

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



исследовательская группа

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

# Обзор рынка боропродуктов и борной кислоты в России и мире

Издание 7-е

Москва  
август, 2013

## Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/10/56>

Общее количество страниц: 150 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
ВВЕДЕНИЕ .....	12
I. Мировой рынок .....	14
I.1. Проявления минералов бора, свойства бора.....	14
I.2. Минерально-сырьевые запасы бора в мире .....	15
I.3. Добыча борных руд (2001-2011 гг.) и производство боропродуктов в мире .....	18
I.4. Основные страны и компании-производители.....	21
I.5. Внешняя торговля боропродуктами и борной кислотой (2008-2011 гг.), основные страны-поставщики и импортеры.....	27
I.6. Структура мирового потребления боропродуктов. Основные сегменты рынка. ....	39
I.7. Рынки конечных потребителей борной кислоты. ....	41
I.8. Мировой баланс спроса и предложения. Текущий и потенциальный объем рынка, степень насыщенности, динамика развития рынка .....	45
I.9. Барьеры для входа в отрасль, иные рыночные ограничения. ....	47
I.10. Сезонность спроса и предложения на рынке боропродуктов, влияние факторов сезонности на объем продаж .....	49
I.11. Цены на борную кислоту и боропродукты, прогноз цен до 2023 г.....	50
I.12. Прогноз мирового производства и потребления боропродуктов до 2023 г. ....	59
II. Рынок АТР .....	60
II.1. Добыча борных руд, производство и потребление боропродуктов в АТР (Китай, Япония, Корея) (1998-2012 гг.).....	60
II.2. Перспективы и прогноз производства и потребления боросодержащей продукции в странах АТР (Китай, Япония, Корея) до 2023 г.....	63
III. Запасы и месторождения бора в СНГ .....	64
IV. Добыча борных руд и производство боропродуктов в России/СНГ (1996-2012 гг.) .....	70
V. Текущее состояние предприятий-производителей борной продукции в СНГ .....	79
V.1. ЗАО Горно-химический комбинат «Бор» (Дальнегорск, Приморский край, РФ) .....	79
V.2. ОАО «Буйский химический завод» (Буй, Костромская обл., РФ).....	91
V.3. АО «КазИнвестНедры» (Атырауская обл., Республика Казахстан).....	93
V.4. ТОО с ИУ «Сатбор» (Уральск, Республика Казахстан).....	95
V.5. ОАО «Южно-Уральский криолитовый завод» (Кувандык, Оренбургская обл., РФ).....	96

VI. Внешнеторговые операции с борной продукцией .....	99
VI.1. Объем экспорта-импорта борной кислоты в РФ в 1999-2012 гг. ....	99
VI.2. Тенденции и особенности экспортно-импортных поставок борной кислоты в РФ в 1999-2012 гг. ....	101
VI.3. Основные направления экспортно-импортных поставок.....	103
VI.4. Экспорт-импорт боропродуктов в РФ в 2006-2012 гг. ....	108
VI.5. Импорт борной кислоты в других странах СНГ .....	114
VI.6. Динамика экспортно-импортных цен в РФ .....	120
VII. Внутреннее потребление борной продукции В РФ .....	127
VII.1. Баланс потребления борсодержащих руд в РФ.....	127
VII.2. Баланс потребления борной кислоты в России.....	129
VII.3. Структура потребления борной кислоты в России.....	132
VII.4. Основные отрасли-потребители борной кислоты.....	134
VII.5. Основные предприятия-потребители, их проекты .....	144
VIII. Перспективы и прогноз производства, экспорта, импорта и потребления борсодержащей продукции в странах России/СНГ до 2023 г. ....	147
Приложение: Контактная информация предприятий–производителей боропродуктов и борной кислоты в России	

## СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1. Запасы борсодержащих руд в мире, млн т\* (в пересчете на  $B_2O_3$ )
- Таблица 2. Основные минералы бора, встречающиеся в его промышленных месторождениях
- Таблица 3. Добыча борсодержащих руд в мире в 1998-2012 гг., тыс. т
- Таблица 4. Мощности основных предприятий по производству боропродуктов компании Eti Mine
- Таблица 5. Экспорт-импорт боропродукции США в 2006-2012 гг. тыс. т
- Таблица 6. Основные страны-поставщики борсодержащих продуктов в 2008-2012 гг., тыс. т
- Таблица 7. Направления импортных поставок борсодержащих продуктов в 2008-2012 гг., тыс. т
- Таблица 8. Основные страны-поставщики борной кислоты в 2008-2012 гг., тыс. т
- Таблица 9. Направления импортных поставок борной кислоты в 2008-2012 гг., тыс. т
- Таблица 10. Цены на борную кислоту основных экспортеров в 2008-2012 гг., \$/т
- Таблица 11. Цены на импортную борную кислоту от различных экспортеров в основных странах-потребителях в 2008-2012 гг., \$/т
- Таблица 12. Экспортные цены на борсодержащие продукты основных стран-поставщиков в 2010-2012 гг., \$/т
- Таблица 13. Цены на импортные борсодержащие продукты в основных странах-потребителях в 2010-2012 гг., \$/т
- Таблица 14. Импорт борсодержащих продуктов странами АТР ( Китай, Япония, Респ. Корея) в 2008-2012 гг., тыс. т, %
- Таблица 15. Географическое размещение балансовых запасов борных руд в РФ
- Таблица 16. Требования к качеству товарного датолитового концентрата производства ЗАО ГХК «Бор»
- Таблица 17. Добыча борсодержащих руд в СНГ в 1996-2012 гг., тыс. т
- Таблица 18. Физико-химические показатели борной кислоты различных марок по ГОСТ 18704-78
- Таблица 19. Производство борной кислоты в СНГ в 1996-2012 гг., тыс. т
- Таблица 20. Поставки борной кислоты производства ЗАО «Бор» на рынок России в 2002-2012 гг., т
- Таблица 21. Доля экспорта борной кислоты (%) в общем объеме ее производства (тыс. т) ЗАО «Бор» в 1999-2012 гг.
- Таблица 22. География экспортных поставок ЗАО ГХК «Бор» в 1999-2012 гг., т
- Таблица 23. Основные потребители боропродуктов производства ОАО «Буйский химический завод» в 2006-2012 гг., т
- Таблица 24. Добыча боратовой руды АО «Индербор» в 1994-1997 гг., тыс. т
- Таблица 25. Поставки боратовой руды из Казахстана в ОАО «Южно-Уральский криолитовый завод» в 1999-2005 гг.

- Таблица 26. Доля экспорта борной кислоты в общем объеме ее производства в ОАО «ЮУКЗ» в 1999-2004 гг., т, %
- Таблица 27. География экспортных поставок борной кислоты ОАО «ЮУКЗ» в 1999-2005 гг., т, \$/т
- Таблица 28. Поставки борной кислоты производства ОАО «ЮУКЗ» на рынок России в 2002-2004 гг., т
- Таблица 29. Внешняя торговля борной кислотой в РФ в 1999-2012 гг., тыс. т
- Таблица 30. Доля экспорта борной кислоты в общем объеме ее производства в России в 1999-2012 гг., тыс. т, %
- Таблица 31. Российские экспортеры борной кислоты в 1999-2012 гг., т
- Таблица 32. Страны-потребители российской борной кислоты в 1999-2012 гг., т
- Таблица 33. Страны-поставщики борной кислоты в РФ в 1999-2012 гг., т
- Таблица 34. Компании-поставщики борной кислоты в РФ в 2006-2012 гг., т
- Таблица 35. Российские получатели борной кислоты в 2006-2012 гг., т
- Таблица 36. Поставки боросодержащих продуктов в РФ в 2006-2012 гг., т
- Таблица 37. Основные компании поставщики боросодержащих продуктов в РФ в 2008-2012 гг., т
- Таблица 38. Российские потребители импортного пербората натрия в 2006-2012 гг., т
- Таблица 39. Российские потребители импортных природных боратов и буры в 2011-2012 гг., т
- Таблица 40. Экспорт боросодержащих продуктов из РФ в 2006-2012 гг., т
- Таблица 41. Внешняя торговля борной кислотой на Украине в 2000-2012 гг., т
- Таблица 42. Страны-поставщики борной кислоты на Украину в 2000-2012 гг., т
- Таблица 43. Основные компании поставщики борной кислоты на Украину в 2008-2012 гг., т
- Таблица 44. Украинские потребители импортной борной кислоты в 2003-2012 гг., т
- Таблица 45. Импорт борной кислоты в Белоруссию в 2005-2011 гг., т
- Таблица 46. Импорт борной кислоты в другие страны СНГ в 2005-2010 гг., т
- Таблица 47. Экспортно-импортные цены на борную кислоту в России в 1999-2012 гг., \$/т
- Таблица 48. Импортные цены на борную кислоту для основных российских потребителей в 2006-2012 гг., \$/т
- Таблица 49. Цены основных компаний-поставщиков борной кислоты в Россию в 2006-2012 гг., \$/т
- Таблица 50. Экспортные цены для стран-потребителей российской борной кислоты в 2006-2012 гг., \$/т
- Таблица 51. Импортные цены на боросодержащие продукты, поставляемые в РФ в 2006-2012 гг., \$/т
- Таблица 52. Импортные цены на перборат натрия для российских потребителей в 2006-2012 гг., \$/т
- Таблица 53. Потребление боросодержащих руд в РФ в 1999-2012 гг., тыс. т
- Таблица 54. Показатели потребления борной кислоты в России в 1999-2012 гг., тыс. т, %

