛГМК, огарка и кека

Элементный состав исходного оолита, %								
Точки	O	Al	Si	P	Ca	Mn	Fe	Итого
1 (центр)	39,87	2,54	1,23	0,78	0,24	0,16	55,19	100,00
2	40,19	3,11	1,13	0,97	0,15	0,19	54,26	100,00
3	40,05	3,16	0,90	0,76	0,18	0,12	54,82	100,00
4	40,88	2,75	1,28	0,94	0,23	0,17	53,75	100,00
5 (крайн.)	42,12	2,22	1,34	0,88	0,25	0,27	52,91	100,00
Среднее	40,62	2,75	1,18	0,87	0,21	0,18	54,19	100,00
Огарок, %								
Точки	O	Al	Si	P	Ca	Mn	Fe	Итого
1 (центр)	29,98	3,05	1,65	0,92	0,40	0,28	63,00	100,00
2	31,15	3,02	1,69	0,92	0,31	0,26	62,09	100,00
3	31,18	3,09	1,70	0,87	0,31	0,24	62,08	100,00
4	30,24	3,41	1,68	0,96	0,31	0,26	62,50	100,00
5 (крайн.)	29,17	3,22	1,66	0,88	0,35	0,20	63,92	100,00
Среднее	30,34	3,16	1,68	0,91	0,33	0,25	62,72	100,00
Кек, %								
Точки	O	Al	Si	P	Ca	Mn	Fe	Итого
1 (центр)	28,16	2,62	1,79	0,23	0,15	0,21	66,43	100,00
2	28,91	2,35	1,82	0,29	0,21	0,14	65,92	100,00
3	29,04	2,55	1,67	0,33	0,21	0,14	65,44	100,00
4	30,66	3,64	1,92	0,24	0,18	0,18	62,47	100,00
5 (крайн.)	33,39	3,19	2,04	0,30	0,21	0,10	60,24	100,00
Среднее	30,03	2,87	1,85	0,28	0,19	0,16	64,10	100,00

Из рисунка 1,б видно, что оолит огарка имеет овальную, обломочную структуру, наблюдаются микротрещины на всей поверхности рассматриваемого фрагмента. Как показал анализ, фосфор распределен равномерно по всей поверхности среза, а его среднее содержание соответствует 0,91 %.

На микрофотографии среза оолита кека выщелачивания (рисунок 1, в) наблюдаются изменения поверхности образца, которая приобрела матовый оттенок, из трещин высвечивается кварц. Оолит кека в отличие от огарка имеет пористую, искаженную поверхность, за счет миграции частиц металла. В центре оолита обнаружено незначительное количество гематита. Среднее содержание фосфора в срезе оолитика согласно анализу составляет 0,28 %. Распределение фосфора по точкам также имеет равномерный характер.

Таким образом, методом рентгеноспектрального микроанализа изучен локальный химический состав оолитов исходного ЛГМК, огарка термодегидратационной и восстановленной концентрации и кека его выщелачивания серноокислотным раствором. Установлено, что в результате выщелачивания огарок дефосфорится на 70 %, остаточное содержание фосфора в кеке составило 0,28 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кантемиров М.Д., Бобир Б.Л., Левинтов С.К., Намазбаев С.К. Изучение механизма активации фосфора в оолитовых минералах в циклическом процессе «обжиг-выщелачивание» при различных температурах // Комплексное использование минерального сырья. 2007. № 5. С. 72-79.
2. Кантемиров М.Д., Левинтов С.К., Намазбаев С.К., Бургарт С.А. Анализ состояния и перспективы развития технологии обогащения и обесфосфоривания бурожелезняковых концентратов Казахстана // Тр. Междунар. конф. «Металлургия XXI века. Состояние и стратегия развития». Алматы, 3-5 октября 2006 г. С. 134-137.
3. Мухтар А.А., Кочегина Е.В., Байкенов М.И. Исследование жидкого углеводорода при термической подготовке бурожелезнякового сырья к магнитному обогащению // Новости Науки Казахстана. Научно-техн. сб. / Каз НИИНТИ. Алматы, 2006. № 4. С. 56-59
4. Предпат. 16 681 С 22В1/02 от 15.12.2005 г. Способ подготовки бурожелезняковых руд и концентратов к магнитной сепарации.

УДН 669.4.04.003.18(47)

ДИХАНБАЕВ Б.М.

**Энергохимическая аккумуляция газов – эффективный способ оптимизации технологического режима в агрегате «реактор инверсии фаз – трубчатая печь»**

В отвалах предприятий Республики Казахстан накопились десятки миллионов тонн «бедных» по цин-

ку (Zn ≤ 5 %) шлаков [1, 2].

Для их эффективной переработки на основе прин-