

## **Отзыв**

**на автореферат диссертации Сидорова Ивана Александровича на тему «Разработка технологии извлечения золота из упорных сульфидных концентратов на основе технологии сверхтонкого помола», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук: по специальности 05.16.02- Металлургия черных, цветных и редких металлов**

В автореферате диссертации И.А. Сидорова рассматриваются возможности создания альтернативной технологии вскрытия золота из руд различной упорности. В настоящее время эта важная и технологически сложная проблема решается с помощью кондиционирования руд и концентратов. Чаще всего такими носителями невидимого золота являются пирит и арсенопирит. Наиболее распространены 3 способа кондиционирования материала, которые заключаются в полном разрушении кристаллической решетки минерала-носителя золота и освобождении частиц невидимого золота. Разрушение структуры этих минералов достигается методами биологического, автоклавного и термического окисления. Последнее может быть реализовано в промышленности с помощью обжига или пиролиза. Каждый из этих методов имеет свою «нишу» для применения. Однако все указанные методы рассчитаны на переработку большого количества руд или концентратов и характеризуются значительными капитальными и/или эксплуатационными затратами. В то же время имеются относительно не крупные месторождения упорных руд, для выделения золота из которых не всегда целесообразно отправлять концентраты на стороннюю переработку. Для таких случаев в течение 20 последних лет были разработаны 2 схожих по смыслу технологии, основанных на сверхтонком измельчении руд и их последующем цианировании при повышенной температуре. Эти технологии в настоящее время не получили большого распространения, не используются на территории Российской Федерации и называются Albion и Leachox. Обе технологии характеризуются относительно невысокими капитальными затратами. В то же время сведения о результатах их применения очень противоречивы. Для изучения этих процессов с целью возможного внедрения в нашей стране и предпринято диссертационное исследование И.А. Сидорова. Таким образом, тема диссертационного исследования является актуальной и важной.

Задачей работы была оценка перспективы использования технологии сверхтонкого помола для переработки руд и изучение поведения тонкоизмельченного пирита и арсенопирита в составе полисульфидного продукта при кислородно-известковой обработке. На основании полученных экспериментальных результатов И.А. Сидоров должен был провести технико-экономическое сравнение данной технологии с технологиями биологического и автоклавного кондиционирования.

Научная новизна работы заключается в изучении продуктов окисления

мономинеральной фракции пирита при его сверхтонком помоле и кислородно-известковой обработке, определение кинетической области окисления пирита. Любопытным результатом является связь между способом измельчения пирита и величиной его удельной поверхности при достижении одинаковой конечной крупности продукта измельчения.

В диссертационном исследовании использован минералогический анализ, а также химические и физико-химические методы такие, как элементный, рентгенофазовый анализы, моделирование термодинамических процессов в программном комплексе «Селектор», определение удельной поверхности образцов по результатам низкотемпературной адсорбции азота.

Исследование проводилось на упорных концентратах отечественных месторождений Боголюбовское, Березняковское, Кекура, Петропавловское, Маломыр. Из перечисленных рудных материалов наименее упорным является концентрат месторождения Петропавловское, извлечение золота из которого при прямом цианировании достигает 73,9 %. Применение сверхтонкого измельчения до содержания класса  $-20 - 0$  и  $-10 - 0$  для концентратов указанных месторождений позволяет поднять извлечение золота при цианировании на 11-70 %. Установлено, что при крупности помола  $-10 - 0$  и  $-7 - 0$  мкм за 98 ч в случае кислородно-известковой обработки пирит окисляется на 98 - 99 %. Окисление сопровождается образованием гипса, гидратированных оксидов железа (III) и ярозита. Исследованы условия кислородно-известковой обработки. Определены кинетические параметры процесса окисления пирита при разных температурах и рассчитана величина кажущейся энергии активации тонкоизмельченного пирита. Значительная часть работы (материал глав 4 - 6) посвящен разработке технологической схемы переработки концентрата месторождения Кекура. Единственным недостатком исследованного процесса является весьма высокий расход цианида натрия, являющийся следствием неполного окисления сульфидной серы в сульфатный анион.

Без сомнения все задачи, поставленные в начале исследования, успешно решены диссертантом.

При прочтении автореферата возникают следующие вопросы и замечания:

1. В тексте автореферата сравниваются результаты определения удельной поверхности материалов, измельченных с помощью бисерной и обычной лабораторной шаровой мельницы. При этом показано, что при использовании бисерной мельницы при одинаковом помоле частицы имеют большую удельную поверхность. Это интересный и необычный результат. Из автореферата непонятно, но вполне вероятно, что в тексте диссертации приведены сведения о гранулометрическом составе измельченных образцов в обоих случаях. Так, например, оба образца могут состоять на 95 % из частиц размером  $-10 - 0$  мкм, но в одном случае 85% будут состоять из частиц  $-7 - 0$  мкм, а в другом на 85% из частиц  $-5 - 0$  мкм. При этом удельная поверхность второго образца будет больше. Таким образом, к выводу, сделанному И.А. Сидоровым, можно прийти только в том случае, если в оба образца имели

одинаковое распределение частиц по низшим классам крупности. В этом случае можно говорить, что при одинаковом помоле в одном случае получается более пористый образец, чем в другом. Хотелось бы уточнить, так ли автор отзыва понимает результаты, представленные в автореферате.

2. Хотелось бы также, чтобы в автореферате было сказано о применимости/неприменимости данного метода в случае переработки дважды упорных концентратов, содержащих помимо пиритных и арсенопиритных минералов, так называемый «органический» углерод, обладающий адсорбционной активностью по отношению к анионам  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ .

Возникшие вопросы и замечания не меняют общего положительного мнения о представленной работе.

Судя по тексту автореферата, диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Иван Александрович Сидоров заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - Metallургия черных, цветных и редких металлов.

11 декабря 2018 года

Начальник Управления гидрометаллургии  
АО «Полиметалл Инжиниринг»,  
профессор, доктор химических наук

Н.В. Воробьев-Десятовский

почтовый адрес:  
АО «Полиметалл Инжиниринг»  
просп. Народного Ополчения, 2  
Санкт-Петербург, 198216  
телефон: +7 (812) 6221558  
e-mail: Vdesjatovsky@polymetal.spb.ru

Подпись Н.В. Воробьева-Десятовского заверяю:  
Начальник ОК АО «Полиметалл Инжиниринг»

Н.А. Семенова