Таблица 55. Содержание В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> в неорганических стеклах с особыми свойствами, % по массе

Таблица 56. Производство медицинского дрота (товарного и для внутреннего потребления) и поставки борной кислоты в 2006-2010 гг., т

Таблица 57. Поставки борной кислоты российским производителям эмалей в 2002-2012 гг., т

Таблица 58. Составы флюсов для газовой сварки и пайко-сварки чугуна, %

Таблица 59. Составы флюсов для газовой сварки меди и ее сплавов, %

Таблица 60. Химический состав ферробора по ГОСТ 14848-69

Таблица 61. Основные потребители борной кислоты в России в 2002-2012 гг., т

## СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1. Динамика мировой добычи борных руд в 1998-2012 г., тыс. т
- Рисунок 2. Региональная структура мировой добычи борных руд в 1998 г., %
- Рисунок 3. Региональная структура мировой добычи борных руд в 2012 г., %
- Рисунок 4. Производство химических соединений бора и производственные мощности компании Eti Mine в 2000-2011 гг., тыс. т, тыс. т/г.
- Рисунок 5. Объемы продаж борсодержащей продукции компании Eti Mine на внутреннем и внешнем рынках в 2002-2012 гг., тыс. т
- Рисунок 6. Объемы продаж борсодержащей продукции компании Eti Mine на внутреннем и внешнем рынках в 2002-2012 гг., тыс. \$
- Рисунок 7. Структура мировой торговли боропродуктами по товарным позициям в 2012 г., %
- Рисунок 8. Динамика мировой торговли (экспортные поставки) борсодержащих продуктов в 2008-2012 гг., тыс. т
- Рисунок 9. Распределение долей рынка борсодержащих продуктов между производителями в 2012 г., %
- Рисунок 10. Региональная структура мирового потребления борсодержащих продуктов в 2012 г., %
- Рисунок 11. Отраслевая структура мирового потребления борсодержащих продуктов в 2012 г., %
- Рисунок 12. Динамика потребления борсодержащих соединений основными перерабатывающими отраслями в 2005-2013 гг., тыс. т  $B_2O_3$
- Рисунок 13. Прогноз потребления борсодержащих продуктов основными отраслями до 2015 г., т  $B_2O_3$
- Рисунок 14. Соотношение спроса и предложения боратов в мире в 2005-2013 гг., тыс. т  $B_2O_3$
- Рисунок 15. Соотношение спроса и предложения боратов в мире в 2005-2022 гг., тыс. т  $B_2O_3$
- Рисунок 16. Соотношение спроса и предложения боратов в мире в 2009-2023 гг., тыс. т  $B_2O_3$
- Рисунок 17. Динамика российских импортных поставок борной кислоты в 2009-2012 гг., тыс. т
- Рисунок 18. Динамика цен на борную кислоту основных экспортеров в 2008-2012 гг., \$/т
- Рисунок 19. Рост ВВП по основным группам государств в 2000-2020 гг., %
- Рисунок 20. Динамика мировых цен на борную кислоту (прогноз) в 2008-2023 гг., \$/т
- Рисунок 21. Прогноз мирового потребления и производства борсодержащих продуктов до 2023 г., тыс. т  $B_2O_3$
- Рисунок 22. Динамика добычи борсодержащих руд в Китае в 1998-2012 гг., тыс. т
- Рисунок 23. Китайский импорт борсодержащей продукции, доля страны в мировом импорте в 2008-2012 гг., тыс. т, %



