

## АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)  
специальности 6D070900 – «Металлургия»

**САПИНОВА РУСЛАНА ВИКТОРОВИЧА**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОЛОВА ИЗ ТЕХНОГЕННОГО, МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ**

**Актуальность темы.** Актуальность данной работы связана с тем, что в Казахстане, несмотря на присутствие минерального, техногенного оловосодержащего сырья и электронных отходов, на сегодняшний день производство и переработка олова практически не ведется. В Казахстане существует возможность производить оловянные припои для отечественной электронной промышленности за счет переработки электронного лома. Однако ни одна фирма занимающаяся утилизацией орг. техники и прочего электронного лома не производит продукции из олова. Результаты данной работы позволят комплексно перерабатывать электронный лом, извлекая помимо меди и благородных металлов и оловянные припои которые можно будет использовать, либо перерабатывать дальше, получая рафинированное олово. Эти работы уже ведутся на опытном производстве. Проведенные работы по переработке оловосодержащего минерального сырья позволят сделать переработку минерального отечественного сырья более привлекательной с экономической и экологической точки зрения, за счет более полного извлечения олова. Все это делает работу актуальной.

**Научная новизна темы** состоит в том, что выявлена корреляция между температурой и продолжительностью гидromеталлургических процессов и извлечением олова при комбинированном воздействии ультразвука и вибрации.

Установлено, что:

– при гидromеталлургической переработке электронного лома водным раствором HCl концентрацией 2M периодическое ультразвуковое воздействие (в течении 5 минут через каждые 60 минут) интенсивностью 35 кГц повышает степень извлечения олова с 84 % до 91,6% (при 85 °C в течение 300 мин), что предположительно обусловлено снижением кажущейся энергии активации  $E_{\text{каж}}$  с 27,35 до 25,8 кДж/моль;

– при непрерывном ультразвуковом воздействии интенсивностью 35 кГц продолжительность процесса цементационного осаждения олова сокращается с 300 минут до 60 минут с обеспечением осаждения олова 99,9%;

– при непрерывном вибрационном воздействии интенсивностью 10 Гц, продолжительность процесса цементационного осаждения олова сокращается с 300 минут до 120 минут с обеспечением осаждения олова

99,9%.

– при гидрометаллургической переработке минерального сырья раствором  $H_2SO_4$  концентрацией 140 г/л, периодическое ультразвуковое воздействие (в течении 5 минут через каждые 30 минут) интенсивностью 35 кГц (при  $t = 85^\circ C$  в течение 60 мин) повышает степень извлечения олова с 88,8 % до 95,15%.

В ходе работы получены следующие новые научно-технические результаты:

– показана возможность гравитационного обогащения хвостов Белогорского ГОКа содержащих 0,005 % олова, с извлечением олова в концентрат до 18,6%.

– показана перспективность извлечения кислоторастворимых форм олова из хвостов обогащения руд месторождения Сырымбет путем ультразвуковой интенсификации сернокислого выщелачивания. Общее извлечение олова после гравитационного обогащения и доизвлечения олова из хвостов обогащения составляет 43,5%.

– установлена возможность селективного выщелачивания олова из печатных плат смартфонов за счет ультразвуковой активации.

Новизна результатов исследовательской работы также подтверждается патентом на полезную модель РК № 6023 от 30.04.2021г. «Способ переработки электронных отходов». Способ переработки отходов электронной и электротехнической промышленности, включающий извлечение олова из продуктивного раствора в металлическом виде с помощью цементации на алюминиевой пластине, отличающийся тем, что отделение электронных деталей от электронных печатных плат происходит за счет растворения припоя в водном растворе соляной кислоты концентрацией 2 моль/л, при температуре  $75^\circ C$ , и соотношении по массе твердой и жидкой фаз Т/Ж = 1/10, в ультразвуковом поле с рабочей частотой равной 35 кГц в течение 6 часов.

**Целью диссертационной работы** является исследование процессов извлечения олова из различного оловосодержащего сырья с разработкой технологической схемы его переработки

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Оптимальные параметры гравитационного обогащения хвостов Белогорского ГОКа для обеспечения извлечения 18,6% олова при использовании концентрационного стола с частотой колебаний =  $310 \text{ мин}^{-1}$ , длиной хода - 12 мм, Т/Ж = 2/8 и центробежного концентратора ИТОМАК-2К с давлением воды - 0,1 атм и скоростью вращения 240 об/мин.

2. Положительное воздействие ультразвука интенсивностью 35 кГц и вибрации 10 Гц на процесс гидрометаллургического извлечения олова до 91,6 % из минерального, техногенного сырья и электронных отходов.

3. Комплексная схема переработки минерального и техногенного оловосодержащего сырья, с интегрированной гидрометаллургической переработкой электронных отходов.

**Практическая значимость работы** – создана технология переработки электронных отходов гидromеталлургическим методом, прошедшая опытно-промышленное опробование.

**Апробация работы:** основные научные результаты диссертационной работы представлены в четырех публикациях, изданных в Республике Казахстан и зарубежье, в том числе в изданиях, рекомендованных КОКСОН МОН РК, опубликованы три статьи:

1. Перспективы получения олова из техногенного сырья в Казахстане // Вестник ВКГТУ. – 2019. – №3. – С. 155–160.

2. Извлечение олова из электронных отходов с помощью гидromеталлургических методов // Вестник ВКТУ. – 2020. – № 4. – С. 173–178.

3. State and prospects of processing tin-containing raw materials in Kazakhstan // Комплексное использование минерального сырья. – 2021. – №2. – С. 37–45

– статья в журнале, входящем в базу данных Scopus(Q3 (3 квартиль), процентиль 37):

1. Improving Hydrometallurgical Methods for Processing Tin-containing Electronic Waste // Chemical Engineering Transactions, 81. – 2020. – С. 1021–1026.

2. Получен один патент на полезную модель РК «Метод утилизации электронных отходов».

Основные результаты доложены на трех международных конференциях:

1. Современные способы электролитического рафинирования чернового олова полученного из техногенного и природного сырья // Материалы научно-практической конференции посвященной 120-летию К.И. Сатпаева. – С. 228–231.

2. 23rd Conference on Process Integration, Modelling, and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction (PRES'20). PRES20.0511. Improving hydrometallurgical methods for processing tin-containing electronic waste. 17th to 21st August 2020 at Xi'an, China.

3. 4th Sustainable Process Integration Laboratory Scientific Conference: Energy, Water, Emission & Waste in Industry and Cities. SPIL20.0161 Influence of ultrasound on the hydrometallurgical extraction of tin and lead from electronic waste. 18th to 20th November 2020 at Brno, Czech Republic (Online).

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения и 4 приложений. Работа изложена на 105 страницах машинописного текста, содержит 28 таблиц, 50 рисунков. Список использованных источников включает 112 наименований.