

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Директор Государственного учреждения  
**«Научно-исследовательский институт  
металлургии»** Открытого акционерного  
общества **«Таджикская алюминиевая  
компания»**, к.т.н.



\_\_\_\_\_  
Н.А. Наимов

« 10 » ноябрь 2024г.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

ведущей организации на диссертационную работу Рахимзода Хаёта Шифокула на тему: «Разработка эффективной технологии производства сурьмы из сурьмяно-сульфидных концентратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ (технические науки)

### **Актуальность темы диссертации**

Успешное решение четвертой стратегической цели Республики Таджикистан – ускорение индустриализации страны и перехода формы производства в республике из аграрно-индустриальной на индустриально-аграрную форму во многом определяются рациональным и эффективным использованием природных ресурсов, полезных ископаемых страны. В этом аспекте горнодобывающие и горноперерабатывающие отрасли химической промышленности имеют доминирующее значение.

Среди полезных ископаемых в Таджикистане сурьма является одним из стратегических и прибыльных продуктов горнодобывающей промышленности и относится к группе тяжелых цветных металлов. Республика Таджикистан занимает одно из ведущих мест среди мировых производителей сурьмы. Разработка эффективных способов переработки сульфидно-сурьмяных (сурьмянистых) минеральных руд и концентратов, достижение более высокой степени извлечения сурьмы и других сопутствующих ценных металлов имеет особое значение для развития промышленности и реальной экономики страны.

Диссертация Рахимзода Х.Ш. посвящено этой важной проблеме и определяет актуальность работы.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертация изложена на 167 страницах, содержит 25 таблиц, 40 рисунков. Состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов и списка



использованных источников (161 наименований), а также приложения, где представлены три акты внедрения, также двух малых патентов Республики Таджикистан.

*Во введении* приведена общая характеристика работы, обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований.

*В первой главе* приведены сведения о современном состоянии и перспективы производства сурьмы в Таджикистане и за рубежом. Приведены сведения о месторождениях и типах сурьма содержащих руд, о технологических тенденциях по извлечению сурьмы из основного минерала – антимонита, о перспективах применения сурьмы и соединений. Изложены перспективы производства сурьмы в Таджикистане и задачи работы.

*Вторая глава* посвящена классификации сурьмяного сырья и схемам их переработки. Описана технология обогащения руды на ТА ООО «СП «Анзоб». Отмечено, что переработка сульфидно-сурьмяных концентратов осуществляется традиционными методами пиро- и гидрометаллургии. Приведены литературные сведения о хлорирующем дистилляционном обжиге, об особенностях пиро- и гидрометаллургических способах переработки сульфидно-сурьмяных руд, о методе хлоридного выщелачивания с участием хлорида железа (III).

*В третьей главе* приведены теоретические сведения и результаты практического применения методов механической активации минеральных руд и хлорирующего обжига сульфидно-сурьмяных концентратов. Путём оценки энергоемкости механоактиватора установлено, что 90-95% механохимической энергии превращается в тепловую энергию, а остальная часть расходуется на преобразование обрабатываемого материала.

Рассмотрены разные способы разложения сульфидных минералов редких и тяжелых металлов, которых можно интенсифицировать путём кратковременной механоактивации. Установлено, что после флотации поверхность частиц сульфидного сурьмяного концентрата покрываются флотореагентами. В частности, частицы сульфидно-сурьмяной руды (антимонит) покрываются ксантогеннатом, маслом Т-80, трибутил фосфатом, гидратами, серой. В результате затрудняется вскрываемость концентрата и снижается эффективность процесса в целом. Повышение реакционной способности концентрата предварительной механической активацией обусловлено разрушением поверхностного слоя, образованием трещин и активных центров.

*В четвёртой главе* приведены результаты сернокислотного выщелачивания огарков, содержащих сурьму, процесса электролиза раствора



сульфата сурьмы (III). На основе проведенных опытов разработана принципиальная технологическая схема гидрометаллургического способа переработки обожжённых концентратов сурьмы.

**Научная новизна работы** заключается в том, что определены оптимальные условия метода механической активации сульфидно-сурьмяных концентратов СП «Анзоб» Джиджикрудского месторождения, способствующие повышению вскрываемости концентратов и повышению извлечению сурьмы почти в два раза.

Разработан и осуществлён процесс хлорирующего обжига механоактивированных сульфидно-сурьмяных концентратов хлоридами натрия и кальция. Определена термодинамическая вероятность и оптимальные условия проведения процесса при пониженных температурах 450-500 °С по сравнению с производственным прототипом (1100-1200 °С).

Определены оптимальные физико-химические параметры реакции сернокислотного выщелачивания продуктов хлорирующего обжига сурьмяного концентрата, при которых достигается максимальный переход сурьмы в раствор.

Разработаны принципиальные технологические схемы процессов хлорирующего обжига сурьмяного концентрата и сернокислотного выщелачивания продуктов.

Определён оптимальный режим получения кондиционного металла сурьмы из раствора сульфата сурьмы (III).

**Практическая значимость.** Предложен и осуществлён комбинированный способ получения кондиционной марки сурьмы (Су<sub>2</sub>) из механически активированного сульфидно-сурьмяного концентрата путём хлорирующего обжига, сернокислотного выщелачивания продуктов обжига и электролиза раствора сульфата сурьмы (III). Процесс хлорирующего обжига на основе местного сырья проводится при температурах 450-500°С, что значительно ниже по сравнению с производственным циклом, улучшается вскрываемость концентрата и перевод соединений сурьмы в технологически перерабатываемые сульфидно-сурьмяные концентраты.

Разработанные технологические схемы переработки сурьмяных концентратов могут быть использованы на металлургических предприятиях.

