

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



исследовательская группа

[www.infomine.ru](http://www.infomine.ru)

# Обзор рынка диоксида титана в СНГ

Издание 5-ое

Москва  
октябрь, 2014

## Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/24/163>

Общее количество страниц: 193 стр.  
Стоимость отчета – 48 000 рублей (с НДС)

*Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИНФОМАЙН» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов ИНФОМАЙН, являются надежными, однако ИНФОМАЙН не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. ИНФОМАЙН не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем отчете, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями. Дополнительная информация предоставляется по запросу. Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения ИНФОМАЙН либо тиражироваться любыми способами.*

Copyright © ООО «ИНФОМАЙН»

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация .....	10
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>12</b>
<b>I. Технология производства диоксида титана и используемое в промышленности сырье .....</b>	<b>15</b>
I.1. Способы получения диоксида титана .....	15
I.1.1. Сульфатный способ .....	15
I.1.2. Хлорный (хлоридный) способ .....	20
I.2. Основные виды сырья для получения диоксида титана. Требования к сырью .....	24
I.3. Мировое производство титаносодержащих концентратов в 1999-2013 гг.	27
I.4. Мировые цены на титаносодержащие концентраты в 2002-2014 гг. ....	30
I.5. Сырьевая база стран СНГ для производства диоксида титана .....	31
I.5.1. Россия .....	31
I.5.2. Украина .....	45
I.5.3. Казахстан .....	50
I.6. Производство титаносодержащих концентратов в странах СНГ .....	54
I.6.1. Россия .....	54
1.6.1.1. Олекминский рудник (Амурская обл.) .....	55
1.6.1.2. Туганский ГОК (Томская обл.) .....	57
1.6.1.3. Ловозерский ГОК (Мурманская обл.) .....	57
1.6.1.4. ЗАО «СИТТЕК»/ООО «Лукойл Коми» (Р. Коми) .....	58
1.6.1.5. Новые проекты РФ по развитию сырьевой базы титана .....	58
I.6.2. Украина .....	62
1.6.2.1. Вольногорский горно-металлургический комбинат, ООО «Цветные металлы» (Днепропетровская обл.) .....	64
1.6.2.2. Иршинский ГОК (Житомирская обл.) .....	65
1.6.2.3. ООО ГОК «Валки-ильменит» (Житомирская обл.) .....	68
1.6.2.4. ООО «Междуреченский ГОК» (Житомирская обл.) .....	69
1.6.2.5. ООО «ПКФ «Велта» (Кировоградская обл.) .....	69
1.6.2.6. ООО «Демуринский ГОК» (Днепропетровская обл.) .....	70
Новые проекты Украины по развитию сырьевой базы титана .....	72
I.6.3. Казахстан .....	74
<b>II. Производство диоксида титана .....</b>	<b>77</b>
II.1. Мировые мощности и структура потребления диоксида титана в 2013 г. ....	77
II.2. Ситуационный анализ на мировом рынке пигментного диоксида титана в 2010-2014 гг. ....	79
II.3. Качество выпускаемого в СНГ диоксида титана .....	83
II.4. Объемы производства диоксида титана в странах СНГ в 1992-2013 гг.	86
II.5. Основные предприятия-производители диоксида титана в СНГ .....	88
II.6. Текущее состояние крупнейших производителей диоксида титана в СНГ .....	89
II.6.1. ЗАО «Крымский Титан» (Армянск, Респ. Крым) .....	89
II.6.2. ОАО «Сумыхимпром» (Сумы, Украина) .....	105

