

Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan  
Al-Farabi Kazakh National University  
Institute of Combustion Problems

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Жану проблемаларының институты

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Институт проблем горения

---

**ПОСВЯЩАЕТСЯ**

**80-летию КазНУ им. аль-Фараби**



**«ЖАНУ және ПЛАЗМАХИМИЯ»**  
**VII ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СИМПОЗИУМ** атты  
**материалдар жинағы**  
*18-20 қыркүйек 2013 ж.*

**Сборник материалов**  
**VII МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА**  
**«ГОРЕНИЕ И ПЛАЗМОХИМИЯ»**  
*18-20 сентября 2013 г.*

**Compilation of materials**  
**Of VII INTERNATIONAL SYMPOSIUM**  
**«COMBUSTION & PLASMOCHEMISTRY»**  
*September, 18-20, 2013*

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2013

## VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «Горение и плазмохимия»

---

8. ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ВСКРЫТИЯ СУДФИДНЫХ РУД В КИСЛЫХ РАСТВОРАХ  
О.Ю. Головченко, С.Х. Акназаров, Н.Ю. Головченко, О.С. Байракова  
Институт проблем горения, Алматы, 050012, Богенбай батыра 172, sestager@mail.ru
9. О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПЛАЗМЕННО-ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ (ПТС) НА ПЫЛЕУГОЛЬНОМ КОТЛЕ БКЗ-420-140-7С СТ. № 3 АЛМАТИНСКОЙ ТЭЦ-2  
В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко, В.Г. Лукьященко, В.Н. Шевченко, И.Г. Степанов, К.А. Умбеткалиев, В.Н. Козак, А.Л. Синдеев, С.В. Лобыцин, Ю.Е. Карпенко, Д.С. Сапрыкин, Р.Д. Тохтаев  
Институт проблем горения МОН РК, НТО Плазмотехника, НИИЭТФ КазНУ E-mail: ust@physics.kz
10. ТЕРМОКОНТАКТНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕБИТУМИНОЗНОЙ ПОРОДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУНАЙЛЫ МОЛА В ПРИСУТСТВИИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА  
Ф.Р. Султанов, Е. Тилеуберди, З.А. Мансуров, Е.К. Онгарбаев, Б.К. Тулеутаев, К.А. Хасеинов, F. Behrendt  
КазНУ им. аль-Фараби, Институт проблем горения, Южно-казахстанский госуниверситет им. М. Ауэзова,  
Берлинский технический университет
11. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕАГЕНТОВ НА СТЕПЕНЬ ОБЕССЕРИВАНИЯ СУЛЬФИДОВ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ  
О.Ю. Головченко, О.С. Байракова, Н.Ю. Головченко, С.Х. Акназаров  
Институт проблем горения, Алматы, 050012, Богенбай батыра 172, teya86@mail.ru
12. ПЛАЗМЕННАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ НЕКОКСУЮЩИХСЯ УГЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ГАЗА-ВОССТАНОВИТЕЛЯ ВЗАМЕН МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОКСА  
Мессерле В.Е., Устименко А.Б.  
Институт проблем горения МОН РК, НТО Плазмотехника, НИИЭТФ КазНУ E-mail: ust@physics.kz
13. ПОЛУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО ДИБОРИДА ТИТАНА МЕТОДОМ СВ-СИНТЕЗА  
Н.А. Турлыбекова\*\*, Ж. Коркембай\*, С.М. Фоменко\*, З.А. Мансуров\*  
\*Институт проблем горения, г. Алматы, Республика Казахстан, exotherm@yandex.ru  
\*\* Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова
14. РЕОЛОГИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМОВ  
С.М. Родивилов, А.Б. Касымбеков, А.Г. Томилов, А.Т. Батырбаев  
Институт проблем горения, Алматы, 050012, ул. Богенбай батыра, 172, E-mail: alintbat@mail.ru
15. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВ-СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ  $V_2O_5+B_2O_3+Al$   
М.М. Колдасбекова, А.Ж. Сейдуалиева, Р.Г. Абдулкаримова

**ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ВСКРЫТИЯ  
СУЛЬФИДНЫХ РУД В КИСЛЫХ РАСТВОРАХ**

**О.Ю. Головченко, С.Х. Акназаров, Н.Ю. Головченко, О.С. Байракова**

Институт проблем горения, Алматы, 050012, Богенбай батыра 172, sestager@mail.ru

В работе приведены оптимальные условия активации арсенопирита и феррозолотой руды в кислой среде. В качестве подкисляющих реагентов использовались растворы соляной и азотной кислот. Подобраны оптимальные параметры обработки вскрытия упорных минералов в кислой среде при механоактивации.