- Рисунок 24. Экспорт борсодержащей продукции Китаем, Респ. Корея и Японией, доля стран в мировом экспорте 2008-2012 гг., тыс. т, %
- Рисунок 25. Прогноз мирового потребления борсодержащих продуктов странами АТР (Китай, Респ. Корея, Япония) до 2023 г., тыс. т  $B_2O_3$ , %
- Рисунок 26. Динамика добычи борсодержащих руд в СНГ в 1994-2012 гг., тыс. т
- Рисунок 27. Динамика добычи датолитовой руды и выпуска борной и серной кислоты ЗАО «Бор» в 1996-2012 гг., тыс. т
- Рисунок 28. Динамика производства борной кислоты ОАО «Южно-Уральский криолитовый завод»
- Рисунок 29. Динамика экспортно-импортных операций с борной кислотой в России в 1999-2012 гг., тыс. т
- Рисунок 30. Доля стран АТР в экспорте  $H_3BO_3$  из РФ в 2002-2012 гг., %
- Рисунок 31. Объем импорта борной кислоты (тыс. т) и динамика среднеимпортных цен (\$/т) на Украине в 2000-2012 гг.
- Рисунок 32. Динамика экспортных цен (\$/т) на борную кислоту и объем экспорта (тыс. т) в РФ в 1999-2012 гг.
- Рисунок 33. Динамика российских экспортных цен на борный ангидрид в 1999-2012 гг., \$/т
- Рисунок 34. Динамика российских экспортных цен на различные боропродукты в 2006-2012 гг., \$/т
- Рисунок 35. Баланс потребления борной кислоты и буры в РФ в 2005-2010 гг.
- Рисунок 36. Структура потребления борной кислоты в РФ в 2012 г., %
- Рисунок 37. Сравнение структуры потребления борной кислоты в России, в 2004, 2010 и 2012 гг., %
- Рисунок 38. Динамика производства стекловолокна в России в 2006-2012 гг., т
- Рисунок 39. Динамика производства керамической глазурованной плитки в РФ в 1998-2012 гг., млн м<sup>2</sup>
- Рисунок 40. Прогноз производства, потребления, экспорта и импорта борной кислоты до 2023 г., тыс. т

## АННОТАЦИЯ

Настоящий обзор посвящен исследованию мирового рынка боропродуктов и борной кислоты.

Мониторинг рынка ведется с сентября 2006 года.

**Цель исследования** – анализ рынка боропродуктов и борной кислоты – мирового, российского и стран СНГ.

**Объектами исследования** боропродукты и борная кислота.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, официальной статистики железнодорожных перевозок ОАО «РЖД», Государственной таможенной службы Украины; использованы материалы Государственной Геологической службы США (USGS), данные базы UNdata, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов производителей боропродуктов и борной кислоты

**Хронологические рамки исследования:** 1999-2012 гг.; прогноз – 2013-2023 гг.

**География исследования:** Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка; остальной мир – общие сведения о динамике и характеристиках рынка.

Отчет состоит из 8 частей, содержит 150 страниц, в том числе 40 рисунков, 61 таблица.

В **первой главе** обзора дана краткая характеристика мирового рынка боропродуктов и борной кислоты (запасы, добыча, производство, страны-производители, цены).

