

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



ИНФОМАЙН 

исследовательская группа

www.infomine.ru

Обзор рынка активированного (активного) угля в СНГ

9 издание

Москва
январь, 2019

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/18/169>

Общее количество страниц: 193 стр.
Стоимость отчета – 60 000 рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ “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 «ИГ “Инфомайн”»

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация.....	10
Введение.....	12
1. Краткий обзор мирового рынка активированного угля в 2010-2017 гг.	13
2. Сырье для производства активированного угля, технология производства и оборудование	19
2.1. Сырье и технология производства активированного угля.....	19
2.2. Оборудование для производства активированного угля на древесной основе.....	30
3. Производство активированного угля в СНГ	33
4. Производство активированного угля в России (2001-2018 гг.)	37
4.1. Текущее состояние производителей активированного угля.....	39
АО «Сорбент» (Пермь).....	39
ООО «Карбоника-Ф» (Красноярск).....	51
ЗАО «Экспериментальный химический завод» (Великий Новгород).....	53
ООО «Активные угли Техносорб» (Пермь).....	58
ООО «Пермский завод сорбентов «УралХимСорб» (Пермь).....	64
ООО «Тюменский пиролизный завод» (Тюменская обл.).....	68
ООО «Карбонфильтр» (Санкт-Петербург).....	70
ОАО «Корпорация «Росхимзащита» (Тамбов).....	73
ОАО «Электростальский химико-механический завод им. Н.Д. Зелинского (ОАО «ЭХМЗ», Московская обл.).....	75
ОАО «ЭНПО Неорганика» (Московская обл.).....	78
ООО «НПП «Полихим» (Санкт-Петербург).....	83
ООО «МИУ-Сорб» (Москва).....	85
4.2. Предприятия, прекратившие выпуск активированного угля.....	87
ОАО «Заря» (Нижегородская обл.).....	87
ОАО «Карбохим» (Нижегородской обл.).....	89
ОАО «Амзинский лесокombинат» (Башкортостан).....	90
5. Внешнеэкономические операции с активированным углем в СНГ	91
5.1. Внешнеэкономические операции России с активированным углем в 2001-2018 гг.	91
5.1.1. Экспорт активированного угля.....	93
5.1.2. Импорт активированного угля.....	100
5.2. Внешнеэкономические операции Украины с активированным углем в 2001-2017 гг.	110
5.2.1. Экспорт активированного угля.....	112

5.2.2. Импорт активированного угля.....	115
5.3. Внешнеэкономические операции Белоруссии с активированным углем в 2004-2018 гг.....	124
5.4. Внешнеэкономические операции Казахстана с активированным углем в 2005-2017 гг.....	127
6. Обзор цен на активированный уголь	130
6.1. Цены на активированный уголь на внутреннем рынке России	130
6.2. Экспортно-импортные цены России (2001-2018 гг.)	133
6.3. Экспортно-импортные цены Украины (2001-2017 гг.).....	145
7. Потребление активированного угля в СНГ	149
7.1. Потребление активированного угля в России (2001-2018 гг.).....	149
7.1.1. Баланс потребления активированного угля в России	149
7.1.2. Отраслевая структура потребления активированного угля в России.....	153
7.1.3. Основные получатели активированного угля в России в 2007-2018 гг.....	167
7.2. Потребление активированного угля на Украине (2001-2017 гг.)	176
8. Прогноз производства и потребления активированного угля в России до 2025 г.	179
Приложение 1: Технические характеристики активированных углей российских производителей	183
Приложение 2: Контактная информация производителей и потребителей активированного угля.....	189