This paper presents the optimal conditions for activation of arsenopyrite and ferrogold ore in an acidic medium. As acidifying reagent solutions used hydrochloric and nitric acids. The optimal processing parameters autopsy resistant minerals in the acidic environment in the mechanical activation.

Для определения оптимальных параметров вскрытия упорных руд безобжиговым способом методом механохимической активации, проведены исследования факторов, влияющих на полноту удаления серы и степень связывания мышьяка при активации арсенопирита и вскрытии феррозолотой руды.

В качестве реагентов для получения кислой среды при обработке арсенопирита и феррозолотой руды использовались растворы соляной и азотной кислоты. Известно, что добавки некоторых веществ к измельченным минералам существенно влияют не только на скорость, но и на направление механохимических реакций [1-3].

Для определения оптимальных параметров, способствующих максимальному вскрытию упорных минералов, проводилась обработка их при различных режимах активации и различной концентрации кислот в двухбарабанной центробежной мельнице «Пульверизетте 5» (скорость вращения опорного диска – 380 об./мин.).

Проведена механоактивация минералов при различных временных режимах (10, 20, 30 мин.) в растворе азотной кислоты концентрацией 0,5% - 1,0% и различном соотношении мелющих тел и обрабатываемого минерала – 4:1 и 6:1 и соотношении жидкость : твердое - 2:1. Механоактивация минералов проводилась с применением мелющих тел одного размера (25мм) и с набором шаров различной величины (от 2,0 до 25мм) при одинаковом соотношении Ш:Т. Полученную пульпу после механоактивации осветляли методом отстаивания. Декантированный раствор после механоактивации арсенопирита анализировался на содержание в растворе мышьяка и сульфат-иона. Концентрация мышьяка в зависимости от режима обработки составляет 0,2 – 0,09г/л, что ниже предельно допустимой нормы.

Проведена механоактивация минерального сырья в растворах соляной кислоты с концентрацией 0,5% и 1,0% при тех же условиях (времени, соотношении мелющих тел и минерала и жидкости. По результатам РСА степень перехода серы в раствор при активации в соляной кислоте при тех же режимах, что и в азотной кислоте ниже.

Установлено, что применение шаров различной величины при активации одних и тех же временных режимах, способствует более глубокой деструкции сульфидов при одинаковом времени обработки. Исследовалось влияние степени энергонапряженности мельницы на величину превращения сульфидов. Арсенопирит-1 параллельно обрабатывался на трехбарабанной планетарно-центробежной мельнице (скорость вращения платформы 700 об./мин., на размольных цилиндрах 1200 об./мин.).

При обработке арсенопирита-1 при тех же временных режимах нагружении и соотношении жидкость и твердое – одинаковый результат на ПМЦ активации достигается

## VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «Горение и плазмохимия»

уже после 10 минут обработки, а на «Пульверизетте 5» после 30 минут. Промытые и просушенные кеки анализировались на фазовый состав методом РФА. По данным анализа, в зависимости от режима обработки, образовались новые фазы в виде пирротина, триоксида железа, оксида кальция и арсената железа.

После 20 минут обработки феррозолотой руды, кек состоит только из  $\text{FeO}(\text{OH})$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  и  $\text{SiO}_2$ . Остальные соединения перешли в растворимое состояние и вымылись из кека (рисунок 1).