Во **второй главе** обзора дана краткая характеристика рынка боропродуктов и борной кислоты стран АТР (Китай, Япония, Корея) (запасы, добыча, производство, потребление, цены).

В **третьей главе** обзора приведены сведения о минерально-сырьевой базе борных руд в странах СНГ, приведена структура запасов и характеристика основных месторождений.

**Четвертая глава** обзора посвящена борных руд и производству боропродуктов и борной кислоты в странах СНГ. Кроме того, здесь приведены требования к качеству датолитового концентрата и описана технология, применяемая при обогащении датолитовой руды

отчета описано текущее состояние основных предприятий-производителей флюорита в странах СНГ, приведены количественные и качественные характеристики выпускаемой продукции на каждом предприятии.

В **пятой главе** приводятся данные о текущем состоянии предприятий-производителей борной продукции в СНГ,

В **шестой главе** обзора приводятся данные о внешнеторговых операциях с борной продукцией в РФ, на Украине и других странах СНГ. Приведена динамика импортно-экспортных цен в РФ.

В **седьмой главе** обзора рассматривается потребление боропродуктов и борной кислоты в РФ. В данном разделе приведены балансы производства-потребления борсодержащих руд и борной кислоты, отраслевая структура потребления борной кислоты, основные потребители.

В **восьмой главе** обзора приводится прогноз развития российского рынка борной кислоты на период до 2023 г.

**Целевая аудитория исследования:**

- участники рынка боропродуктов – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

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

## ВВЕДЕНИЕ

Среднее содержание бора в земной коре 4 г/т. Известно около 230 собственных минералов бора. Почти во всех минералах бор связан с кислородом, группа фторсодержащих соединений совсем малочисленна. Элементарный бор в природе не встречается. Он входит во многие соединения и широко распространён, особенно в небольших концентрациях; в виде боросиликатов и боратов, а также в виде изоморфной примеси в минералах входит в состав многих вулканических и осадочных пород. Бор содержится в нефтяных и морских водах, в водах соляных озёр, горячих источников и грязевых вулканов.

По условиям образования месторождения бора подразделяются на эндогенные, эндогенно-экзогенные и экзогенные.

Эндогенные месторождения бора связаны с известковыми и магнезиальными бороносными скарнами. Среди борных минералов в известковоскарных месторождениях преобладают боросиликаты – датолит ( $\text{CaB}(\text{OH})[\text{SiO}_4]$ ) и данбурит ( $\text{CaB}_2[\text{Si}_2\text{O}_8]$ ); в магнезиально-скарновых – бораты – суанит ( $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5$ ), котоит ( $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)_2$ ), людвицит-гулсит ( $(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_2(\text{Fe}^{3+},\text{Al}^{3+},\text{Sn}^{4+},\text{Ti}^{4+},\text{Mg})[\text{BO}_3(\text{O}_2)]$ ), ссайбелиит ( $\text{Mg}_2\text{OH}[\text{B}_2\text{O}_4(\text{OH})]$ ) и другие. Эндогенное оруденение составляет основу сырьевой базы борных руд России.

К эндогенно-экзогенным относятся вулканогенно-осадочные месторождения, формирующиеся в слабопроточных и бессточных озерах вблизи вулканов в условиях аридного климата. Борные минералы представлены боратами Ca, Na и Na-Ca: колеманитом, тинкалом, конитом, бурой, кернитом и др.

Экзогенные месторождения бора связаны с залежами морских калийно-магниевых солей (галогенные) или с процессами их выветривания (элювиальные). Основные минералы бора – калиборит, гидроборацит, преображенскит, борацит, улесит, ашарит и др. В России экзогенные месторождения не имеют промышленного значения.

Кроме рудных месторождений источником бора могут являться воды минеральные, пластовые нефтяных и газовых месторождений.

По условиям образования, минеральному составу, технологическим свойствам борные руды подразделяются на боросиликатные, боратовые, комплексные борато-магнетитовые и олово-борные.

Наиболее крупные и богатые скопления боратовых руд в природе связаны с месторождениями вулканогенно-осадочного типа, которые обеспечивают 90% мировой добычи бора. Руды легкообогатимые, комплексные, из них извлекают также бентониты, цеолиты, серу, сурьму, стронций, галит и др. В России они пока не выявлены.