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1. Крупнейшие мировые экспортеры активированного угля в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 2. Крупнейшие мировые импортеры активированного угля в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 3. Сорбционная площадь поверхности различных сорбентов
- Таблица 4. Регламентируемые показатели сырья для производства активированных углей
- Таблица 5. Требования и нормы к физико-химическим показателям активного древесного дробленого угля (ГОСТ 6217-74)
- Таблица 6. Производство древесного угля в России в 2001-2017 гг., тыс. т
- Таблица 7. Марки активированного угля, выпускаемые российскими предприятиями и сырье для их производства
- Таблица 8. Производство активированного угля в России в 2001-2018 гг., т
- Таблица 9. Объемы поставок сырья для производства активированного угля АО «Сорбент» в 2007-2017 гг., т
- Таблица 10. Объем производства активированных углей АО «Сорбент» по видам в 2010-2014 гг., т
- Таблица 11. Поставки активированного угля производства АО «Сорбент» железнодорожным транспортом в 2004-2018 гг., т
- Таблица 12. Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности АО «Сорбент» в 2010-2017 гг, млн руб
- Таблица 13. Зарубежные потребители активированного угля производства АО «Сорбент» в 2005-2018 гг., т
- Таблица 14. Технические характеристики сорбента марки АБГ
- Таблица 15. Объемы поставок сырья ООО «Карбоника-Ф» в 2007-2009 гг., т
- Таблица 16. Марки активированного угля производства ЗАО «Экспериментальный химический завод»
- Таблица 17. Поставки активированного угля производства ЗАО «Экспериментальный химический завод» железнодорожным транспортом в 2012-2016 гг., т
- Таблица 18. Зарубежные потребители активированного угля ЗАО «Экспериментальный химический завод» в 2007-2016 гг., т
- Таблица 19. Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ЗАО «ЭХЗ» в 2006-2016 гг., млн руб
- Таблица 20. Поставки активированного угля производства ООО «Техносорб» железнодорожным транспортом в 2004-2011 гг., т
- Таблица 21. Зарубежные потребители активированного угля ООО «Техносорб» в 2005-2018 гг., т
- Таблица 22. Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Активные угли Техносорб» и ООО «ТД Техносорб» в 2009-2017 гг., млн руб
- Таблица 23. Основные технические характеристики активированных древесных углей производства ООО «УралХимСорб»

- Таблица 24. Рекомендуемые области применения активированного угля производства ООО «Уралхимсорб»
- Таблица 25. Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «ПЗС «УралХимСорб» и ООО «ТД «УралХимСорб» в 2011-2015 гг., млн руб
- Таблица 26. Зарубежные потребители активированного угля ООО «УралХимСорб» в 2007-2018 гг., т
- Таблица 27. Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО Тюменский пиролизный завод» в 2013-2017 гг., млн руб
- Таблица 28. Физико-химические показатели активированных углей ООО «Карбонфильтр»
- Таблица 29. Основные российские потребители активированных углей ООО «Карбонфильтр» в 2004-2008 гг., т
- Таблица 30. Профильные задачи в области химической защиты человека и виды деятельности предприятий ОАО «Корпорация «Росхимзащита»
- Таблица 31. Марки активированных углей ОАО «ЭХМЗ» и области их применения
- Таблица 32. Зарубежные потребители активированного угля ОАО «ЭХМЗ» в 2005-2008 гг., т
- Таблица 33. Марки активированных углей ОАО «ЭНПО «Неорганика» и области их применения
- Таблица 34. Основные показатели сорбентов МАУ
- Таблица 35. Показатели внешнеторговых операций России с активированным углем в 2001-2018 гг., т, тыс. \$, S/кг
- Таблица 36. Объемы российского экспорта активированного угля по направлениям в 2001-2018 гг., т
- Таблица 37. Объемы экспортных поставок активированного угля российскими производителями в 2005-2018 гг., т
- Таблица 38. Объемы российского импорта активированного угля по направлениям в 2001-2018 гг., т
- Таблица 39. Основные поставщики импортного активированного угля в Россию в 2006-2018 гг., т
- Таблица 40. Основные российские получатели импортного активированного угля в 2006-2018 гг., т
- Таблица 41. Объемы внешнеторговых операций Украины с активированным углем в 2001-2017 гг., т, тыс. \$
- Таблица 42. Объемы экспорта активированного угля Украины по направлениям в 2001-2017 гг., т
- Таблица 43. Объемы импортных поставок активированного угля на Украину по направлениям в 2001-2017 гг., т
- Таблица 44. Основные поставщики импортного активированного угля на Украину в 2005-2017 гг., т
- Таблица 45. Основные украинские получатели импортного активированного угля в 2009-2017 гг., т

