



исследовательская группа

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности

Обзор рынка ТИТАНОВОГО СЫРЬЯ В СНГ

*Москва
Март 2011 г.*

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	9
ВВЕДЕНИЕ	11
I. Минерально-сырьевая база титана и добыча титановых руд за рубежом	13
1.1. Минеральный состав, виды титанового сырья и способы их переработки	13
1.2. Запасы и месторождения титана	17
1.3. Мировое производство минеральных концентратов (1999-2010 гг.). Основные компании – производители титанового сырья	19
1.4. Технические условия на титановые концентраты основных мировых производителей	25
1.5. Основные области применения титановых концентратов в мире	30
1.4.1. Мировое производство диоксида титана	30
1.4.2. Мировое производство металлического титана (титановой губки)	42
1.4.3. Прочие области потребления	46
1.6. Мировые цены на титановые концентраты	47
2. Минерально-сырьевая база титана и добыча титановых руд в России и СНГ	49
2.1. Запасы и месторождения титановых руд России и СНГ	49
2.2. Сравнение отечественных месторождений титана с зарубежными аналогами	64
2.3. Добыча титановых руд и производство титановых концентратов в России и СНГ	67
2.3.1. ООО «Ловозерский ГОК»	67
2.3.2. ОАО «Туганский ГОК «Ильменит»	69
2.3.3. ООО «Олекминский рудник»	72
2.3.4. ОАО Вольногорский государственный горно-металлургический комбинат (Украина)	74
2.3.5. ОАО «Иршанский ГОК» (Украина)	79
2.3.6. Прочие ГОКи Украины, производящие титановые концентраты	84
2.3.7. Новые проекты Украины по добыче титанового сырья	84
3. Внешнеторговые операции с титановыми концентратами СНГ	85
3.1. Импорт титановых минералов в Россию в 2001-2010 гг.	85
3.1.1. Объемы импорта титановых минералов РФ в 2001-2010 гг.	85
3.1.2. Основные направления, тенденции и особенности импортных поставок титановых минералов в Россию в 2004-2010 гг.	86
3.2. Экспорт титановых концентратов Украиной в 2001-2010 гг.	93
3.2.1. Объемы экспорта титановых минералов Украиной	93
3.2.2. Основные направления, тенденции и особенности экспортных поставок титановых минералов из Украины в 2004-2010 гг.	94

3.3. Импорт-экспорт титановых концентратов Казахстаном в 2001-2010 гг.	99
3.3.1. Объемы экспорта-импорта титановых минералов Казахстаном в 2001-2010 гг.	99
3.3.2. Направления импортных поставок титановых минералов в Казахстан в 2001-2009 гг.	100
3.4. Обзор импортных цен на титановые концентраты в РФ в 2001-2010 гг.	102
4. Потребление титановых концентратов в России и странах СНГ	103
4.1. Производство титановой губки	103
4.2. Производство ферротитана	112
ОАО «Ключевский завод ферросплавов» (Свердловская обл., п. Двуреченск)	117
4.3. Производство сварочных электродов и порошковой проволоки	121
4.4. Производство пигментного диоксида титана в СНГ	126
ЗАО «Крымский титан» (Армянск, Автономная Республика Крым, Украина)	131
П.5.2. ОАО "Сумыхимпром" (Сумы, Украина)	138
П.5.3. ОАО "Соликамский магниевый завод" (Соликамск, Пермский край, РФ)	142
П.5.4. Прочие предприятия, располагающие мощностями по производству диоксида титана	144
4.5. Баланс производства-потребления титановых концентратов в РФ	146
4.6. Структура потребления титановых концентратов в РФ	147
5. Прогноз производства и потребления титановых концентратов в РФ	148
5.1. Прогноз производства титановых концентратов в СНГ	148
Украина	
Россия	
5.2. Прогноз потребления титановых концентратов в СНГ	148
Украина	
Россия	
Приложение 1. Адресная книга основных предприятий-производителей сварочных электродов в РФ, потребляющих титановые концентраты	152
Приложение 2. Адресная книга основных предприятий-производителей диоксида титана в СНГ	153
Приложение 3. Адресная книга производителей титановой губки на территории СНГ	153
Приложение 4. Адресная книга производителей титановых концентратов в РФ и на Украине	154