Основное промышленное значение в Российской Федерации имеют боросиликатные и комплексные борато-магнетитовые руды, связанные с эндогенными месторождениями скарнового типа.

Разработка боросиликатных месторождений, в отличие от боратов, требует сложных и затратных схем производства:

- подготовка горной массы к выемке ведётся буровзрывным способом;
- после крупного дробления руда подвергается усреднению в карьере и непосредственно на фабрике;
- обогащение руды производится по суспензионно-магнитно-флотационной схеме;
- флотация ведётся по схеме прямого селективного выделения боросиликатных минералов в содовой среде;
- полученный концентрат идёт на производство борной кислоты серноокислотным способом.

Технология получения боропродуктов очень трудоемкая. Нигде в мире борная кислота подобным способом не производится. Себестоимость полученной боропродукции выше, чем у зарубежных аналогов.

Основной областью применения боропродуктов является производство специальных сортов стекла, стекловолокна, эмалей, глазури, керамики (бура техническая, борный ангидрид, борная кислота, борат кальция). В сельском хозяйстве бура техническая используется для производства удобрений, гербицидов, инсектицидов. Кроме того, боропродукты применяются в производстве моющих средств (перборат натрия, бура техническая) и в медицине (борная кислота, бура пищевая). Нитрид и карбид бора используются для производства абразивных и полупроводниковых материалов, тугоплавких сверхтвердых сплавов, в качестве поглотителей нейтронов в ядерных реакторах.

Помимо этого, бор используется в производстве постоянных магнитов на базе трехкомпонентного сплава неодима, железа и бора; электрических трансформаторов, в персональных стереосистемах и плеерах для компакт-дисков; сканирующих устройствах. Перспективной областью является производство аморфных железокремний-борных сплавов, применяемых для изготовления сердечников трансформаторов.

## I. Мировой рынок

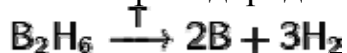
### I.1. Проявления минералов бора, свойства бора

Как уже говорилось, борные руды относятся к группе горнотехнического сырья. Большая их часть относится к классу боратов, меньше распространены боросиликаты и алюмоборосиликаты, объединенные в класс силикатов. Все они являются кислородными соединениями бора, и только четыре борных минерала относятся к неокислородным соединениям – фторидам. Из множества борных минералов практическое значение в настоящее время имеют всего около 20. В основном это кальциевые боросиликаты и бораты Mg, Ca, Na, K.

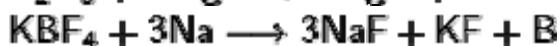
Кроме рудных месторождений источником бора могут являться нефтяные и морские воды (в морской воде 4,6 мг/л), воды сляных озёр, горячих источников и грязевых вулканов.

Основное применение борных руд – производство борной кислоты, бората кальция, буры технической, борных удобрений. Борная кислота (содержание B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 56%) является основой для производства многих боропродуктов: борного ангидрида (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 100%), боридов, перборатов, бороводородов, фтороборных соединений.

Бор получают несколькими способами. Наиболее чистый бор получают пиролизом бороводородов.



Методом металлотермии (чаще восстановление магнием или натрием):



Термическим разложением паров бромидов бора на раскаленной (1000—1200 °С) вольфрамовой проволоке в присутствии водорода (метод Ван-Аркеля):



В свободном состоянии бор представляет собой бесцветное, серое или красное кристаллическое, либо тёмное аморфное вещество. Известно более 10 аллотропных модификаций бора, образование и взаимные переходы которых определяются температурой, при которой бор был получен.

Кристаллический бор чрезвычайно твёрдое вещество (уступает только алмазу, нитриду бора (боразону), карбиду бора, сплаву бор-углерод-кремний, карбиду скандия-титана). Обладает хрупкостью и полупроводниковыми свойствами (широкозонный полупроводник). У бора самый высокий предел прочности на разрыв 5,7 ГПа

В природе бор находится в виде двух изотопов <sup>10</sup>B (20%) и <sup>11</sup>B (80%). <sup>10</sup>B имеет очень высокое сечение поглощения тепловых нейтронов, поэтому в составе борной кислоты его применяют в атомных реакторах для регулирования реактивности.