II.7. Предприятия, прекратившие производство диоксида титана в СНГ ..	114
II.7.1. ОАО «Соликамский магниевый завод» (Соликамск, Пермский край, РФ).....	114
II.7.2. Прочие предприятия, располагающие мощностями по производству диоксида титана.....	117
II.8. Проекты по созданию мощностей для производства диоксида титана в России.....	119
<b>III. Экспорт и импорт диоксида титана в СНГ.....</b>	<b>122</b>
III.1. Экспорт и импорт диоксида титана в России.....	122
III.1.1. Объемы экспорта-импорта диоксида титана РФ в 1995-2013 гг. ....	122
III.1.2. Основные направления, тенденции и особенности экспортно-импортных поставок в России в 1998-2014 гг. ....	124
III.2. Экспорт и импорт диоксида титана на Украине .....	140
III.2.1. Объемы экспорта-импорта диоксида титана Украиной, тенденции и особенности поставок в 2000-2013 гг. ....	140
III.2.2. Направления экспорта диоксида титана Украиной в 2002-2013 гг. ....	143
<b>IV. Обзор цен на диоксид титана .....</b>	<b>151</b>
IV.1. Мировые цены на диоксид титана в 2000-2014 гг. ....	151
IV.2. Российские среднегодовые импортные цены на диоксид титана в 1998-2014 гг. ....	153
IV.3. Украинские экспортно-импортные цены на диоксид титана в 2004-2013 гг. ....	156
<b>V. Потребление диоксида титана в странах СНГ .....</b>	<b>159</b>
V.1. Потребление диоксида титана в России в 1999-2014 гг. ....	159
V.1.1. Баланс производства-потребления диоксида титана в России в 1999-2014 гг. ....	159
V.1.2. Структура потребления диоксида титана в России в 2008 и 2013 гг. ....	161
V.2. Потребление диоксида титана на Украине в 2000-2013 гг. ....	163
V.3. Основные отрасли-потребители диоксида титана в России и предприятия-потребители .....	166
V.3.1. Лакокрасочная промышленность.....	166
V.3.2. Производство пластиков и полимеров.....	174
V.3.3. Прочие направления применения диоксида титана.....	177
<b>VI. Прогноз производства и потребления диоксида титана в 2015-2020 гг. ....</b>	<b>179</b>
VI.1. Прогноз производства и потребления диоксида титана в России в 2015-2020 гг. ....	179
VI.2. Прогноз производства-потребления диоксида титана на Украине до 2020 г. ....	185
<b>Приложение 1. Адресная книга основных предприятий-производителей диоксида титана в СНГ .....</b>	<b>186</b>
<b>Приложение 2. Адресная книга основных российских потребителей диоксида титана .....</b>	<b>186</b>
<b>Приложение 3. Список использованных источников.....</b>	<b>192</b>

**СПИСОК ТАБЛИЦ**

- Таблица 1. Основные требования к титановым концентратам для различных производств
- Таблица 2. Мировое производство ильменитовых и рутиловых концентратов по странам в 2001-2013 гг., тыс. т в пересчете на 100% TiO<sub>2</sub>
- Таблица 3. Основные месторождения титанового сырья в СНГ и держатели лицензий
- Таблица 4. Химический состав ильменитового концентрата Олекминского рудника
- Таблица 5. Состав ильменитового концентрата производства Иршинского ГОКа, ТУ В 14-10-009-97
- Таблица 6. Требования к качеству пигментного диоксида титана (ГОСТ 9808-84)
- Таблица 7. Марки выпускаемого предприятиями СНГ диоксида титана
- Таблица 8. Требования к качеству непигментного диоксида титана
- Таблица 9. Производство диоксида титана предприятиями СНГ в 1999-2013 гг., тыс. т
- Таблица 10. Производители диоксида титана в СНГ и их мощности
- Таблица 11. Основные технические показатели марок диоксида титана, выпускаемых ЗАО «Крымский Титан»
- Таблица 12. Крупнейшие поставщики сырья для производства диоксида титана в ЗАО «Крымский Титан»
- Таблица 13. Экспорт диоксида титана ЗАО «Крымский Титан» в 2004-2013 гг., т, %
- Таблица 14. Основные финансовые показатели ЗАО «Крымский Титан» в 2010-2013 гг., млн \$
- Таблица 15. Основные технические показатели и области применения марок диоксида титана, выпускаемых ОАО «Сумыхимпром»
- Таблица 16. Экспорт диоксида титана ОАО «Сумыхимпром» в 2004-2013 гг., т, %
- Таблица 17. Основные финансовые показатели ОАО «Сумыхимпром» в 2010-2013 гг., млн \$
- Таблица 18. Физико-химические показатели диоксида титана производства ОАО «Соликамский магниевый завод»
- Таблица 19. Российский импорт по позиции «диоксид титана» (код 2823) в 1998-1 кв. 2014 гг., т, тыс. \$, \$/т
- Таблица 20. Российский импорт по позиции «пигменты и препараты, содержащие диоксид титана» (код 32061) в 1998-1 кв. 2014 гг., т, тыс. \$, \$/т
- Таблица 21. Российский импорт по позиции «диоксид титана» по компаниям производителям (код 32061 и 2823) в 2003-2014 гг., тыс. т
- Таблица 22. Основные российские компании-импортеры диоксида титана в 2005-2014 гг., т, %
- Таблица 23. Внешняя торговля диоксидом титана Украиной, доля экспорта в производстве в 2000-2013 гг., тыс. т, %

