

УДК 622.78

**А.Н. Гуляшинов, В.П. Мязин**

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
РУД И КОНЦЕНТРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВОДЯНОГО ПАРА**

*Предложены новые комбинированные технологические схемы переработки некондиционных пиритных концентратов, окисленных свинцово-цинковых руд и золотосодержащих арсенопиритных руд и концентратов на основе их обжига в атмосфере перегретого водяного пара.*

*Ключевые слова: полиметаллические руды, обжиг, водяной пар.*

---

**В** числе проблем горнорудной отрасли промышленности Республики Бурятия и Забайкальского края следует отметить: сырьевую – руды большинства месторождений относятся к категории труднообогатимых; технологическую – традиционные методы обогащения оказываются малоэффективными; экономическую – традиционные методы обогащения не обеспечивают высокого извлечения ценных компонентов в кондиционные концентраты и экологическую – месторождения находятся в бассейне оз. Байкал, где при переработке сырья по традиционным технологиям выделяется большое количество сточных вод и различные отходы, загрязняющие водный и воздушный бассейны. Помимо переработки руд новых месторождений, существует проблема переработки техногенного сырья – отходов ранее работавших горнодобывающих предприятий.

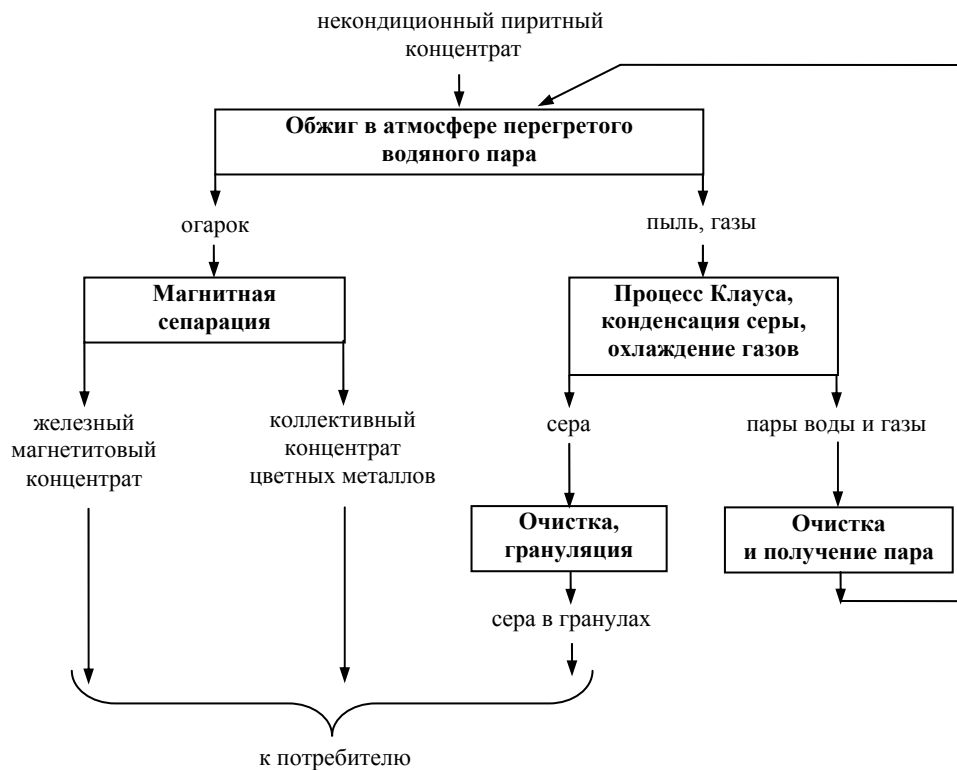
Совершенствование традиционных способов переработки труднообогатимых руд, в большинстве случаев, осуществляется путем:

1. разработки и внедрении новых способов вскрытия полезных минералов из руды – дробление и измельчение;
2. разработки и внедрения новых флотореагентов и режимов флотации при флотационном обогащении.