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1 Распределение промышленных запасов титана по странам мира. %
- Таблица 2. Мировое производство ильменитовых и рутиловых концентратов по странам в 1999-2010 гг., тыс. т в пересчете на 100% TiO_2
- Таблица 3 Основные требования к титановым концентратам для различных производств
- Таблица 4. Технические условия на ильменитовые концентраты мировых производителей
- Таблица 5. Технические условия на рутиловые концентраты мировых производителей
- Таблица 6. Доли фирм производителей в мировом производстве диоксида титана
- Таблица 7. Основные месторождения титанового сырья в СНГ
- Таблица 8. Крупнейшие россыпные месторождения России в сравнении с зарубежными аналогами
- Таблица 9. Качество титаномагнетитовых руд основных коренных месторождений зарубежных стран и России
- Таблица 10. Структура реализации основных видов продукции ОАО «Туганский ГОК» в 2008-2009 гг., т
- Таблица 11. Состав ильменитовых концентратов коренных месторождений титаносодержащих руд в Амурской области в РФ, % масс.
- Таблица 12. Химический состав ильменитовых концентратов производства ВГГМК
- Таблица 13. Химический состав рутилового концентрата производства ВГГМК
- Таблица 14. Требования основных потребителей ильменитовых концентратов Иршинского ГОКа к качеству продукции
- Таблица 15. Состав ильменитового концентрата производства Иршинского ГОКа, ТУ В 14-10-009-97
- Таблица 16. Импортные поставки ильменитовых и рутиловых концентратов в РФ по странам в 2001-2010 гг., тыс. т
- Таблица 17. Основные российские компании-импортеры ильменита в 2005-2010 гг., %
- Таблица 18. Распределение импортных закупок ильменитового концентрата по областям потребления в 2005-2010 гг., тыс. т, %
- Таблица 19. Основные российские компании-импортеры рутилового концентрата в 2005-2010 гг., т, %
- Таблица 20. Основные направления поставок украинских титановых концентратов в 2005-2010 гг., тыс. т
- Таблица 21 Фирмы-импортеры украинского ильменитового концентрата в 2010 г., тыс. т
- Таблица 22. Фирмы-импортеры рутилового концентрата в 2010 г., т
- Таблица 23. Основные страны-экспортеры титановых концентратов в Казахстан в 2001-2009 гг., тыс. т
- Таблица 24. Производители титановой губки в СНГ

- Таблица 25. Химический состав титановой губки по маркам, ГОСТ 17746-96
- Таблица 26. Характеристика ферротитана, производимого в РФ
- Таблица 27. Химический состав ферротитана производства ОАО «Ключевской завод ферросплавов», % масс.
- Таблица 28. Поставки ильменитового концентрата производства ЗАО «Крымский титан» на КЗФ в 2005-2007 гг., т
- Таблица 29. Требования к качеству пигментного диоксида титана (ГОСТ 9808-84)
- Таблица 30. Марки выпускаемого предприятиями СНГ диоксида титана
- Таблица 31. Требования к качеству непигментного диоксида титана
- Таблица 32. Производство диоксида титана предприятиями СНГ в 2000-2010 гг., тыс. т
- Таблица 33. Основные технические показатели и области применения марок диоксида титана, выпускаемых ЗАО «Крымский титан»
- Таблица 34. Крупнейшие поставщики сырья для производства диоксида титана в ЗАО «Крымский титан»
- Таблица 35. Основные технические показатели и области применения марок диоксида титана, выпускаемых ОАО «Сумыхимпром»
- Таблица 36. Физико-химические показатели диоксида титана производства ОАО «Соликамский магниевый завод»
- Таблица 37. Динамика потребления титановых концентратов в России в 2000-2010 гг., тыс. т в пересчете на 100% TiO_2