- Таблица 24. Экспорт диоксида титана украинскими предприятиями в 2004-2013 гг., тыс. т, %
- Таблица 25. Экспорт Украины диоксида титана по направлениям поставок в 2002-2013 гг., т
- Таблица 26. Поставки украинского диоксида титана в страны СНГ в 2002-2013 гг., т
- Таблица 27. Основные предприятия-потребители украинского диоксида титана в СНГ\* в 2005-2013 гг., т
- Таблица 28. Основные зарубежные потребители украинского диоксида титана в 2012-2013 г., т
- Таблица 29. Импортные цены в РФ на диоксид титана разных производителей в 2009-2014 гг., \$/т
- Таблица 30. Основные финансовые показатели импорта диоксида титана (код 32061) РФ в 2004-2013 гг., \$, \$/т
- Таблица 31. Динамика потребления диоксида титана в России в 1999-2014 гг., тыс. т
- Таблица 32. Основные показатели рынка диоксида титана на Украине в 1999-2013 гг., тыс. т
- Таблица 33. Динамика основных показателей рынка ЛКМ в 2011-2013 гг., тыс. т, %
- Таблица 34. Структура потребления ЛКМ в России в 2013 г.
- Таблица 35. Структура производства отечественной лакокрасочной продукции в 2013 г., %
- Таблица 36. Выпуск валовой лакокрасочной продукции ведущими российскими предприятиями в 2011-2013 гг, тыс. т, %
- Таблица 37. Основные характеристики рынка водорастворимых ЛКМ в 2013 г., тыс. т, %
- Таблица 38. Выпуск ВД-ЛКМ ведущими российскими предприятиями в 2011–2013 гг., т, %
- Таблица 39. Баланс производство потребления ЛКМ в РФ в 2012-2013 гг, тыс. т, %
- Таблица 40. Выпуск лакокрасочной продукции по видам в федеральных округах России в 2012-2013 гг., тыс. т, %

## СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1. Принципиальная схема получения диоксида титана из ильменитового концентрата сульфатным способом
- Рисунок 2. Принципиальная схема получения диоксида титана в процессе переработки сфенового концентрата
- Рисунок 3: Схема использования титановых минеральных концентратов и продуктов их переработки
- Рисунок 4. Динамика мирового производства титановых концентратов в 1999-2013 гг., тыс. т в пересчете на 100%  $TiO_2$
- Рисунок 5. Мировые цены на ильменитовые и рутиловые концентраты в 2002-2014 гг., \$/т
- Рисунок 6. Динамика производства титансодержащих концентратов (в пересчете на  $TiO_2$ ) в России в 2006-2013 гг., т
- Рисунок 7. Динамика производства ильменитового концентрата ООО «Олекминский рудник» в 2010-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 8. Динамика производства ильменитовых концентратов на Украине в 2007-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 9. Динамика производства ильменитовых концентратов на Иршинском ГОКе в 2000-2013 гг., тыс. т в пересчете на 100%  $TiO_2$
- Рисунок 10. Динамика экспортных поставок ильменитового концентрата ООО «Валки-ильменит» в 2007-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 11. Химический состав титансодержащих концентратов Обуховского ГОКа
- Рисунок 12. Региональная структура распределения мировых производственных мощностей по выпуску диоксида титана в 2013 г., %
- Рисунок 13. Структура мирового потребления пигментного диоксида титана в 2013 г.
- Рисунок 14. Производство диоксида титана на Украине в 1992-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 15. Схема производственных процессов ЗАО «Крымский Титан»
- Рисунок 16. Технологическая схема производства диоксида титана сульфатным способом в ЗАО «Крымский Титан»
- Рисунок 17. Динамика производства диоксида титана ЧАО «Крымский Титан» в 1998-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 18. Географическая структура экспорта диоксида титана производства ЗАО «Крымский Титан» в 2013г., %
- Рисунок 19. Поквартальная динамика экспорта диоксида титана ЗАО «Крымский Титан» в 2012-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 20. Марочная структура экспорта диоксида титана производства ЗАО «Крымский Титан» в 2013 г., %
- Рисунок 21. Динамика производства диоксида титана ОАО «Сумыхимпром» в 1998-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 22. Поквартальная динамика экспорта диоксида титана ОАО «Сумыхимпром» в 2012-2013 гг., тыс. т

