ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

ПЯГАЙ Игорь Николаевич

ИЗВЛЕЧЕНИЕ СКАНДИЯ И ДРУГИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КРАСНОГО ШЛАМА ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОГЛОЩЕНИЕМ ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВ ПЕЧЕЙ СПЕКАНИЯ

Специальность 05.16.02 - Металлургия черных, цветных и редких металлов

Научный консультант: Член-корреспондент Российской Академии наук,

доктор химич. наук, профессор Кожевников В.Л.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Екатеринбург - 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 7

Глава 1 Отвальный красный шлам - перспективное сырье для извлечения ценных компонентов 21

1.1 Физико-химические основы образования шлама глиноземного

производства 23

1.2 Разновидности отвального шлама глиноземного производства 32

1.3 Основные направления переработки и утилизации отвального красного

шлама 34

1.4 Актуальность извлечения скандия из красного шлама 38

1.5 Распространенность и способы промышленного производства

скандия 44

1.5.1 Традиционные сырьевые источники скандия 44

1.5.2 Известные промышленные технологии производства скандия 46

1.6 Перспективный сырьевой источник скандия 48

1.7 Способы переработки и извлечения скандия из бокситового шлама ....51

1.7.1 Пирометаллургический способ переработки шлама 51

1.7.2 Гидрохимический способ извлечения скандия из отвального

красного шлама 53

1.7.3 Сорбционный способ извлечения скандия из красного шлама 56

1.7.4 Содовый метод переработки бокситового шлама с извлечением

скандия 59

1.8 Методы получения товарного оксида скандия 60

1.8.1 Осадительные методы концентрирования скандия 61

1.8.2 Экстракционные методы получения скандия 65

1.8.3 Ионообменные технологии 69

1.9 Выводы по главе 1 74

Глава 2 Объект, методики исследований и анализа 76

2.1 Выбор объекта исследований 76

2.2 Общие сведения и химический состав красного шлама 77

2.3 Фазово - минералогический состав шлама 80

2.4 Гранулометрический состав исследуемого шлама 82

2.5 Аппаратура и методики анализа химического состава отвального

красного шлама и продуктов его переработки 84

2.5.1 Методики анализа химического состава отвального красного

шлама 85

2.5.2 Методы физико-химического анализа компонентов красного шлама,

промежуточных материалов и товарного продукта 86

2.6 Выводы по главе 2 88

Глава 3 Экспериментальные исследования характеристик отвального красного шлама и интенсификации извлечения из него глинозема и каустической щелочи 90

3.1 Исследование фильтрационых характеристик отвального красного

шлама Богословского алюминиевого завода 90

3.2 Изучение особенности фракционного разделения красного шлама

Богословского алюминиевого завода 98

3.3 Исследования по извлечению глинозема и каустической щелочи из

красного шлама интенсификацией автоклавной обработки 103

3.3.1 Актуальность и практическая целесобразность 103

3.3.2 Методика проведения исследований 105

3.3.3 Результаты исследований по взаимодействию фазовых

составляющих красного шлама 109

3.4 Выводы по главе 3 115

Глава 4 Теоретическое обоснование и разработка новой технологии извлечения скандия из отвального красного шлама 117

4.1 Обоснование выбора способа переработки красного шлама для

извлечения скандия 117

4.2 Исследование поведения скандия при магнитной сепарации и

кавитационном воздействии на шламовую пульпу 119

4.3 Теоретическое обоснование по использованию дымовых газов печей спекания для разработки новой технологии переработки красного шлама 126

4.4 Поведение скандия и других компонентов в процессе карбонизации

пульпы красного шлама 131

4.5 Разработка карбонизационной технологии переработки красного шлама с извлечением скандия и других сопутствующих элементов в составе

первичного скандиевого концентрата 139

4.6 Преимущества карбонизационной технологии 153

4.7 Выводы по главе 4 154

Глава 5 Организация опытно-промышленного производства и разработка технологического регламента производства скандия и других компонентов из