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1. Схема использования титановых минеральных концентратов и продуктов их переработки
- Рисунок 2. Динамика мирового производства титановых концентратов в 1999-2010 гг., тыс. т, в пересчете на 100% TiO_2
- Рисунок 3: Структура сырьевой базы мирового производства диоксида титана в 2009 гг., %
- Рисунок 4. Структура мирового потребления диоксида титана (2009 г.), %
- Рисунок 5: Региональная структура распределения мировых производственных мощностей по выпуску диоксида титана в 2009 г., %
- Рисунок 6: Структура потребления пигментного диоксида титана крупнейшими фирмами производителями в 2009 г., %
- Рисунок 7: Динамика мирового производства титановой губки в 2000-2009 гг. по странам, тыс. т
- Рисунок 8: Мировые цены на ильменитовые и рутиловые концентраты в 2002-2010 гг., \$/т, условия поставки FOB, порты Австралии
- Рисунок 9: Производство лопаритового концентрата ООО «Ловозерский ГОК» в 1951-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 10: Динамика производства ильменитового и цирконового концентрата ОАО «Туганский ГОК «Ильменит» в 2008-2009 гг., т
- Рисунок 11. Структура выручки от реализации по видам продукции ОАО «Туганский ГОК «Ильменит» в 2009 г., %
- Рисунок 12: Схема доводки коллективного концентрата Малышевского (Самотканского месторождения)
- Рисунок 13: Динамика производства ильменитовых и рутиловых концентратов на ВГГМК в натуральном выражении в 2000-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 14: Динамика производства ильменитовых концентратов на Иршинском ГОКе в 2000-2010 гг., (2011 г.-план) в натуральном выражении
- Рисунок 15: Динамика импортных закупок РФ ильменитовых и рутиловых концентратов в 2001-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 16: Динамика общего импорта в РФ рутилового концентрата и импорта, идущего на производство электродов в 2005-2010 гг.,
- Рисунок 17: Динамика экспортных поставок титановых концентратов Украиной в 2001-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 18: Динамика импорта республики Казахстан титановых концентратов в 2001-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 19: Динамика экспорта республики Казахстан титановых концентратов в 2002-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 20: Динамика средних экспортных цен на ильменитовые и рутиловые концентраты в РФ в 2001-2010 гг., \$/т
- Рисунок 21: Динамика производства губчатого титана на предприятиях СНГ в 2000-2010 гг., тыс.
- Рисунок 22: Динамика импортных закупок титановых концентратов ОАО «АВИСМА» в 2005-2010 гг., в натуральном выражении, тыс. т

- Рисунок 23: Схема получения ферротитана из ильменитового концентрата на Ключевском заводе
- Рисунок 24: Динамика производства ферротитана в России в 2000-2010 гг., тыс. т (в пересчете на 100% Ti)
- Рисунок 25: Динамика производства ферротитана на КЗФ в 2000-2010 гг., тыс. т в натуральном выражении
- Рисунок 26: Динамика экспорта ферротитана производства КЗФ в 2006-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 27: Динамика производства сварочных электродов и сварочной проволоки в РФ в 2000-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 28: Динамика потребления рутиловых и ильменитовых концентратов в РФ электродной промышленностью в 2005-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 29: Доли предприятий электродной промышленности в российском производстве сварочных электродов в 2009 г., %
- Рисунок 30 Основные потребители титановых концентратов среди производителей сварочных электродов
- Рисунок 31: Динамика производства диоксида титана на Украине в 2000-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 32: Схема производства пигментного диоксида титана на ЗАО «Крымский титан»
- Рисунок 33: Динамика производства диоксида титана ЗАО «Крымский титан» в 2000-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 34: Географическая структура экспорта диоксида титана производства ЗАО «Крымский титан» в 2010 г., %
- Рисунок 35 Динамика производства диоксида титана ОАО «Сумыхимпром» в 1998-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 36. Географическая структура экспорта диоксида титан производства ОАО «Сумыхимпром» в 2010 г., %
- Рисунок 37. Динамика производства диоксида титана в ОАО «Соликамский магниевый завод» в 2000-2009 гг., тыс. т
- Рисунок 38. Структура потребления титановых концентратов в РФ в 2010 г.
- Рисунок 39. Прогноз производства-потребления титановых концентратов в РФ в 2011-2018 гг., в пересчете на 100% TiO₂

АННОТАЦИЯ

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка титанового сырья в России и СНГ и прогнозу его развития. Отчет состоит из 5 частей, содержит 155 страницы, в том числе 37 таблицы, 39 рисунков и 4 приложения.

В первой главе отчета приведены сведения о минерально-сырьевой базе титана за рубежом и объемах добычи концентратов, описаны запасы и месторождения, названы крупнейшие мировые продуценты. Кроме того, в разделе приведены технические условия (химический состав) на ильменитовые и рутиловые концентраты основных мировых производителей. В разделе также рассмотрены основные области потребления титановых концентратов, приведены динамики производства диоксида титана и титановой губки в мире. Отдельный раздел первой главы посвящен обзору цен на различные виды титановых концентратов (ильменитовых, рутиловых пигментного и сварочного сортов).