- Рисунок 23. Географическая структура экспорта диоксида титана производства ОАО «Сумыхимпром» в 2013 г., %
- Рисунок 24. Марочная структура экспорта диоксида титана производства ОАО «Сумыхимпром» в 2013 г., %
- Рисунок 25. Динамика производства диоксида титана в ОАО «Соликамский магниевый завод» в 1998-2010 гг., тыс. т
- Рисунок 26. Динамика импорта диоксида титана Россией в 1995-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 27. Поквартальная динамика российского импорта по позиции «пигменты и препараты, содержащие диоксид титана» в 2012-2014 гг., тыс. т
- Рисунок 28. Доля Украины в импорте диоксида титана Россией в 1995-2013 гг. и за 1 кв. 2014 г., %
- Рисунок 29. Географическая структура российского импорта диоксида титана и пигментов на его основе в 2011-2013 гг., %
- Рисунок 30. Доли иностранных компаний-поставщиков диоксида титана в общем объеме импорта РФ в 2013 г., %
- Рисунок 31. Динамика производства, экспорта-импорта диоксида титана на Украине в 2000-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 32. Географическая структура экспорта Украины в 2011-2013 гг., %
- Рисунок 33. Динамика изменения цен в мире на различных торговых площадках на пигментный диоксид титана в 2000-2014 гг, \$/кг
- Рисунок 34. Динамика среднеимпортных цен России по позиции «пигменты и препараты, содержащие диоксид титана» (код 32061) в 1998-2014 гг., \$/т
- Рисунок 35. Динамика среднеэкспортных и среднеимпортных цен на диоксид титана (код 32061) на Украине в 2004-2013 гг., \$/т
- Рисунок 36. Динамика цен (граница Украины) на различные сорта диоксида титана ОАО «Сумыхимпром» в 2009-2013 гг., \$/т
- Рисунок 37. Динамика цен (граница Украины) на различные сорта диоксида титана ЗАО «Крымский титан» в 2010-2013 гг., \$/т
- Рисунок 38. Динамика производства, «кажущегося» потребления, импорта диоксида титана в России в 1999-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 39. Структура потребления диоксида титана в РФ по областям применения в 2008 г., %
- Рисунок 40. Структура потребления диоксида титана в РФ по областям применения в 2013 г., %
- Рисунок 41. Динамика производства, «кажущегося» потребления, экспорта-импорта диоксида титана на Украине в 2000-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 42. Динамика производства лакокрасочных материалов в России в 2005-2013 гг., тыс. т
- Рисунок 43. Динамика российского производства пластмассы в первичных формах в 2005-2014 гг., тыс. т
- Рисунок 44. Динамика российского производства ПВХ и прочих галогенизированных олефинов в первичных формах в 2005-2014 гг., тыс. т
- Рисунок 45. Оптимистический прогноз производства и потребления диоксида титана в России до 2020 г., тыс. т



Рисунок 46. Пессимистический прогноз производства и потребления диоксида титана в России до 2020 г., тыс. т

Рисунок 48. Базовый прогноз производства и потребления диоксида титана в России до 2020 г., тыс. т

## Аннотация

Настоящий отчет является исследованием рынка диоксида титана в России и странах СНГ (Казахстан и Украина). Кроме того в нем представлена краткая информация о состоянии мирового рынка данного сегмента промышленности.

Мониторинг ведется с **1999 г.**

**Цель исследования** – анализ рынка диоксида титана в странах СНГ, в основном в России и на Украине.

Данная работа является кабинетным исследованием. В качестве источников информации использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, официальной статистики железнодорожных перевозок ОАО «РЖД», Агентства Республики Казахстан по статистике, Государственного Комитета статистики Украины, данные базы UNdata, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов производителей.

**Хронологические рамки исследования:** 1999-2013 гг.; прогноз – 2015-2020 гг.

**География исследования:** Российская Федерация, Украина, Казахстан.

Отчет состоит из 6 частей, содержит 193 страницы, в том числе 40 таблиц, 48 рисунков и 2 приложения.

**В первой главе** описаны основные технологии производства диоксида титана – сульфатный и хлорный способы, приведены данные по требованиям к сырью. В главе содержатся сведения по мировому производству титаносодержащих концентратов в 1999-2013 гг. и ценам на ильменитовые и рутиловые концентраты в 2002-2014 гг. Особое внимание уделено сырьевой базе стран СНГ для производства диоксида титана. Кратко рассмотрены все производители титаносодержащих концентратов в России, на Украине и в Казахстане, описаны ключевые месторождения: разрабатываемые и потенциальные. В двух разделах первой главы приведены данные о новых проектах стран СНГ по развитию сырьевой базы титана.

