

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ ПИРИТНЫХ ОГАРКОВ СОЛЯНОЙ КИСЛОТОЙ

А.А. Смороков

Научный руководитель – д.х.н. Р.И. Крайденко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, wolfraum@yandex.ru*

Пиритные огарки являются продуктом обжига пиритового концентрата при производстве серной кислоты и представляют собой оксид железа с примесями алюмосиликатов, а также оксидов, сульфитов и непрореагировавших сульфидов цветных металлов (медь, цинк, серебро и т.д.). Комплексная переработка данных техногенных отходов снизит экологическую нагрузку на местах их сосредоточения, а также позволит произвести полезную продукцию.

Получение напрямую металлического железа из огарков трудноосуществимо ввиду переизмельчения огарка и большого содержания в нем примесей.

Получение металлического железа химико-термическим способом является оптимальным вариантом решения проблемы. Метод заключается в растворении огарка в соляной кислоте с последующим выделением хлорида железа и его восстановлением в токе водорода до металла. Также из хлорида железа может быть получен оксид железа, используемый для производства пигментов в лакокрасочной промышленности.

Для апробации данного метода был использован пиритный огарок из полигона ПАО «ПП-ГХО» (г. Краснокаменск, Забайкальский край).

Предварительно было проведен обжиг огарка с целью выжигания остаточных сульфидов и сульфитов. Для этого огарок выдерживали 1 час при 700 °С. В дальнейшем для вскрытия был использован как исходный, так и прокаленный огарок.

Вскрытие в обоих случаях проводилось соляной кислотой при постоянном перемешивании в течение 5 часов как при нагревании, так и при комнатной температуре. Был использован раствор с различной концентрацией HCl: 10%, 20% и 36,5% (концентрированный). Полученные твердые остатки, а также растворы после выщелачивания были проанализированы на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой. Результаты представлены в таблице 1.

В результате вскрытия прокаленного огарка при комнатной температуре максимальная степень реагирования железа составила менее 15%, а целевых компонентов (цинк, медь, серебро)

**Таблица 1.** Результаты вскрытия прокаленного огарка

Температура вскрытия, °С	Концентрация HCl, %	Степень вскрытия целевых компонентов, %			
		Fe	Ag	Cu	Zn
25	10	0,35	20,77	37,02	42,47
	20	4,31	24,22	40,53	41,42
	36,5	14,73	16,79	40,74	41,74
80–90	10	26,68	27,31	52,33	45,16
	20	97,60	15,69	53,40	42,04
	36,5	97,63	19,42	57,35	48,44

**Таблица 2.** Результаты вскрытия непрокаленного огарка

Температура вскрытия, °С	Концентрация HCl, %	Степень вскрытия целевых компонентов, %			
		Fe	Ag	Cu	Zn
25	10	7,22	40,24	25,99	8,82
	20	33,69	63,44	47,88	49,84
	36,5	78,59	63,71	56,64	56,74
80–90	10	72,96	62,88	67,15	63,49
	20	98,38	63,11	68,36	64,77
	36,5	98,00	63,58	72,01	70,69

– менее 50%. Проведение процесса при нагревании увеличило степень реагирования железа до 97,63%. Одновременно с этим концентрация HCl должна составлять не менее 20%. В противном случае происходит резкое уменьшение степени вскрытия железа (26,68%). Степень вскрытия целевых компонентов, а именно меди составила 52–57%, цинка – 42–48%, серебра – 15–27%.

При вскрытии огарка соляной кислотой при 25 °С наибольшая степень вскрытия железа составила 78,59%. Вместе с тем в раствор пе-

решло более 63% серебра и 56% цинка и меди. Ведение процесса при нагревании максимальная степень вскрытия железа составила 98,38%. Степень реагирования цинка составила 63–71%, меди – 67–72%, серебра – 62–64% (таблица 2).

Таким образом, наиболее оптимально проводить процесс вскрытия непрокаленного пиритного огарка концентрированной соляной кислотой при температуре 80–90 °С. При данных условиях целевые компоненты наиболее полно переходят в раствор.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ $KBrF_4$ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ИРИДИЕМ

К.А. Соловьева, Е.А. Царёва, В.И. Соболев  
Научный руководитель – ассистент В.И. Соболев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, nsksa94@mail.ru

Переработка накопленного на свалках электронного лома позволит повторно использовать многие компоненты, что способствует экономии природных ресурсов и снижению количества затрат, по сравнению с непосредственной добычей и переработкой руды. Так же мероприятия по переработке электронного лома положительно отражаются на экологической обстановке.

Целью данной работы является рассмотрение возможности применения тетрафторобромата калия в качестве окисляющего агента для использования при переработке лома, на примере иридия.

Тetraфторобромат калия является стабильным веществом, что облегчает его транспортировку. Так же при термическом разложении он проявляет сильные окислительные способности [1].

В данной работе было проведено исследование кинетики фторирования металлического

иридия тетрафтороброматом калия. Реакцию фторирования проводили в стеклоуглеродном тигле при соотношении исходных компонентов  $Ir : KBrF_4 = (1 : 9,85)$  моль. Процесс проходил при температуре 673 К в атмосфере аргона. После взаимодействия тигель охлаждался, полученные продукты подвергались гидролизу, а образец иридия измерялся при помощи штангенциркуля.

На основе полученных данных была построена зависимость степени превращения от времени, показанная на рисунке 1.

Далее была проведена математическая обработка результатов для определения уравнения, которым описывается полученная экспериментальная кривая [2]. Наиболее точно экспериментальные данные описывает уравнение «сокращающейся сферы»:

$$1 - (1 - \alpha)^{1/3} = k \cdot t,$$

где  $\alpha$  – степень превращения;  $k$  – константа скорости реакции,  $c^{-1}$ ;  $t$  – время реагирования, с.

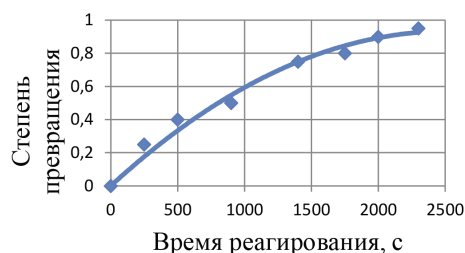


Рис. 1. График зависимости степени превращения иридия от времени реагирования при температуре 673 К

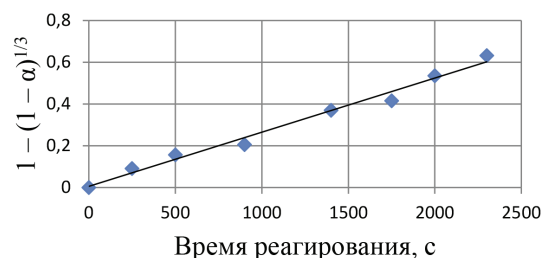


Рис. 2. Линейзация экспериментальных данных по уравнению «сокращающейся сферы»