Вторая глава отчета посвящена анализу минерально-сырьевой базы и добычи титановых концентратов в РФ и СНГ. Проведено сравнение отечественных месторождения с зарубежными аналогами. В отдельном разделе главы рассмотрено производство титановых концентратов на всех рудниках России и крупнейших ГОКах Украины. В разделе приведены данные об объемах производства, прослежена динамика выпуска этой продукции по предприятиям Украины и России, рассмотрено текущее состояние производителей титановых концентратов в СНГ. Кроме того приведены данные об объемах производства, планах по развитию предприятий, а также данные об объемах и направлениях поставок продукции за последние годы.

В третьей главе рассмотрены внешнеторговые операции с титановыми концентратами в РФ, Казахстане и на Украине с анализом объемов и направлений экспортно-импортных поставок. Заключительный раздел главы посвящен рассмотрению динамики цен на титановые концентраты на внутреннем рынке России.

Четвертая глава описывает рынок потребления титановых концентратов в РФ. Подробно анализируется структура потребления продуктов, баланс "производство-потребление". Дан обзор основных отраслей, потребляющих титановые концентраты.

В пятой главе отчета приводится прогноз производства-потребления титановых концентратов на период до 2018 г.

В приложениях приведены адреса и контактная информация основных производителей диоксида титана в СНГ и российских потребителей диоксида титана.

Эта работа является "кабинетным" исследованием, для ее написания были проанализированы многочисленные источники информации, прежде всего данные государственных органов – Федеральной службы государственной статистики РФ, Госкомстата Украины (показатели производства продукции), ОАО "РЖД" (статистика железнодорожных перевозок), Федеральной таможенной службы РФ и ГТК Украины (данные по

внешнеторговым операциям). Также были привлечены данные предприятий, использована база данных "Инфомайн".

Все это позволило авторам выявить картину состояния рынка титанового сырья в СНГ/России и его перспективы.

ВВЕДЕНИЕ

Титан-девятый наиболее распространенный в земной коре элемент, его кларк составляет около 0,6% от земной массы. Для титана и его соединений характерны достаточно уникальные характеристики, что привело к широкому их использованию в разных отраслях промышленности.

Наиболее масштабная область использования титановых концентратов – получение пигментного диоксида титана. На эти цели в мире ежегодно уходит 90-95% титанового сырья. Белый диоксид титана используется для получения титановых белил, в производстве бумаги, пластиков, керамики и др. Титановые белила являются лучшими из всех минеральных пигментов по стойкости, белизне, укрывистости и др. свойствам. Спрос на пигментный диоксид зависит от постоянно растущих объемов жилищного строительства, производства автомобилей, морских судов, самолетов и других изделий, требующих стойких, долговечных покрытий. Основные потребители диоксида титана – Китай, Индия, США, Япония, Германия.

Кроме того, диоксид титана применяется в целлюлозно-бумажной промышленности для отбеливания и улучшения укрывистости бумажной пульпы, при производстве покрывающих бумагу средств. В производстве синтетических волокон и тканей соединение используется для матирования скрученного волокна, в косметике – для защиты от ультрафиолетовой радиации в солнцезащитных кремах, для придания высокого отбеливающего и укрывистостного заглушающего эффекта зубной пасте, мылу и т.д.

Диоксид титана может быть использован как катализатор, фотокатализатор и как инертный базовый керамический материал для активных компонентов. Еще одна область применения – аналитическая и опытная хроматография жидкостей.

Другие сферы использования TiO_2 включают предохранение древесины (повышение атмосферостойкости с помощью оптической фильтрации вредной для древесины солнечной радиации), наполнение резины, стеклянных эмалей, стекла и стеклянной керамики, электрокерамики, а также производство сварочных флюсов, твердых сплавов, химических промежуточных соединений, материалов, используемых при высоких температурах (например, противопожарная защита печей с форсированной тягой), декоративного бетона (придание белизны цементной краске) и т.д.

Отдельно следует отметить диоксид титана высокой химической чистоты (99,999%) марки ОСЧ 7-5 (ТУ-6-09-01-640-84), который получают методом термического гидролиза и применяют в качестве эталона чистоты, в производстве оптически прозрачных стекол, в волоконной оптике, радиоэлектронике, для пьезокерамики, в медицинской и пищевой промышленности. Пищевая и фармацевтическая промышленность используют диоксид титана для придания отбеливающего и укрывистостного эффекта, для защиты цвета и упаковки (пластик) продукции от ультрафиолетового излучения.