**Вторая глава** посвящена исследованию производства диоксида титана в мире и странах СНГ. Кратко рассмотрен ситуационный анализ в мире, сложившийся в результате резкого повышения цен на сырье 2010-2012 гг. Приведена мировая структура потребления диоксида титана в 2013 г. Особое внимание во второй главе уделено производству диоксида титана в России и на Украине. Подробно описаны основные производители пигмента – ОАО «Сумыхимпром» и ЗАО «Крымский титан» (динамика выпуска в 2002-2013 гг., внешнеторговые операции, финансовое состояние, планы по модернизации). В отдельном разделе главы описаны новые проекты по созданию мощностей для производства диоксида титана в России.

**Третья глава** посвящена экспорту и импорту диоксида титана в России (1999-2013 гг.) и на Украине (2000-2013 гг.). Кроме динамики и особенностям поставок особое внимание в данном разделе уделено выявлению

непосредственных потребителей диоксида титана в России. Также приведены сведения по покупателям украинского  $TiO_2$  в мире.

**В четвертой главе** дан обзор цен на диоксид титана в мире, а также рассмотрены экспортно-импортные цены на границе Украины и РФ (без учета НДС и транспортной составляющей).

**Пятая глава** посвящена потреблению диоксида титана в России и на Украине в 1999-2014 гг. Приведены баланс потребления (в динамике) и структура потребления в 2008 и 2013 гг. В отдельном разделе главы описано состояние основных отраслей российской промышленности, применяющих диоксид титана – лакокрасочная, производство пластиков и пленок, выпуск ламинированной бумаги и пр.

В **шестой главе** проанализированы перспективы производства и применения диоксида титана в России и на Украине до 2020 г. с учетом индексов развития основных потребляющих отраслей и складывающейся ситуацией в экономике наших стран.

В приложениях приведена контактная информация основных предприятий-производителей и потребителей (только по РФ) диоксида титана.

**Целевая аудитория исследования:**

– участники рынка диоксида титана и цепочек его дальнейшего потребления;

– потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке титансодержащей продукции.

## ВВЕДЕНИЕ

Диоксид титана (двуокись титана, оксид титана (IV), титановые белила, пищевой краситель E171. Англоязычные названия: titanium dioxide и, менее правильное, хотя тоже используемое – titanium oxide); по химическому составу соответствует формуле  $TiO_2$ .

Чистый диоксид титана – это бесцветное твердое кристаллическое вещество, в тонкораздробленном состоянии – белый порошок. Несмотря на бесцветность, в больших количествах хорошо очищенный  $TiO_2$  – 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).

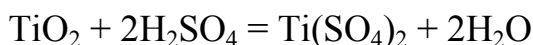
К **физическим свойствам**  $TiO_2$  также относится появление желтизны после нагревания и обесцвечивание после охлаждения. Диоксид титана полиморфен и существует в виде нескольких кристаллических модификаций. В зависимости от специфики строения кристаллической решетки в природе встречается анатаз или октаэдрит (тетрагональная сингония), рутил (кубическая сингония) и брукит (ромбическая сингония). Следует отметить, что брукит в природе встречается редко и почти не производится промышленно. Анатазная форма существенно уступает по производству рутильной, так как хуже рассеивает свет (примерно на 30%) и менее атмосферостойка (хуже защищает от УФ лучей).

Основой структур этих модификаций являются октаэдры  $TiO_6$ , причем каждый ион  $Ti^{4+}$  окружён шестью ионами  $O^{2-}$ . В свою очередь каждый ион кислорода принадлежит трём октаэдрам. Однако кристаллы рутила имеют более плотную упаковку ионов по сравнению с анатазом.

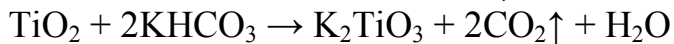
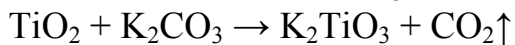
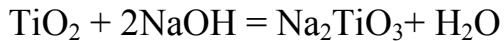
В результате более сильного взаимного притяжения ионов в молекулах рутила данная модификация обладает большей твердостью (абразивностью), более высокими показателем преломления (2,55 – у анатаза и 2,7 – у рутила) и диэлектрической постоянной. Плотность при 20°C для рутила – 4,235 г/см<sup>3</sup>, для анатаза – 4,05 г/см<sup>3</sup>, для брукита – 4,1 г/см<sup>3</sup>.

$T_{пл.}$  рутила – 1870°C;  $T_{кип.}$  рутила – 2500°C;  $T_{разл.}$  рутила – 2900°C. Температуры плавления, кипения и разложения для других модификаций не указаны, т.к. при нагревании и анатаз, и брукит необратимо превращаются в рутил (температуры перехода соответственно 400-1000°C и около 750 C).