## 1.2. Минерально-сырьевые запасы бора в мире

По условиям образования, минеральному составу, технологическим свойствам борные руды подразделяются на боросиликатные, боратовые, комплексные борато-магнетитовые и олово-борные.

Наиболее крупные и богатые скопления боратовых руд в природе связаны с месторождениями вулканогенно-осадочного типа, которые обеспечивают 90% мировой добычи бора. Руды – легкообогатимые, комплексные, из них извлекают также бентониты, цеолиты, серу, сурьму, стронций, галит и др.

Основные запасы боратов в мире размещены в Турции и США. Геологическая служба США (USGS) оценивает общие резервы борсодержащих минералов в XX млн т (без учета России и Казахстана), а турецкий National Boron Research Institute – в XX млн т (таблица 1). Расхождение связано, главным образом, с оценкой запасов борсодержащих руд в Турции, а, следовательно, по мнению экспертов «ИнфоМайн», более достоверны данные, предоставляемые турецким Национальным исследовательским институтом.

**Таблица 1. Запасы борсодержащих руд в мире, млн т\***  
(в пересчете на B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Страна	Общие запасы			
	по данным Геологической службы США		по данным National Boron Research Institute (Турция)	
	2008	2012	2008	2012
Турция				
США				
Чили				
Китай				
Боливия				
Перу				
Сербия				
Аргентина				
Иран				
<b>Всего</b>				

\* – без учета СНГ

Источник: «ИнфоМайн», на основе данных Геологической службы США, National Boron Research Institute (Турция), Eti Mine Isletmeleri Genel Mudurlugu (Турция)

Запасы в США представлены, в основном, тинкалом и кернитом, а в Турции – колеманитом.

**Месторождение Крамер (США)**, расположенное в центре пустыни Мохаве приблизительно в 160 км к северо-востоку от Лос-Анжелеса, является одним из крупнейших борных месторождений мира. С начала своей

эксплуатации (1926 г.) и по настоящее время месторождение рассматривается как ведущий мировой поставщик борного сырья.

Месторождение приурочено к озерным отложениям миоценового возраста. Главное рудное тело месторождения, залегающее среди сине-серых глинистых сланцев на глубинах от 40 (северный и западный фланги) до 340 м (южный фланг), представляет пластовую залежь мощностью от 24 до 90 м (в среднем около 45-60 м), имеющую площадь около 2 км<sup>2</sup>. Она состоит из согласных пластов и прослоев мощностью до 10 см, а также линз, желваков и включений буры, кернита и тинкалконита; реже встречаются сирлезит, улесит и проберит. Эти пласты и прослои разделены тонкими слоями монтмориллонитовой глины и вулканического туфа. На участках богатых руд среднее содержание В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> составляет 25-30% и более. После добычи в карьере руда измельчается, просеивается и растворяется с получением насыщенной жидкости и ее фильтрацией. В результате кристаллизации этой жидкости образуются рафинированные кристаллы декагидрата и пентагидрата буры.

В **Турции** находится более двух третей мировых разведанных запасов бора. Основные месторождения бора расположены в западной части страны в провинциях Эскишехир, Балыкесир, Кютахья и Бурса. Добыча бора в Турции находится под контролем государственной компании Eti Mine Works G.M. Самое крупное из известных в настоящее время месторождений борного сырья – **Кырка (Сарикайя)** – находится в провинции Эскишехир в 240 км от Анкары. Оно связано с плиоценовыми озерными отложениями. Озерные карбонатно-глинистые отложения с прослоями вулканического пеплового материала занимают площадь около 10 км<sup>2</sup>, залегая на породах фундамента – туфах и лавах основного и кислого состава. Озерные отложения повсеместно перекрыты массивными известняками неогена мощностью в десятки метров. В рудном поле Кырка в настоящее время добывается около 450 тыс. т преимущественно натрово-боратовых руд; они поставляются на завод в Бандирме, где получают различные борные соединения, включая борную кислоту, декагидрат и пентагидрат буры.