красного шлама 157

5.1 Краткая характеристика объекта 158

5.2 Исходные характеристики сырья и получаемых продуктов 160

5.3 Основные стадии технологического процесса 163

5.4 Разработка режимной карты технологического процесса 166

5.5 Аппаратурное оснащение опытно-промышленной установки для

производства первичного скандиевого концентрата 170

5.6 Расчет мощности опытно-промышленной установки 177

5.7 Охрана окружающей среды 178

5.8 Выводы по главе 5 180

Глава 6 Переработка первичного скандиевого концентрата из красного шлама с получением товарного оксида скандия и других редких металлов

182

6.1 Характеристика бедного скандиевого концентрата 182

6.2 Взаимодействие скандия и других компонентов шлама с растворами

минеральных кислот 183

6.2.1 Получение сульфатного промежуточного продукта 187

6.2.2 Разложение сульфатного промежуточного продукта 193

6.2.3 Получение оксалатного промежуточного продукта 195

6.2.4 Обезвоживание осадка и прокалка оксалатного промежуточного

продукта 197

6.3 Разработка технологии переработки бедного (первичного) концентрата

для получения товарного оксида скандия 199

6.3.1 Описание аппаратурной схемы кислотной переработки бедного

скандиевого концентрата 200

6.3.1.1 Кислотное выщелачивание скандиевого концентрата 200

6.3.1.2 Проведение процесса высаливания сульфатных солей 201

6.3.1.3 Осаждение оксалата скандия 202

6.3.1.4 Прокалка осадка оксалата скандия 202

6.3.1.5 Регенерация технологических растворов 206

6.3.2 Аппаратурное оснащение технологической схемы блока переработки

скандиевого концентрата 207

6.4 Разработка способа извлечения циркония из продуктивного раствора

после извлечения скандия 210

6.5 Разработка метода извлечения иттрия из растворов кислотной

активации красных шламов 218

6.6 Исследования активации сорбционной способности красных шламов карбонизацией дымовыми газами и обработкой минеральными кислотами 227

6.8 Выводы по главе 6 241

Глава 7 Основные технико-экономические показатели работы опытно-промышленного производства скандия и других редких металлов. Использование продуктов переработки шлама глиноземного производства в других отраслях промышленности с целью их полной утилизации 243

7.1 Аппаратурная схема масштабного блока получения скандиевого

концентрата 243

7.2 Стоимость оборудования и монтажных работ аппаратов опытно-промышленной установки 245

7.2.1 Стоимость оборудования 245

7.2.2 Расходы по обустройство инженерных сооружений 247

7.2.3 Амортизация здания 248

7.2.4 Проектные работы 248

7.2.5 Общая стоимость работ по оборудованию опытно-промышленной

установки 248

7.3 Расчет штатного расписания, обязательных платежей на заработную

плату 249

7.3.1 Расчет энергетических затрат 250

7.3.2 Расчетные данные потребности пара, воды и конденсата 251

7.4 Оценка стоимости 1 кг оксида скандия и общих затрат на выпуск 5000 кг

99,0% SC2O3 251

7.5 Основные технико-экономические показатели производства 5000 кг

оксида скандия чистотой 99,0 % 253

7.6 Исследования по использованию оксида скандия собственного производства для получения алюминий - скандиевой лигатуры 254

7.6.1 Актуальность и перспективность исследования 254

7.6.2 Лабораторные исследования получения лигатуры 259

7.6.3 Получение лигатуры методом инжекции технологического порошка

в промышленной печи завода 264

7.7 Применение карбонизированного красного шлама (ККШ) при

производстве строительных материалов 270

7.8 Перспектива переработки титанового концентрата, полученного в

процессе Гидролиз - I 271

7.9 Подготовка карбонизированного красного шлама в материал, пригодный для использования в черной металлургии 274

