

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

УДК 669.293:661.882 (043)

На правах рукописи

САРСЕМБЕКОВ ТУРАР КУСМАНОВИЧ

**Разработка технологии извлечения соединений ниобия в процессе
производства тетрахлорида титана**

6D070900 – Metallurgia

Диссертация на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты:
Ассоциированный профессор, кандидат
технических наук, доктор PhD,
Чепуштанова Т.А.,
КазННТУ им. К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан

Зарубежный консультант:
Главный научный директор, PhD
Янко Т.Б.
UNDERSLAB LTD OOD
Бургас, Болгария

Республика Казахстан
Алматы, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	6
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	7
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ	
 ИССЛЕДОВАНИЙ.....	16
1.1 Роль и применение ниобия.....	16
1.2 Мировая сырьевая база.....	17
1.3 Казахстан и СНГ: ресурсы и техногенные источники.....	19
1.3.1 Первичные источники ниобия в Казахстане и странах СНГ.....	20
1.3.2 Техногенные источники ниобия в Казахстане и СНГ.....	22
1.3.3 Комплексные источники ниобиевого сырья в Казахстане и СНГ..	22
1.4 Современные подходы к переработке.....	23
1.4.1 Технологические схемы переработки ниобийсодержащего сырья	23
1.4.2 Экология и энергоемкость.....	27
1.5 Сатпаевский ильменитовый концентрат и промпродукты	28
переработки.....	
1.5.1 Сатпаевский ильменитовый концентрат.....	28
1.5.2 Титановый шлак.....	31
1.5.3 Промпродукты переработки.....	32
Выводы по разделу 1.....	34
2 ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ	
 НИОБИЯ ПРИ РУДОТЕРМИЧЕСКОЙ И ХЛОРНОЙ	
 ПЕРЕРАБОТКЕ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ.....	37
2.1 Термодинамический анализ процесса рудотермической плавки	
ильменитового концентрата.....	37
2.1.1 Термодинамика, теплофизические характеристики и кинетика	
восстановления титана.....	37
2.1.2 Поведение ниобия в процессе плавки.....	39
2.1.3 Поведение компонентов и реакции шлакообразования в	
процессе плавки.....	42
2.2 Термодинамический анализ процесса хлорирования титанового	
шлака.....	44
2.2.1 Основные условия хлорирования.....	45
2.2.2 Термодинамика, кинетика хлорирования компонентов шлака и	
реакции шлакообразования.....	46
2.2.3 Поведение титана и ниобия при хлорировании.....	51
Выводы по разделу 2.....	52
3 МИНЕРАЛОГО-ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ	
 ТИТАНОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И	
 ПРОМПРОДУКТОВ: ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ПОВЕДЕНИЕ	
 НИОБИЯ.....	54