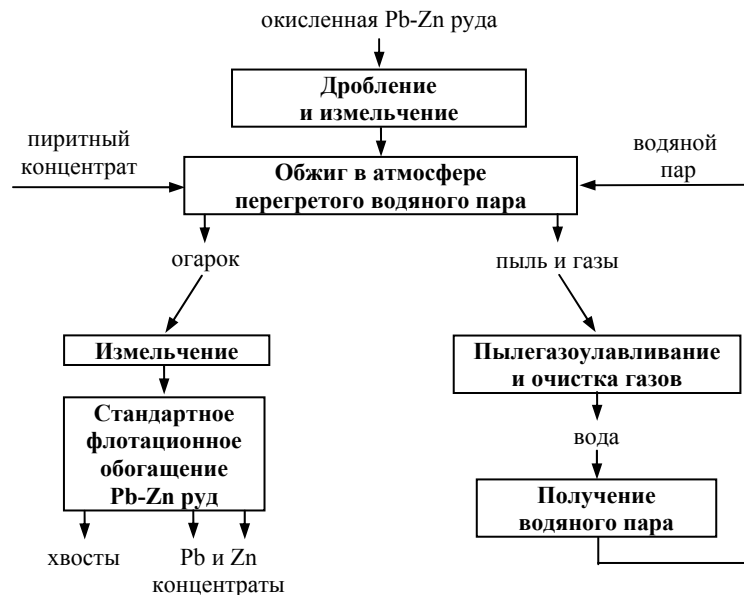
Эти способы не всегда дают желаемый результат.

Одним из направлений в решении данных проблем является создание новых комбинированных схем переработки этого сырья с применением сульфидизирующего обжига в атмосфере водяного пара [1].

В основу сульфидизирующего обжига заложен процесс взаимодействия пирита с парами воды. Данные исследований показали, что первичной стадией взаимодействия является термическая диссоциация пирита, продукты которой взаимодействуют с парами воды. Диссоциация пирита на пирротин сопровождается с выделением элементарной серы. В связи с тем, что процесс взаимодействия сульфида металла с водяным паром протекает при повышенных температурах, механизм пароокисления был выявлен с учетом термической диссоциации сульфидов. Основные рассуждения следующие: разрыв химических связей между атомами серы и металла сопровождается либо газообразной,



**Рис. 1. Технологическая схема утилизации некондиционных пиритных концентратов**

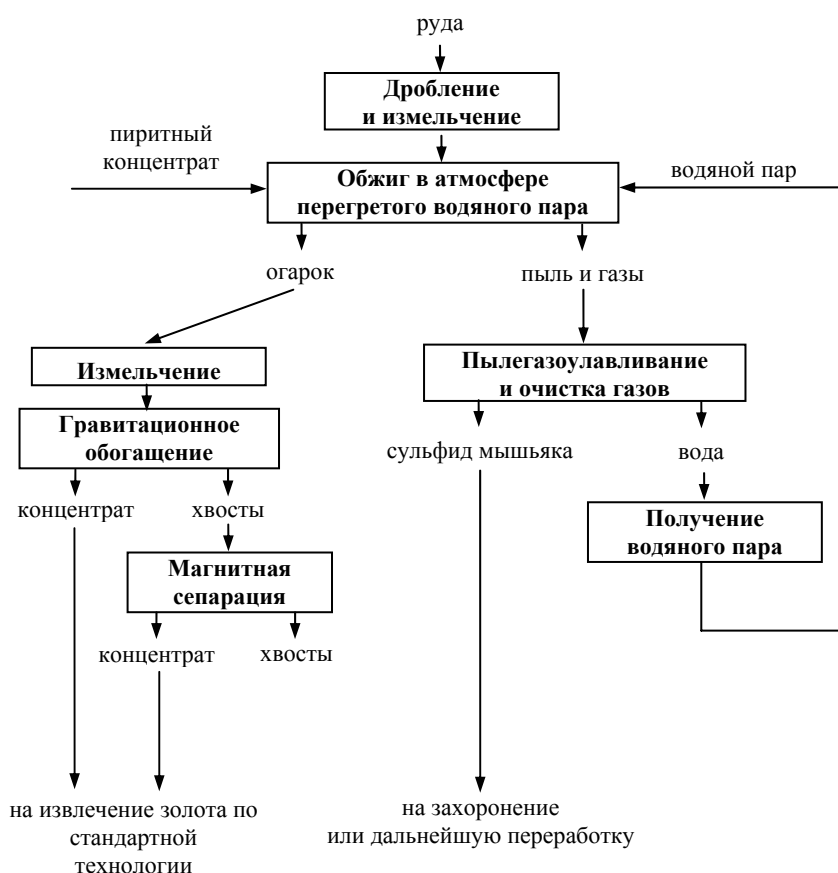
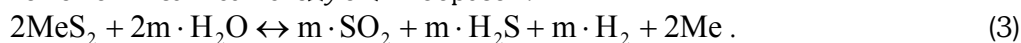