В Южной Америке значительные запасы бора имеются в **Аргентине**: в провинции Сальта (месторождения **Tincalayu** и **Sijes**), а также в провинции Жужуй (пересыхающие озера **Salars Cauchari** и **Diabillo**). Основные минералы – колеманит, гидроборатит, кернит, тинкаль и улесит.

Запасами минералов бора располагает **Китай**, где обнаружено более 100 залежей боратов в 14 провинциях. При этом 80% всех месторождений сосредоточено в северо-восточной провинции Ляонин и западной Цинхай. По некоторым источникам китайские запасы легкодоступных борных руд будут исчерпаны в 2013 г.

Запасы боратов имеются также в ряде других стран, в частности в **Боливии**, **Чили**. В последнее время достаточно крупные месторождения бора выявлены в **Косово**.

Имеется информация о продвижении геологоразведочных работ, проводимых компанией RTM (Rio Tinto Minerals) на литий-боровом месторождении Jadar в **Сербии**, начало подземной разработки которого



планируется на 2015-2016 гг. В начале 2009 г. в результате работ, проведенных Rio Sava Exploration (дочерняя фирма компании RTM), была осуществлена оценка вероятных ресурсов этого месторождения. они оцениваются в 114 млн т руды, содержащей 13,1%  $B_2O_3$  и 1,8%  $Li_2O$ . В перспективе здесь предполагается производить карбонат лития аккумуляторного сорта, а также борную кислоту и бораты натрия. В 2011 г. ожидается утверждение плана строительства опытного завода на Jadar.

Помимо RTM, Геологоразведку в Сербии ведет канадская фирма Etin Ventures Inc., которая совместно с государственной компанией JP PEU (производитель угля) работает на месторождении Piskanja, расположенном в центральной части страны. Природные ресурсы здесь первоначально оценивались в 7,5 млн руды со средним содержанием  $B_2O_3$  в 36-39%.

В таблице 2 представлены основные минералы бора, встречающиеся в его промышленных месторождениях.

**Таблица 2. Основные минералы бора, встречающиеся в его промышленных месторождениях**

Группа	Минерал	Химический состав	Содержание $B_2O_3$ , %
Натровые бораты	борная кислота (сассолин)	$H_3BO_3$	56,4
	бура (тинкал)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	36,5
	тинкакконит	$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	47,8
	кернит	$Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$	51,0
Натрово-кальциевые бораты	улексит	$NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$	43,0
	проберит	$NaCaB_5O_9 \cdot 5H_2O$	49,6
Кальциевые бораты	иньбит	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 13H_2O$	37,6
	колеманит	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	50,8
	пандермит	$Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$	49,8
Кальциево-(калиево)-магниевые бораты	курчатовит	$Ca_6Mg_5MnB_{12}O_{30}$	40,7
	сахайт	$Ca_{12}Mg_4(CO_3)_4(BO_3)_7Cl(OH)_2 \cdot H_2O$	18,5
	калиборит	$KMg_2[B_3O_3(OH)_5]_2B_5O_6(OH)_4 \cdot 2H_2O$	57,0
	гидроборацит	$CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$	50,6
Магниевые бораты	борацит	$Mg_3B_7O_{13}C$	62,2
	ашарит (ссайбелиит)	$Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$	41,4
	котоит	$Mg_3(BO_3)_2$	35,5
	суанит	$Mg_2B_2O_5$	46,3
	преображенскит	$Mg_8[B_5O_7(OH)_4]_2 \cdot H_2O$	51,2
	людовигит	$(Mg,Fe)_2Fe(BO_3)O_2$	12-17
Боросиликаты	датолит	$Ca_2B_2(SiO_4)_2(OH)_8$	21,8
	данбурит	$CaB_2(SiO_4)_3$	28,3
Боралюмо-силикаты	аксинит	$Ca_2(Mg,Fe)Al_2BSiO_4O_{15}(OH)$	5-8
	турмалин	$(Na,Ca)(MgAl)_6[B_3Al_3Si_6(O,OH)_3O]$	7-12

Источник: научно-техническая литература