Второе объемное использование титанового сырья – в производстве титановой губки, промежуточного продукта для получения металлического титана и его сплавов: низкая плотность, высокая жаро- и коррозионная стойкость практически в любых средах, высокие механические и другие свойства делают его незаменимым и открывают широкие перспективы применения в авиационно-космической технике, судостроении (особенно подводном), машиностроении, в химическом производстве, нефтедобыче, строительстве морских и береговых сооружений, в автомобилестроении, энергетике, лесохимии, медицине и др.

Титановые концентраты используются для производства ферротитана и в электродной промышленности для обмазки сварочных электродов.

Потребность в титане и его соединениях до 2008 г. неуклонно возрастала. Ежегодный рост мирового потребления титановых пигментов составлял около 3% в год. После спада спроса в 2008-2009 гг. в истекшем 2010 г. произошло восстановление производства как минерального сырья, так и титановых продуктов.

I. Минерально-сырьевая база титана и добыча титановых руд за рубежом

1.1. Минеральный состав, виды титанового сырья и способы их переработки

Главные промышленные минералы титана: ильменит FeTiO_3 (42-62% TiO_2), рутил (92-98% TiO_2), анатаз (полиморфная модификация рутила), лейкоксен – продукт изменения ильменита ($\text{FeTiO}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 \times n\text{TiO}_2$, 63-90% TiO_2). Основными источниками для производства титана и диоксида являются ильменитовый, рутиловый и в меньшей степени лейкоксеновый концентраты. Лучшие и наиболее дорогие из них рутиловые, содержащие более 91% TiO_2 . Ильменитовые концентраты содержат TiO_2 на уровне 42-62%. Для повышения качества титанового сырья, идущего на получение металла или диоксида из ильменитовых или лейкоксеновых концентратов, производят титановый шлак (70-85% TiO_2) и синтетический рутил (95-98% TiO_2). Эти титановые полупродукты с высоким содержанием TiO_2 наиболее предпочтительны для получения из них металла, пигментного диоксида титана и другой товарной продукции. Схема использования различных концентратов титана показана на рис. 1.

Для передела титановых концентратов на пигментный диоксид применяют сернокислотный (сульфатный) и хлоридный способы. За рубежом более 50% диоксида титана получают по хлоридной технологии. В СССР, а теперь на территории СНГ применялась и применяется только сернокислотная технология переработки собственных ильменитовых концентратов и импортных шлаков. При этом способе железо, содержащееся в ильменитовых концентратах, не используется, а значительные по объему отходы сернокислого железа требуют утилизации или захоронения. Образуется большое количество разбавленной 20-22%-ной гидролизной серной кислоты (в пересчете на моногидрат ~2 т на 1 т TiO_2), загрязненной сульфатом железа, 1-2% титанилсульфата и несколькими процентами других сульфатов. Примерный расход основных материалов на производство 1 т диоксида титана из ильменитовых концентратов сернокислотным методом составляет: ильменитового концентрата, содержащего 42% TiO_2 – 3,1 т; серной кислоты (моногидрат) – 4-4,5 т; железной стружки – 0,24 т.

Хлоридный способ промышленного получения рутильной формы диоксида титана был изобретен компанией DuPont (США) в 1950 г. Хлоридный метод по сравнению с сернокислотным имеет более короткую технологическую схему, экологически менее вреден, почти безотходен, процесс непрерывный и поддается автоматизации. Нерешенным является вопрос использования образующейся соляной кислоты. Кроме того, для хлоридного способа сырьем могут служить только богатые титановые полупродукты (шлак или искусственный рутил), т.е. требуется предварительная весьма энергоемкая переработка ильменитовых и лейкоксеновых концентратов в процессе электроплавки или гидрометаллургии. К качеству же ильменитовых концентратов для сернокислотной технологии предъявляют менее жесткие

требования. Именно поэтому в Китае, титановая промышленность которого ориентирована на использование отечественного ильменитового сырья, преобладает использование сульфатной технологии (на начало 2011 г. в Китае лишь на одном предприятии применяется хлоридная технология и компания DuPont уже в течение нескольких лет не может согласовать с китайскими властями разрешение на строительство своего «хлоридного» предприятия).