- Таблица 46. Объемы импорта активированного угля Белоруссии по направлениям в 2004-2018 гг. (т, тыс. \$, тыс. \$/т)
- Таблица 47. Объемы импорта активированного угля Казахстана по направлениям в 2005-2017 г. (т)
- Таблица 48. Цены на активированные угли АО «Сорбент», тыс. руб./т, с НДС
- Таблица 49. Цены на активированные угли ООО «УралХимСорб», тыс. руб./т, без НДС
- Таблица 50. Цены на активированный уголь ОАО «ЭНПО «Неорганика»
- Таблица 51. Объемы поставок (т) и средние экспортные цены (\$/кг) на активированный уголь в России по направлениям в 2001-2018 гг.
- Таблица 52. Объемы поставок (т) и средние экспортные цены (\$/кг) на активированный уголь российских производителей по маркам в 2005-2018 гг.
- Таблица 53. Объемы поставок (т) и экспортные цены (\$/кг) на некоторые марки активированного угля российских производителей в 2009-2018 гг.
- Таблица 54. Объемы поставок (т) и средние импортные цены (\$/кг) на активированный уголь в России по направлениям в 2001-2018 гг.
- Таблица 55. Объемы поставок (т) и средние импортные цены (\$/кг) на активированный уголь на Украине в 2001-2017 гг.
- Таблица 56. Баланс производства и потребления активированного угля России в 2001-2018 гг., т, %
- Таблица 57. Объем производства некоторых видов пищевых продуктов в России в 2010-2018 гг.
- Таблица 58. Области применения активированных углей на каменноугольной основе
- Таблица 59. Области применения активированных углей на древесной основе
- Таблица 60. Области применения активированных углей на кокосовой основе
- Таблица 61. Основные получатели активированного угля в России в 2007-2018 гг., т
- Таблица 62. Баланс производства-потребления активированного угля на Украине в 2001-2016 гг., т, %
- Таблица 63. Технические характеристики активированных углей на древесной основе АО «Сорбент»
- Таблица 64. Технические характеристики активированных углей на каменноугольной основе АО «Сорбент»
- Таблица 65. Технические характеристики активированных углей на кокосовой основе АО «Сорбент»
- Таблица 66. Технические характеристики активированных углей ОАО «ЭНПО «Неорганика»

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1. Крупнейшие мировые производители активированного угля, %
- Рисунок 2. Динамика среднегодовых экспортных (Китай, Индия, Филиппины) и импортных (Япония) цен на активированный уголь в 2010-2015 гг., \$/т
- Рисунок 3. Прогноз потребления активированного угля в мире до 2017 г., тыс. т
- Рисунок 4. Динамика производства древесного угля в России в 1995-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 5. Технологический процесс изготовления активированных углей на основе древесного угля-сырца
- Рисунок 6. Технологический процесс изготовления активированных углей на каменноугольной основе
- Рисунок 7. Динамика производства активированного угля в России в 1997-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 8. Структура выпуска активированных углей в России по основным производителям в 2001-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 9. Региональная структура производства активированного угля в России в 2014-2018 гг., %
- Рисунок 10. Структура производства активированных углей АО «Сорбент» по видам в 2010-2014 гг., %
- Рисунок 11. Динамика производства активированного угля АО «Сорбент» в 1997-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 12. Динамика производства активированного угля ЗАО «ЭХЗ» в 2007-2018 гг., т
- Рисунок 13. Динамика производства активированного угля ОАО «ЭХМЗ» в 1997-2018 гг., т
- Рисунок 14. Динамика производства активированного угля ОАО «Заря» в 1997-2005 гг., т
- Рисунок 15. Динамика производства активированного угля ОАО «Карбохим» в 1997-2009 гг., т
- Рисунок 16. Динамика экспорта и импорта активированного угля в России в 2001-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 17. Динамика российского экспорта активированного угля в натуральном (тыс. т) и денежном (млн \$) выражении в 2001-2018 гг.
- Рисунок 18. Структура экспорта российского активированного угля по направлениям в 2009-2018 гг., %
- Рисунок 19. Динамика импорта активированного угля в РФ в натуральном (тыс. т) и денежном (млн \$) выражении в 2001-2018 гг.
- Рисунок 20. Динамика и структура российского импорта активированного угля по направлениям в 2007-2018 гг., т
- Рисунок 21. Динамика экспорта и импорта активированного угля на Украине в 2001-2017 гг., тыс. т
- Рисунок 22. Динамика экспорта активированного угля на Украине в натуральном и денежном выражении в 2001-2017 гг., т, тыс. \$