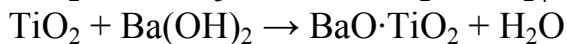
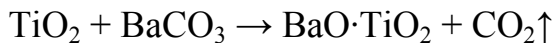
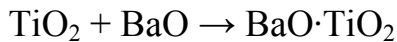
По своим **химическим свойствам**  $TiO_2$  относится к *амфотерным оксидам*, то есть проявляет как кислотные, так и основные свойства.  $TiO_2$  практически не растворяется в воде, разбавленных растворах щелочей и минеральных кислотах, кроме плавиковой и концентрированной серной, в которой он медленно растворяется с образованием соответствующего сульфата:



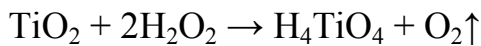
В концентрированных растворах щелочей, карбонатов или гидрокарбонатов образуются *титанаты* – соли титановой кислоты (амфотерного гидроксида титана  $\text{TiO}(\text{OH})_2$ ):



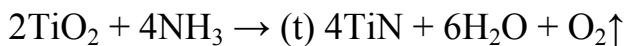
При сплавлении  $\text{TiO}_2$  с оксидами, гидроксидами и карбонатами образуются двойные оксиды:



Реагируя с перекисью водорода, диоксид титана дает *ортотитановую кислоту*:



При нагревании  $\text{TiO}_2$  с аммиаком образуется *нитрид титана*:



Сильными восстановителями, например, активными металлами (Ca, Mg, Na), углеродом или водородом при высокой температуре диоксид титана восстанавливается до низших оксидов. При нагревании с углеродом в атмосфере хлора образуется тетрахлорид титана  $\text{TiCl}_4$ , что используется в промышленности для очистки титана от различных примесей.

Нагревание  $\text{TiO}_2$  до  $2200^\circ\text{C}$  приводит сначала к отщеплению кислорода с образованием синего  $\text{Ti}_3\text{O}_5$  (то есть  $\text{TiO}_2 \cdot \text{Ti}_2\text{O}_3$ ), а затем и темно-фиолетового  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ .

Гидроксид  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  в зависимости от условий его осаждения может содержать переменное число связанных с титаном OH-групп. Полученный при невысоких температурах  $\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (альфа-форма) хорошо растворяется в разбавленных минеральных и сильных органических кислотах, но практически не растворяется в растворах щелочей, легко пептизируется с образованием устойчивых коллоидных растворов. После сушки на воздухе образует белый порошок плотностью  $2,6 \text{ г/см}^3$ , приближающийся по составу к формуле  $\text{TiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (метатитановая кислота).

Итак, диоксид титана отличается высокой реакционной устойчивостью к различным соединениям, в том числе и к токсичным, содержащимся в воздушной среде. Из-за своей инертности  $\text{TiO}_2$  не токсичен и считается безопасным веществом. В составе упаковки он может контактировать с продуктами, а в определенных концентрациях его можно использовать и как пищевой краситель. В организм диоксид титана может поступать в виде аэрозоля при вдыхании или при приеме внутрь. ПДК в воздухе рабочей зоны –  $10 \text{ мг/м}^3$ .

Благодаря своим исключительно высоким техническим свойствам – разбеливающей способности, термо- и светостойкости – диоксид титана, как уже отмечалось, является наиболее широко распространенным белым пигментом. Поэтому, хотя **области применения** продукта в целом крайне разнообразны, однако подавляющая его часть традиционно используется при выпуске лакокрасочных материалов. При этом основной функцией диоксида титана в красках является придание им белого цвета, яркости, а также улучшение укрывистости (способности лакокрасочного материала перекрывать цвет окрашиваемой поверхности), защита покрытий от вредных ультрафиолетовых лучей, предотвращение старения плёнки и пожелтения покрашенных поверхностей. Для повышения стойкости покрытий к атмосферным воздействиям  $TiO_2$  добавляется также в печатную краску.

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.

# I. Технология производства диоксида титана и используемое в промышленности сырье

## I.1. Способы получения диоксида титана

Исходным сырьем для производства диоксида титана является продукция горно-обогатительных предприятий (титансодержащий, чаще всего ильменитовый ( $\text{FeTiO}_3$ ) концентрат). Существуют два промышленных способа получения  $\text{TiO}_2$ :

1. Сульфатный или сернокислотный (из титансодержащего концентрата);
2. Хлорный или хлоридный (из тетрахлорида титана);

Следует отметить, что обе формы пигмента диоксида титана – рутильная и анатазная – могут быть получены любым из этих способов.