**Обоснованность и достоверность основных результатов и рекомендаций, сформулированных в работе**

Полученные результаты достаточно обоснованы и достоверны. Достоверность результатов подтверждается использованием прецизионных современных экспериментальных методов, оборудования и



стандартизованных отраслевых методик; достаточным объемом проведенных экспериментальных исследований.

Изложенные в диссертационной работе результаты опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК-ом Республики Таджикистан и в рецензируемых (США, Российской Федерации, Узбекистан), а также обсуждены научной общественностью на международных и республиканских научно-практических конференциях.

### **Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представляется к защите**

Диссертация Рахимзода Хаёт Шифокул соответствует *паспорту специальности* 05.17.01 – Технология неорганических веществ (Технические науки) по следующим параметрам:

*п.1.* Технология получения сульфидно-сурьмяных концентратов ТА ООО СП «Анзоб» Джиджикрудского месторождения, способствующие повышению вскрываемости концентратов и извлечению сурьмы;

*п.2.* Проведен термодинамический анализ основных химических процессов, протекающих при хлорирующем обжиге сульфидно-сурьмяных концентратов. Определена термодинамическая вероятность протекания процессов хлорирующего обжига хлоридами натрия и кальция.;

*п.3.* Рассмотрен механизм активации сульфидно-сурьмяных концентратов хлоридами натрия и кальция, позволяющий достигнуть более высокой степени переработки сырья при низких температурах обжига ( $T=450^{\circ}\text{C}$ ) по сравнению с традиционным методом окисления концентратов ( $T=900-1100^{\circ}\text{C}$ );

*п.4.* Предложены технологические схемы процесса хлорирующего обжига сульфидных сурьмяных концентратов хлоридами натрия и кальция, и процесса серноокислотного выщелачивания продуктов хлорирующего обжига;

*п.5.* Определено, что оптимальными условиями проведения процесса электролиза 83,2% (масс.) раствора сульфата сурьмы ( $\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$ ) являются: плотность катодного тока -  $I_{\text{кв}} = 259 \text{ A}/\text{м}^2$ ; выход сурьмы по массе -  $\alpha = 83,7\%$ ; выход сурьмы по степени чистоты -  $\beta = 98,2\%$ ; температура раствора в пределах от  $50$  до  $75^{\circ}\text{C}$  продолжительность процесса ( $t=120$  мин). Чистота сурьмы после наших переработок составляет 98,53%.

### **Оценка внутреннего единства полученных результатов и соответствия автореферата с диссертацией**

Диссертационная работа отражает внутреннее единство научных результатов, полученных автором на основе теоретических и экспериментальных исследований. В диссертационной работе Рахимзода Х.Ш. решена научная проблема в области разработки неорганических композитов



специального назначения. Результаты, полученные диссертантом, являются новыми, выводы сформулированы аргументировано. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертационной работы.

На основании анализа содержания диссертационной работы, представленных публикаций, используемых методов исследования, интерпретации полученных результатов можно сделать вывод, что уровень научной квалификации её автора – Рахимзода Хаёт Шифокул соответствует искомой учёной степени кандидата технических наук.

По диссертации имеются следующие **замечания:**

1. В работе отмечается, что для анализа были отобраны и подготовлены пробы концентрата в соответствии с общепринятыми требованиями. Следовало привести краткое описание этих требований.
2. Чем обоснован выбор хлоридов натрия и кальция в качестве хлорирующих агентов? Почему не рассматривается ведение процесса хлорирующего обжига концентрата с использованием газообразного хлора? Отсутствует сравнительная оценка такого подхода.
3. В тексте диссертации встречаются стилистические и грамматические ошибки.

Отмеченные замечания и пожелания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

**Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования.**

Использование разработанных методов и рекомендации при составлении и реализации стратегических планов развития отрасли металлургии Республики Таджикистан. Разработанные методы механической активации минеральных руд, хлорной переработки сурьмяных концентратов, серноокислотное их выщелачивание и электролиз могут быть использованы для комплексной переработки других поликомпонентных руд Таджикистана.

Полученные результаты работы могут быть использованы в технических вузах, в обучающем процессе технологических факультетов при подготовке специалистов по металлургическим, химическим, химико-технологическим и энергетическим профилям.

### **Заключение**

Диссертационная работа Рахимзода Хаёта Шифокула на тему «Разработка эффективной технологии производства сурьмы из сурьмяно-сульфидных концентратов», представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно на достаточно высоком

уровне, в котором изложены новые научно-обоснованные решения в области разработки неорганических сурьмяных концентратов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие реальной экономики страны. Полученные автором результаты, несомненно, достоверны и имеют не только практическое, но и теоретическое значение.

По объёму, научной достоверности, и по обоснованности основных выводов она полностью соответствует требованиям ВАК РТ, а её автор - Рахимзода Хаёт Шифокул заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ (технические науки).

Заключение принято на заседании научно-технического совета Государственного учреждения «Научно-исследовательский институт металлургии» Открытого акционерного общества «Таджикская Алюминиевая Компания» Присутствовало на заседании 11 чел.

Результаты голосования:

«за» – 11, «против» – нет, «воздержалось» – нет,  
Протокол № 12 от «19» ноября 2024 г.

**Председатель,**

**Заместитель директора по научной работе  
ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО», д.т.н.**

**Муродиён А.Ш.**

**Секретарь заседания,  
И.о. ученый секретарь ГУ «НИИМ»  
ОАО «ТАЛКО», к.т.н.**

**Аминджони Г.**

Подписи д.т.н. Муродиёна А.Ш. и  
к.т.н. Аминджони Г. заверяю:  
Заведующий сектором научно-технического  
сотрудничества и учета кадров  
ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО»



**Шарипов З.Х.**