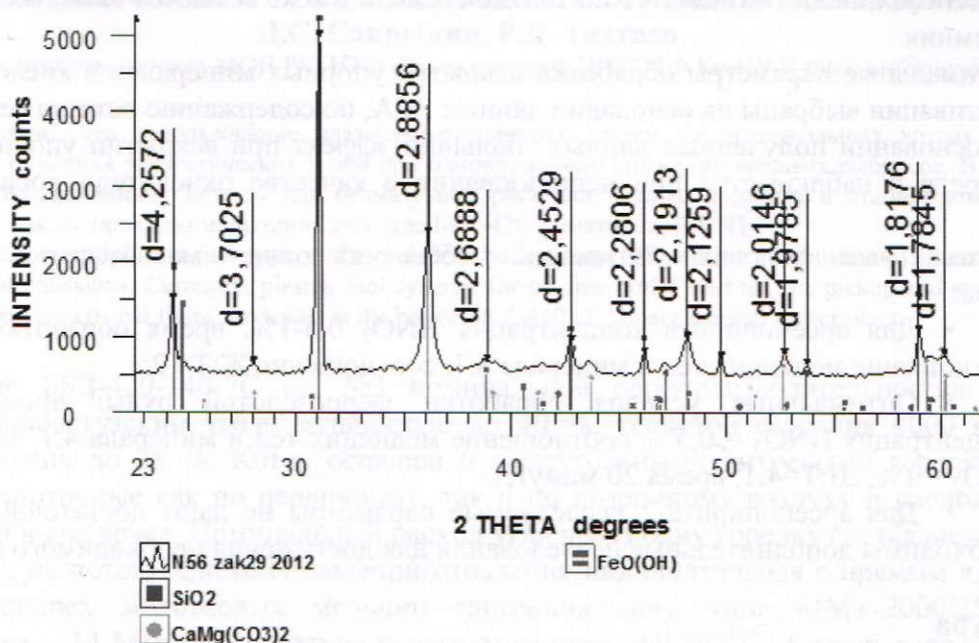
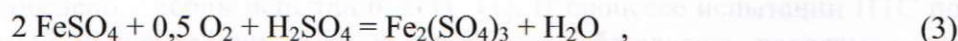
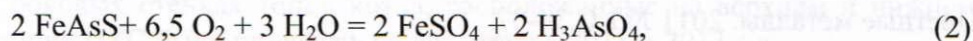
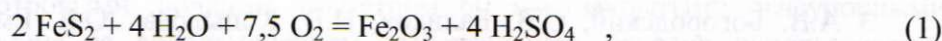
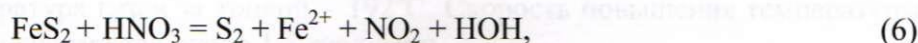
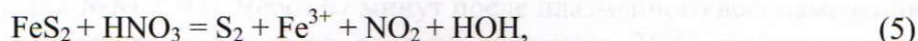


Рис. 1- Фазовый состав золотосодержащего сырья после активации в кислой среде

На основании данных РФА можно сделать предположение о механизме окисления сульфидов в кислой среде при механической активации:



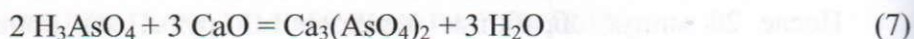
В условиях высокой кислотности (обработка азотной кислотой) - продуктами деструкции пирита будут элементарная сера и ионы железа ( $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ) в растворе:



с последующим окислением серы до сульфат ионов.

## VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «Горение и плазмохимия»

Наличие в минералах значительного количества оксида кальция может привести к реакции взаимодействия оксида кальция и мышьяковистой кислоты, а также к образованию труднорастворимого арсената кальция:



Разложение компонентов ферритной руды под воздействием кислоты происходит до получения водорастворимых солей, вымывающихся из кека. Незначительное содержание серы в этом соединении окисляется по той же схеме, и в кеке остаются оксид железа, гетит и оксид кремния.

Оптимальные параметры обработки вскрытия упорных минералов в кислой среде при механоактивации выбраны на основании данных РСА, по содержанию остатка серы в кеках.

На основании полученных данных большой эффект при вскрытии упорного сырья в кислой среде в наблюдается при использовании в качестве окислителя добавки азотной кислоты.

Оптимальные условия активации, обеспечивающие максимальное окисление сульфидов:

- Для арсенопирита концентрация  $\text{HNO}_3$  0,5-1%, время обработки 30 минут, соотношение мелющих тел и минерала 6:1, соотношение Ж:Т= 2:1;
- Оптимальные условия обработки феррозолотой руды: время 30 мин, концентрация  $\text{HNO}_3$  = 0,5%, соотношение мелющих тел и минерала 4:1, концентрация  $\text{HNO}_3$  = 1%, Ш:Т=4:1, время 20 минут;
- Для арсенопирита-2 исследуемые параметры не дают достаточного эффекта, необходимы дополнительные исследования для достижения необходимого эффекта.

### Литература

1 Бочаров В.А., Голиков А.А., Митрофанов С.И. Кинетика окисления сульфидных минералов. В кн: физико-химические основы комплексной переработки руд средней Азии. – Душанбе «Додиш», 1970. – С. 235-239.

2 Бочаров В.А., Голиков А.А. Об окислении сульфидных минералов при измельчении // Цветные металлы-1967 №7- С.26-31

3 А.В. Богородский, С.В. Баликов, Н.В. Копылова, Ю.Е. Емельянов Укрупненно - лабораторные испытания автоклавного окисления золотосодержащих концентратов // Цветные металлы. 2011 №1 С.34-37