### I.1.1. Сульфатный способ

Сульфатный способ был внедрен в промышленность в 1931 г. для производства анатазной формы диоксида титана, а в 1941 г. – рутильной формы. Технология производства диоксида титана этим методом основана на обработке ильменита (природная смесь различных оксидов, в основном четырехвалентного Ti и трехвалентного Fe) серной кислотой.

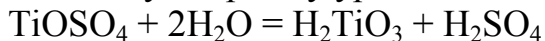
*Для сульфатной технологии необходимы малоизмененные ильмениты, где содержание окисного железа в минерале меньше или равно содержанию закисного железа (в противном случае концентраты не будут растворяться в серной кислоте). Таким требованиям отвечают ильменитовые концентраты, полученные из коренных месторождений или концентраты из россыпей ближнего сноса. По сульфатной технологии 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  $\text{TiO}_2$ ), 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%  $\text{TiO}_2$  – 3,1 т; серной кислоты (моногидрат) – 4-4,5 т; железной стружки – 0,24 т.*

На первой стадии процесса ильменит измельчают, высушивают, а затем разлагают концентрированной серной кислотой. При этом степень разложения концентрата составляет 96-97%.

В результате получают смесь сульфата титана и сульфатов железа (II) и (III), которую охлаждают и разбавляют водой до определённой концентрации. Затем металлическим железом восстанавливают в растворе титанилсульфата трёхвалентное железо до двухвалентного. Полученный раствор отстаивают и подают на черную фильтрацию. В отфильтрованном растворе при охлаждении

выкристаллизовывают железный купорос и отделяют его от маточного раствора на центрифугах. Побочный продукт производства (семиводный железный купорос) прокаливают до получения одноводного ( $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) и измельчают, а раствор титанилсульфата упаривают до стандартной концентрации и отправляют на следующую стадию процесса – гидролиз.

Гидролиз раствора сульфатных солей титана проводят методом введения зародышей (их готовят, осаждая  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  из растворов сульфата титана гидроксидом натрия). В процессе гидролиза выделяются аморфные хлопья гидрата диоксида титана, обладающие высокой адсорбционной способностью, особенно по отношению к солям  $\text{Fe}^{3+}$ , именно по этой причине на предыдущей стадии трёхвалентное железо восстанавливается до двухвалентного. Процесс протекает по суммарному уравнению:



При этом образуется большое количество (в пересчете на моногидрат  $\sim 2$  т на 1 т  $\text{TiO}_2$ ) разбавленной 20-22%-ной гидролизной серной кислоты, загрязненной сульфатом железа, 1-2% титанилсульфата и несколькими процентами других сульфатов. Эта кислота также является отходом производства. Возможное направление утилизации гидролизной кислоты – упаривание до концентрации 55% с последующим ее использованием для производства суперфосфата. Кроме того в этой гидролизной кислоте концентрируется скандий.

Варьируя условия проведения гидролиза (концентрацию, длительность стадий, количество зародышей, кислотность и т. п.) можно добиться выхода частиц гидролизата с заданными свойствами, в зависимости от предполагаемого применения. При гидролизе в осадок выделяется до 95-96% титана, причем образующаяся метатитановая кислота сорбирует значительное количество  $\text{SO}_3$ .

На завершающей стадии процесса метатитановую кислоту подвергают фильтрации в две стадии, на которых осуществляется ее отмывка от хромофорных примесей и отбеливание. После добавления необходимых компонентов пасту гидрата диоксида титана прокаливают во вращающихся барабанных прокалочных печах длиной 40-60 м, в результате чего из нее удаляется вначале вода (при 200-300°C), затем  $\text{SO}_3$  (при 500-800°C) и при 850-900°C получается нейтральный (pH=7) продукт – диоксид титана.

На этом этапе, варьируя температуру сушки и используя добавки (такие, как оксид цинка, хлорид титана) и другие методы, можно провести рутилизацию (то есть перестройку оксида титана в рутильную модификацию).

Прокаленный продукт измельчается в две стадии и передается на поверхностную обработку, которую ведут определенными химическими веществами для придания пигменту диоксида титана определённых потребительских свойств. Обработанный пигмент диоксида титана сушат и передают на микроизмельчение, после чего упаковывают и отправляют на склад.