В настоящее время масштабы применения в мире сульфатных и хлоридных способов примерно одинаковы. Если в 70-80 гг. использовался преимущественно хлоридный способ, как экологически более чистый, то в последнее время в связи с совершенствованием технологии переработки концентратов сульфатным методом, созданием малоотходного производства, резким сокращением токсичных отходов, выпуском широкого спектра железооксидных пигментов и значительным снижением стоимости серной кислоты, предприятия стали шире использовать сульфатную технологию как экономически более выгодную, отвечающую экологическим требованиям. Поэтому повысился интерес к ильменитовым концентратам высокого качества для непосредственной их переработки сульфатным способом. Лучшими для этой цели являются ильменитовые концентраты, получаемые из ильменитовых и ильменит-титаномагнетитовых руд коренных месторождений и россыпей ближнего сноса, в которых ильменит не подвергся гипергенным изменениям. Так, на территории бывшего СССР только ильменитовые концентраты Иршанской группы (Украина) были пригодны для переработки на пигментный диоксид титана по сульфатной технологии, так как иршанский ильменит малоизмененный (не лейкоксенизированный, соотношение в минерале окисного железа к закисному меньше или равно единице) и легко вскрывается серной кислотой. Ильмениты Вольногорского комбината не пригодны для производства пигмента по сульфатной технологии, они могут идти на плавку на шлак.

Получаемый диоксид титана может быть рутильной или анатазной модификации (в зависимости от специфики строения кристаллической решетки). Анатазная форма существенно уступает по производству рутильной, так как хуже рассеивает свет (примерно на 30%) и менее атмосферостойкая (хуже защищает от УФ лучей). В результате более сильного взаимного притяжения ионов в молекулах рутила данная модификация обладает большей твердостью (абразивностью), более высокими показателем преломления (2,55 – у анатаза и 2,7 – у рутила) и диэлектрической постоянной. Плотность при 20°C для рутила – 4,235 г/см³, для анатаза – 4,05 г/см³. По своим химическим свойствам TiO₂ относится к амфотерным оксидам, то есть проявляет как кислотные, так и основные свойства. TiO₂ практически не растворяется в воде, разбавленных растворах щелочей и минеральных кислотах, кроме плавиковой и концентрированной серной. К физическим свойствам TiO₂ относится появление желтизны после нагревания и обесцвечивание после охлаждения. Хорошо очищенный TiO₂ – самый стабильный (нелетучий, нерастворимый в кислотах, щелочах и растворах при нормальных условиях) из всех известных

белых пигментов (практически не поглощает никакого падающего света в видимой области спектра).

Около 5% минерального сырья в мире используется на производство титановой губки, из которой в дальнейшем производят титановый прокат.

Получение металлического титана включает сл. операции:

-плавка ильменитовых концентратов в дуговых электропечах для отделения железа с получением титановых шлаков. В связи с тем, что титан концентрируется в шлаке, существуют жесткие ограничения по содержанию SiO_2 , P_2O_5 , S в титановых концентратах;

-хлорирование титановых шлаков с получением четыреххлористого титана, очистка TiCl_4 от примесей;

- получение металлического титана из его хлорида;

- получение слитков титана (плавка в дуговой вакуумной печи, иодидное рафинирование).

Цель первой операции (восстановительной плавки) – удаление основной массы железа для улучшения последующего процесса хлорирования. В противном случае значительное количество хлора будет расходоваться на хлорирование железа. В качестве восстановителя используют измельченный кокс. Получаемый титановый шлак содержит 85-90% TiO_2 , 3-5% FeO , 2-4% SiO_2 , 0,5-1% CaO , 2-4% Al_2O_3 , остальное MgO , MnO , V_2O_5 , Cr_2O_3 . Извлечение титана в титановый шлак составляет 96-97%. Титановый шлак считается титановым полупродуктом.

Затем титановый шлак хлорируют с получением тетрахлорида титана. После его очистки проводят магнийтермическое восстановление титана. Восстановление титана до металла осуществляется в реакторе из нержавеющей хромоникелевой стали в атмосфере аргона при температуре 800-900⁰С. Металлический титан, образующийся при магнийтермическом восстановлении, собирается на дне реторты в виде губчатой массы (титановой губки), пропитанной магнием, который периодически выводят из аппарата через специальное сливное отверстие. Реакционная масса, заполняющая аппарат после окончания процесса, содержит около 50% титана, избыточный магний и его хлорид. Эти примеси удаляют с помощью вакуумной отгонки.

Полученный в результате магнийтермического восстановления технический титан (губка) содержит (%): около 0,07 Cl; 0,1 Fe; 0,05 Ni; по 0,02 C и N; 0,04-0,05 Si. Общее извлечение титана из шлака составляет 70-75%.

В товарной форме куски губки после дробления имеют размер 12-70 мм. Губку упаковывают в барабаны, которые вакуумируют и плотно закрывают.

Рисунок 1. Схема использования титановых минеральных концентратов и продуктов их переработки