- Рисунок 23. Динамика импорта активированного угля на Украине в 2001-2017 гг., т
- Рисунок 24. Географическая структура импорта активированного угля Украины в 2005-2017 гг., %
- Рисунок 25. Динамика импорта активированного угля Белоруссии в 2004-2018 гг., т, млн \$
- Рисунок 26. Региональная структура импорта активированного угля Белоруссии в 2004-2018 гг., %
- Рисунок 27. Динамика импорта активированного угля Казахстана в 2004-2017 гг., тыс. т, млн \$
- Рисунок 28. Региональная структура импорта активированного угля Казахстана в 2005-2017 гг., %
- Рисунок 29. Динамика среднегодовых экспортных и импортных цен на активированный уголь в России в 2001-2018 гг., \$/кг
- Рисунок 30. Динамика среднегодовых экспортных и импортных цен на активированный уголь на Украине в 2001-2017 гг., \$/кг
- Рисунок 31. Динамика производства, экспорта, импорта и потребления активированного угля в России в 2001-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 32. Отраслевая структура потребления активированного угля в России в 2013 г. и 2016 г., %
- Рисунок 33. Динамика производства сигарет в РФ (млрд. шт.) и использования активированного угля для этих целей (тыс. т) в 2011-2017 гг.
- Рисунок 34. Индекс производства руд и концентратов золотосодержащих в России в 2009-2017 гг., % к предыдущему году
- Рисунок 35. Динамика импорта и потребления активированного угля на Украине в 2001-2016 гг., тыс. т
- Рисунок 36. Прогноз производства и потребления активированного угля в России до 2025 г., тыс. т

Аннотация

Настоящий отчет является **девятым переизданием** исследования рынка активированного угля в СНГ.

Цель исследования – анализ текущего состояния рынка активированного угля в СНГ и прогноз его развития на период до 2025 г.

Объектом исследования является активированный уголь.

Хронологические рамки исследования: 2001-2018 гг.

География исследования: страны СНГ; Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка, прочие страны – краткий анализ.

Отличием данной работы от исследований, представленных в настоящее время на российском рынке, являются более широкие географические и временные рамки – изучен рынок не только России, но и СНГ в период с 2001 г. по 2018 г.

Следует отметить, что в настоящее время далеко не все производители активированного угля в России предоставляют отчетность об объемах производства своей продукции в ФСГС РФ (Росстат). Ряд маркетинговых исследований, посвященных изучению рынка активированного угля, рассматривают только данные официальной статистики. В настоящем отчете более точно оценена текущая ситуация на рынке активных углей, т.к. приведена информация в том числе и о предприятиях, не предоставляющих отчетность в ФСГС РФ.

Кроме того в отчете приведены подробные данные о качественных характеристиках активированных углей, выпускаемых российскими производителями.

Также настоящий отчет содержит краткую характеристику мирового рынка активированных углей – приведены данные об объемах производства и потребления данной продукции. Рассмотрены торговые операции с активированным углем, определены крупнейшие мировые экспортеры и импортеры, изучена динамика цен на активированный уголь в период 2010-2018 гг.

Отчет состоит из **8 частей**, содержит **193** страницы, в том числе **36** рисунков, **66** таблиц и **2** приложения.

Данная работа является кабинетным исследованием. В качестве источников информации использовались данные ФСГС РФ (Росстат), Федеральной таможенной службы РФ, статистики железнодорожных перевозок РФ, ГТС Украины, Государственного комитета по статистике стран СНГ, отраслевой и региональной прессы, а также интернет-сайтов предприятий-

производителей активированного угля. Кроме того во время работы над отчетом проводились телефонные интервью участников рынка.

Первая глава отчета посвящена краткому обзору мирового рынка активированного угля.

Во **второй** главе описаны технологии производства активированного угля, его свойства, приведены данные о сырье, используемом в производстве активированного угля, а также об оборудовании для производства.

В **третьей** главе отчета приведены данные об объемах производства активированного угля в СНГ в 2001-2018 гг.

