



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

To the dissertation council 6D.KOA-042 at the
Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of the NANT
and the Agency for CBRY Security of the NANT

L'Aquila, 12 November 2024

Review

of the abstract of the dissertation work of Rahimzoda Khaet Shifokulovich on the topic: "Development of an effective technology for the production of antimony from antimony-sulfide concentrates", submitted for defense for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.17.00 - Chemical technology (05.17.01 - Technology of inorganic substances).

Given the abundance of reserves of metallic antimony in the territory of the Republic of Tajikistan, their extraction, processing, and practical use are of great importance for developing the economy of the Republic. More than 100 antimony minerals are found in nature. However, from the point of view of industrial production, antimonite ore is of primary interest, as it is processed into metallic antimony and antimony oxide (Sb_2O_3). About 20% of the world's antimony production comes from secondary raw materials, mainly from spent lead-acid car batteries and, to a lesser extent, from the enrichment of antimony-containing waste from producing copper, lead, and gold. According to the US Geological Survey for 2022, Tajikistan ranks third in the world in antimony production. Of the total volume of 110 thousand tons, Tajikistan accounts for 13 thousand tons. World antimony reserves vary between 1.87 and 5.33 million tons; at the moment, Tajikistan occupies a leading position in the world and the Asian region.

The development of an effective technology for processing antimony concentrates of minerals, meeting the needs of the Republic for non-ferrous metals and their import substitution, is of increased interest, especially when the necessary reagent for antimony processing is sodium chloride, there is a large reserve in Tajikistan. This work studied the effects of sodium chloride and calcium chloride on antimony concentrate sulfide compounds for the first time. Optimum points of physicochemical parameters influencing the chlorination roasting process were established. Physicochemical patterns were revealed.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

The advantage of the technology proposed by the author in mining technology is has many advantages.

The task of roasting is to isolate antimony from the roasted raw material in the form of volatile trioxide, which is captured from furnace gases, with subsequent metal production during the reducing smelting of sublimates. The resulting cinders are a waste product; therefore, during roasting, it is necessary to ensure the most complete possible extraction of antimony from the raw material into sublimates.

As a disadvantage of traditional technology, it is possible to indicate:

- high temperature of the prototype process over 900 0C; sometimes the process temperature is raised to 1100-1200° C depending on the size of the feedstock; at such temperatures, conditions are created for sintering the batch, which significantly complicates the process, since crusts are formed in tubular furnaces, and sinters in fluidized bed furnaces;
- Antimony is released from the fired raw material in the form of volatile trioxide, which is captured from the furnace gases based on the subsequent production of metal during the reduction smelting of sublimates. It is impossible to extract antimony oxides from cinders; cinders are a waste product; therefore, during firing, it is necessary to ensure the complete possible extraction of antimony from the raw material into sublimates. The sublimates are then melted in a reduction smelting with the addition of carbon at high temperatures and the release of carbon dioxide.
- the process is multi-stage, energy-intensive, and labor-intensive.

The dissertation aims to develop a more rational and optimal method for extracting antimony. The essence of the work is that the following acceptable results are achieved during low-temperature chlorination in the presence of sodium chloride:

- achieving a low temperature of the roasting process up to 450-500 C0;
- antimony gets rid of the sulfur compound completely, leaves the sulfide form Sb_2S_3 , and passes into the chloride (water-soluble) and oxide form;
- high extraction of the main product in the form of the desired compound is achieved, which is quickly processed during the further production process of electrolysis;
- minimization of environmental damage;



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

The reliability of scientific research data and conclusions is beyond doubt; the receipt and processing of data are based on analytical chemistry methods and are confirmed by the convergence of the results of theoretical and experimental studies.

Conclusion

The dissertation work of Rahimzoda Kh.Sh. on the topic: "Development of an effective technology for the production of antimony from antimony-sulfide concentrates" is a completed research work.

The presence of rich natural resources and multi-element mineral deposits, a relatively inexpensive and accessible source of electricity, are a reliable basis for developing our country's metallurgical industry.

In the context of the Republic of Tajikistan, research in the field of antimony metallurgy is of particular importance for successfully implementing our country's strategic goal of industrialization - the transition from an agrarian state to an industrial-agrarian one.

The author of the dissertation, Rahimzoda Khaet Shifokulovich, deserves to be awarded the sought-after degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.17.00 – Chemical technology (05.17.01 – Technology of inorganic substances).