**Рис. 2. Технологическая схема переработки окисленных Pb-Zn руд**

либо конденсатной диссоциацией. Диссоциация сульфидов может происходить по реакциям:

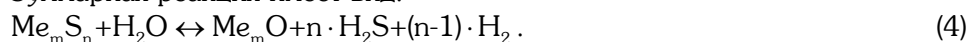


Если диссоциация сульфида металла происходит по реакции (1), то в паровой фазе следует ожидать присутствие  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2$ , так как будет протекать реакция между элементарной серой и водяным паром. Водород же является продуктом окисления металла (например, Fe до FeO) или его оксида (например, FeO до  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) водяным паром. При диссоциации по реакции (1) исходный сульфид металла (например, пирротин) превращается в более бедные по сере соединения (например, троилит), что предопределяет возможность дальнейшей диссоциации по маршруту реакции (2). В результате происходит образование металла, т.е. суммарно-начальный процесс окислирования сульфида металла может быть записан следующим образом:



**Рис. 3. Технологическая схема переработки золотосодержащего арсенипиритного концентрата или руды**

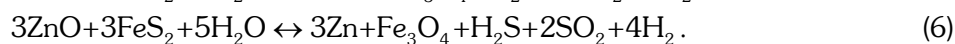
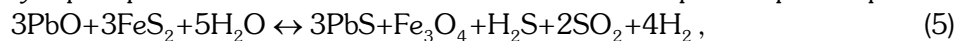
Образовавшийся металл далее взаимодействует с парами воды с образованием оксида, а диоксид серы с водородом с образованием сероводорода. Суммарная реакция имеет вид:



Таким образом, при взаимодействии пирита с водой при температурах 600-700 °С в системе могут присутствовать пары элементарной серы, сернистое железо, сероводород и водород. Повышение температуры до 1100 °С приводит к образованию в системе оксидов железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

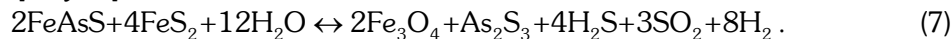
Этот факт дает основание для создания технологической схемы утилизации пиритных концентратов (рис. 1) [2], т.к.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  магнетит и его можно удалить из системы магнитной сепарацией, в немагнитной фракции концентрируются цветные металлы. Состав газовой фазы – элементарная сера, диоксид серы и сероводород, которые с помощью процесса Клауса, можно преобразовать в элементарную серу.

Если в систему  $\text{FeS}_2\text{-H}_2\text{O}$  ввести оксиды свинца и цинка, то произойдет их сульфидирование за счет наличия в системе элементарной серы и сероводорода.



Образование в системе сульфидов позволяет разработать технологию (рис. 2) переработки окисленных свинцово-цинковых руд, заключающийся в их обжиге с пиритом в атмосфере перегретого водяного пара, а из полученного огарка свинец и цинк извлекают традиционными флотационными методами обогащения [3].


Если в систему  $\text{FeS}_2\text{-H}_2\text{O}$  ввести арсенипирит, то произойдет образование трисульфида мышьяка



Образование малотоксичного трисульфида мышьяка дает основание для разработки технологии переработки золотосодержащего арсенипиритного концентрата или руды (рис. 3) [4].

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов И.И., Шиврин Г.И., Ковган В.Г. и др. Парометаллургия - перспективное направление в цветной металлургии. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1987. – 200 с.
2. Гуляшинов А.Н. Физико-химические основы обжига пиритсодержащих руд и концентратов в паровоздушной атмосфере. Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Красноярск, 1989. – 20 с.
3. Патент РФ № 2364639. МПК С22В 13/00. Способ переработки труднообогатимой окисленной свинцовой руды / Антропова И.Г., Гуляшинов А.Н., Ламуев В.А., Палеев П.Л. Опубл. 20.08.2009. Бюлл. № 23.
4. Патент РФ № 2309187. МПК С22В 11/00. Способ переработки золотосодержащих арсенипиритных руд и концентратов / Гуляшинов А.Н., Палеев П.Л., Антропова И.Г., Хантургаева Г.И. Опубл. 27.10.2007. Бюлл. № 30. 

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гуляшинов Анатолий Никитич – кандидат технических наук, доцент, agul@binm.bsnet.ru, Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН,  
Мязин Виктор Петрович – доктор технических наук, профессор, myazinvpchita@mail.ru, Забайкальский государственный университет.