Примерный расход основных материалов на производство 1 т диоксида титана из ильменитовых концентратов сернокислотным методом составляет:



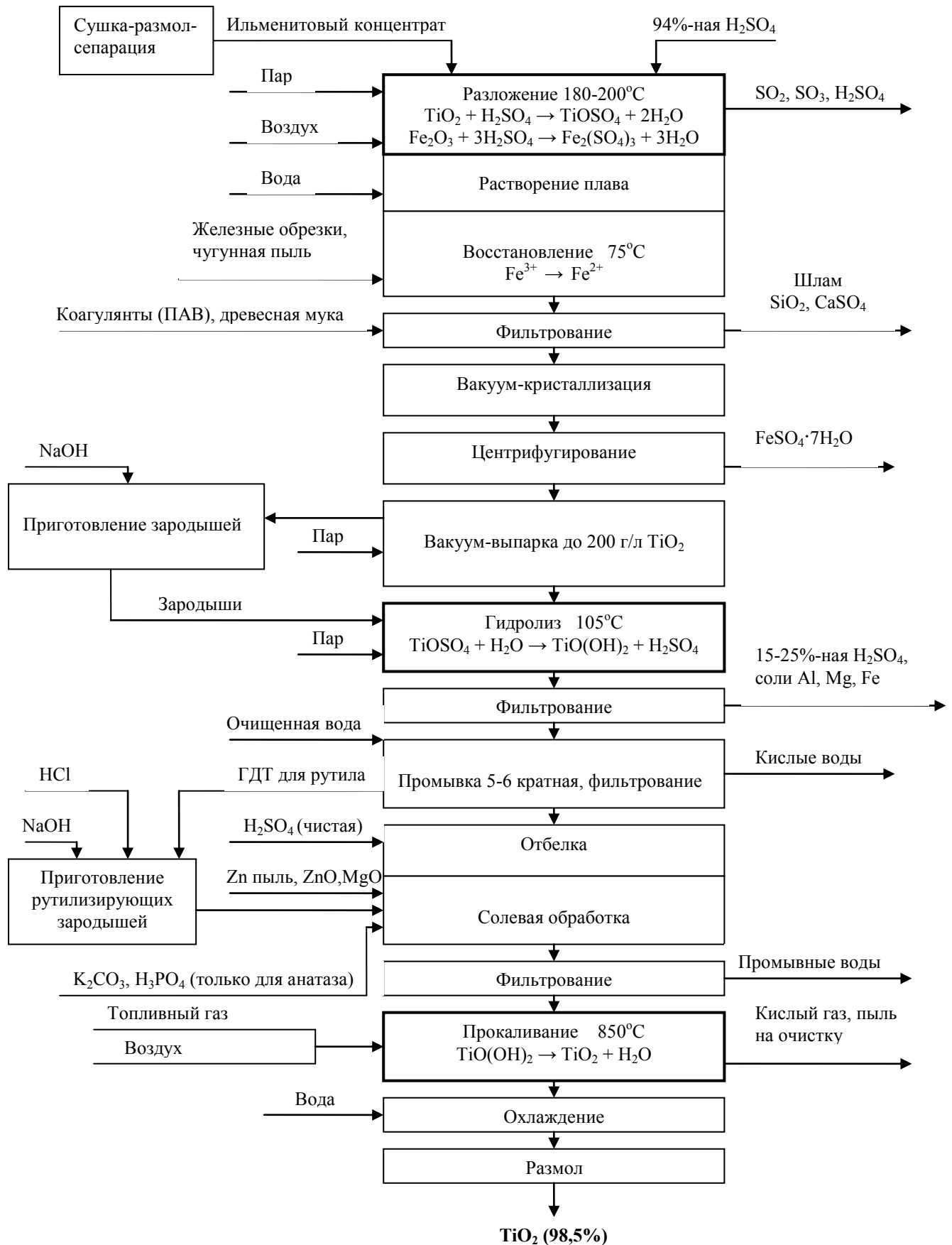
ильменитового концентрата, содержащего 42%  $TiO_2$  – 3,1 т; серной кислоты (моногидрат) – 4-4,5 т; железной стружки – 0,24 т.

Принципиальная схема получения  $TiO_2$  сульфатным способом представлена на рисунке 1.

Следует отметить, что источником получения  $TiO_2$  сульфатным методом могут служить также получаемые при рудовосстановительной плавке ильменитовых концентратов титановые шлаки. На шлаках (70%  $TiO_2$ ), в частности, работает завод в Канаде (провинция Квебек, близ Сореля).

При получении диоксида титана из шлаков сернокислотным методом растворы после выщелачивания сульфата титана, содержащие 190 г/л  $TiO_2$  и малое количество железа, гидролизуются легче, чем при переработке ильменитовых концентратов. Получаемая гидролизная кислота содержит ~9 г/л железа, что облегчает ее регенерацию.

**Рисунок 1. Принципиальная схема получения диоксида титана из ильменитового концентрата сульфатным способом**



Источник: обзор научно-технической литературы