Dr. Eng. Svetlana B. Zueva
Research scientists

Department of Industrial Engineering,
Information and Economy, University of L'Aquila.
Piazzale Ernesto Pontieri 1, Monteluco di Roio, 67100 L'Aquila
Tel.: +39 346 210 4194
e.mail.: svetlana.zueva@univaq.it





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

Перевод на русский язык

**В диссертационный совет 6D.КОА-042 при
Института химии им. В.И.Никитина НАНТ и
Агентства по ХБРЯ безопасности НАНТ**

Л' Акуила, 12 ноября, 2024 года

Отзыв

на автореферат диссертационной работы Рахимзода Хаёт Шифокуловича на тему: **«Разработка эффективной технологии производства сурьмы из сурмяно-сульфидных концентратов»**, представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

Учитывая обилие запасов металлической сурьмы на территории Республики Таджикистан, их добыча, переработка и эффективное использование имеет большое значение для развития экономики республики. В природе встречается более 100 минералов сурьмы. Однако с точки зрения промышленной добычи основной интерес представляет антимонитовая руда, которая перерабатывается в металлическую сурьму и оксид сурьмы (Sb_2O_3). В настоящее время около 20% мирового производства сурьмы поступает из вторичного сырья, в основном из отработанных свинцово-кислотных автомобильных аккумуляторов и, в меньшей степени, из обогащения отходов, содержащих сурьму, от производства меди, свинца и золота. По данным Геологической службы США за 2022 год, Таджикистан занимает третье место в мире по добыче сурьмы. Из общего объема в 110 тыс. тонн на долю Таджикистана приходится 13 тыс. тонн. Мировые запасы сурьмы разнятся в пределах от 1,87 до 5,33 млн. тонн на данный момент Таджикистан занимает лидирующие позиции в мире и Азиатском регионе.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

Разработка эффективной технологии переработки сурьмяных концентратов полезных ископаемых, обеспечения потребностей республики в цветных металлах их импортозамещения имеет повышенный интерес, особенно когда при переработке сурьмы необходимый реагент натрий хлор, имеется большой запас в Таджикистане.

В работе в первые изучены влияния натрий хлор и кальций хлор с сульфидными соединениями сурьмы концентрата. Установлены оптимальные точки физико-химических параметров, влияющих на процесс хлорирующего обжига. Выявлены физико-химические закономерности.

Преимущество предложенной автором технологии в технологии добычи очень хорошее, для примера приведу некоторые преимущества.

Задача обжига - выделение сурьмы из обжигаемого сырья в виде летучей трехоксида с улавливанием ее из печных газов, при последующем получением металла при восстановительной плавке возгонов. Получаемые огарки являются отвальным продуктом, поэтому при обжиге необходимо обеспечить возможно более полное извлечение сурьмы из сырья в возгоны.

В качестве недостатка традиционной технология можно указать:

- высокая температура процесса прототипа более $900\text{ }^{\circ}\text{C}$; иногда температуру процесса в зависимости от крупности исходного сырья поднимают до $1100\text{-}1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ при таких температурах создаются условия для спекания шихты, что значительно осложняет проведение процесса, так как в трубчатых печах образуются настывы, а в печах кипящего слоя спеки;

- сурьма выделяется из обжигаемого сырья в виде летучего трехоксида с улавливанием ее из печных газов из расчета последующего получения металла при восстановительной плавке возгонов. Из огарков невозможно извлечь оксиды сурьмы, огарок является отвальным продуктом, поэтому при обжиге необходимо обеспечить возможно более полное извлечение сурьмы из сырья в



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

возгоны. Возгоны затем плавят в восстановительной плавке с добавлением углерода при высоких температурах и выделением углекислого газа.

- процесс является многостадийным, энергоемким, трудозатратным.

Целью диссертационная работа является разработка более рационального и оптимального способа извлечение сурьмы.

Сущность работа заключается в том, что при низкотемпературном хлорировании в присутствии натрий хлор достигаются следующие приемлемые результаты:

- достижение низкой температуры процесса обжига до 450-500 С⁰;

- сурьма избавляется от сульфурного соединения полностью выходит из сульфидной формы Sb_2S_3 переходит в хлоридную (водорастворимую) и оксидную форму;

- достигается высокое извлечение основного продукта в виде нужного соединения, которые легко перерабатывается при дальнейшим производством процессе электролизе;

- минимизации экологического ущерба;

Достоверность научных данных исследований и выводов не вызывает сомнений, получения и обработка данных основываются на методах аналитической химии и подтверждаются сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Заключение

Диссертационная работа Рахимзода Х.Ш. на тему: **«Разработка эффективной технологии производства сурьмы из сурьяно-сульфидных концентратов»** является законченной научно-исследовательской работой.

Наличие богатых природных ресурсов и многоэлементных месторождений полезных ископаемых, относительно недорогой и доступного источника



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DELL'AQUILA



DIIE
Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione
e di Economia

электроэнергии являются надежной основой для развития металлургической промышленности нашего государства.

В условиях Республики Таджикистан исследования в области сурьмяной металлургии имеют особое значение для успешного осуществления стратегической цели индустриализации нашей страны — перехода от аграрного государства к индустриально-аграрному.

Автор диссертационной работы Рахимзода Хаёт Шифокуловича — заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.00 – Химическая технология (05.17.01 – Технология неорганических веществ).

К.т.н., доцент

Зуева Светлана

Факультет промышленной инженерии,
информации и экономики Университета Л'Аквила.
Площадь Эрнесто Понтъери 1, Монтелуко-ди-Ройо,
67100 Л'Аквила

Тел.: +39 346 210 4194

e.mail: svetlana.zueva@univaq.it