7.10 Выводы по главе 7 275

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 278

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 281

ПРИЛОЖЕНИЯ 309

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ВусловияхслаборазвитойпромышленнойбазыпроизводстваредкихметалловактуальнойявляетсязадачасозданияэффективныхтехнологийизвлеченияценныхкомпонентовизальтернативныхсырьевыхисточниковКчислунаиболееперспективныхвидовтехногенногосырьяотносятсяотвальныекрасныешламыПрименениеразработаннойнамикарбонизационнойтехнологиипозволяетизвлечьизкрасныхшламоввпромышленныхмасштабахскандияциркониятитанаглиноземаищелочиПриэтомотвальныйкрасныйшлампревращаетсявменеетоксичныйматериалзасчетнейтрализациикаустическойщелочииможетбытьиспользованвкачествежелезосодержащегосырьяприпроизводствекоагулянтовсорбентовистроительныхсмесейПомимоэтогоприкарбонизационнойпереработкекрасныхшламовзначительноуменьшаетсяэмиссиявредныхгазоввозникающихвпроцессепереработкибокситовСистематическоеиспользованиеразработанныхвнастоящейработеподходывпринципепозволятзначительноуменьшитьобъемыотвальногокрасногошламаулучшитьэкологиюглиноземногопроизводстваивысвободитьтерриториишламохранилищдлярекультивацииихозяйственногоиспользования

Наиболееважнымирезультатамиисследованийявляются

 Полученыновыесведенияобусловияхизакономерностяхобразованиярастворимыхкарбонатныхкомплексовскандияциркониятитанауранаторияипостадийногоихгидролизавщелочныхрастворах

 Установленмеханизмвлияниясоединенийалюминиягаллияицинканасоосаждениегидроксидовиосновныхсолейскандияциркониятитанауранаиториявсодощелочныхрастворахипульпах

 РазработанановаяпоследовательностьтехнологическихприемовполученияскандийсодержащихрастворовизпульпкрасногошламаПриэтомконцентрацияскандиявполучаемойжидкойфазеболеечемвсторазпревышаетконцентрациюскандиявпродуктивныхрастворахподземноговыщелачиванияурановыхруд

 ИсследованахимияпроцессоввоздействияедкойщелочинашламвприсутствииизвестиприповышенныхтемпературахустановленыоптимальныеусловиядоизвлеченияглиноземаизкрасногошламаВпрактическомпримененииэтопозволяетизвлекатьоднутоннуглиноземаизтонншлама

 Установленочтоактивациякрасногошламагазовойкарбонизациейиминеральнымикислотамиусиливаетегосорбционныесвойствактоксичнымметалламсточныхиподотвальныхшахныхводцветнойметаллургии

 Изученыиопределеныоптимальныеусловиярастворениягидроксокарбонатныхскандийсодержащихконцентратоввысаливанияиосажденияоксалатовифторидовскандиявприсутствиипримесейтитанацирконияторияуранакремнияимеханическизахваченныхкомпонентовкрасногошлама

 РазработанатехнологияпереработкипервичногобедногоскандиевогоконцентратаполученногоизотвальногокрасногошламаиопределеныоптимальныеусловияпроизводстваоксидаскандиямаркиОС

 Впервыеустановленыусловияосаждениягексафторцирконатакалиянатрияизпродуктивныхсернокислыхрастворовпослеизвлеченияскандияпозволяющиеполучатьосадкиснизкимсодержаниемпримесныхсолейтитанагафнияирадиоактивныхметаллов

 Разработанаметодикаиусловияпроведенияработыпоизвлечениюиттрияизрастворовкислотнойактивацииотвальногокрасногошлама

 НатерриторииучасткаподготовкишихтыШШглиноземногоцехаБогословскогоалюминиевогозаводасозданаопытнопромышленнаяустановкапереработкикрасногошламасмощностьюпроизводстваскандиевогоконцентратадокггод

 ТехникоэкономическаяэффективностьработыопытнопромышленнойустановкиОПУпоказываетчтопримасштабепроизводстваконцентратакггодокупаемостькапитальныхвложенийсоставитокологодаСрококупаемостиОПУможетбытьсниженприреализациипотенциальномупотребителюпромежуточныхпродуктовполученныхприпереработкеотвальногокрасногошламаглиноземщелочьцирконийкарбонизированныйшламтитановыйконцентратидр