Четвертая глава посвящена производству активированного угля в России, в ней приведена информация о текущем состоянии предприятий-производителей активированного угля – объемах производства и характеристиках выпускаемой продукции, направлениях и объемах поставок, а также об основных финансово-экономических показателях деятельности предприятий.

В **пятой** главе отчета проанализированы данные о внешнеэкономических операциях с активированным углем в России (2001-2018 гг.), на Украине (2001-2018 гг.), Белоруссии (2004-2018 гг.) и Казахстане (2005-2017 гг.). Определены основные направления и объемы поставок данной продукции.

В **шестой** главе отчета приведены данные о динамике внутренних цен на активированный уголь в России в 2010-2018 гг., а также изменениях экспортно-импортных цен в России (2001-2018 гг.) и на Украине (2001-2017 гг.).

Седьмая глава отчета посвящена анализу внутреннего потребления активированного угля в России в 2001-2018 гг. В ней приведен баланс производства и потребления активированного угля, рассмотрена отраслевая структура потребления, определены крупнейшие потребители данной продукции. Также в этой главе приведен баланс потребления активированного угля на Украине.

В заключительной, **восьмой** главе отчета приводится прогноз производства и потребления активированного угля в России до 2025 г.

В **Приложении 1** приведены технические характеристики активированных углей некоторых российских производителей.

В **Приложении 2** приведены адреса и контактная информация производителей и потребителей активированного угля в СНГ.

Введение

Активированный уголь – высокопористый углеродный адсорбент, который получают из различных углеродсодержащих материалов органического происхождения.

Характерной особенностью производства активированного угля является разнообразие используемого сырья (древесный и каменный уголь, торф, скорлупа кокосовых орехов, косточки плодовых культур и др.).

Удаление смолистых веществ и создание разветвленной сети пор приводят к образованию высокоразвитой поверхности. В зависимости от технологии изготовления активированный уголь имеет удельную поверхность от 500 до 1500 м²/г, благодаря чему обладает очень высокой адсорбционной способностью.

Активированный уголь широко применяется для очистки, разделения и извлечения различных веществ, как жидких, так и газообразных. Особенно хорошо активированный уголь адсорбирует углеводороды и их производные, слабее – спирт, аммиак и другие полярные вещества.

По сравнению с другими адсорбционными материалами (силикагели, цеолиты, алюмогели, иониты и другие), активированные угли являются уникальными адсорбентами в силу своих гидрофобных свойств.

В России, так же как и в мировой практике, наибольшая доля в потреблении активированного угля приходится на водоподготовку – как питьевой, так и технической воды.

Активный уголь является единственным типом сорбента, имеющего высокую адсорбционную способность при извлечении токсичных органических загрязнений из воды. Все питьевое водоснабжение и глубокая (ниже предельно допустимых концентраций) очистка сточных вод базируются на использовании порошковых и зерненных активных углей. На эти цели расходуется порядка 30% мирового производства активного угля.

Активированный уголь идеально соответствует процессам защиты окружающей среды, включая очистку отходящих газов, обезвреживание сточных вод и др.

Активированные угли находят широко применяются в различных отраслях промышленности: в пищевой – для очистки крахмалопаточных растворов, сахарных сиропов, глюкозы, в ликеро-водочном производстве, а также производстве соков и напитков; в химической, нефтегазодобывающей и перерабатывающей промышленности – в производстве химических волокон, каучука и ПВХ смол, для очистки паров, газов, аминовых растворов, промышленных стоков и др.; в горно-металлургической – при флотации руд полезных ископаемых, при извлечении золота; на предприятиях энергетики и во многих других отраслях.

В СССР максимальный объем производства активированных углей пришелся на конец 1980-х гг. и составил 40 тыс. т/год. После 2000 г. выпуск активированных углей в России не превышал 7 тыс. т/год и только с 2016 г. начался заметный рост объемов производства.

2. Сырье для производства активированного угля, технология производства и оборудование

2.1. Сырье и технология производства активированного угля

В 1900-1901 гг. была запатентована современная технология производства активированных или активных углей. По этой технологии в 1909 г. была выпущена первая промышленная партия порошкового активированного угля.

Во время первой мировой войны был впервые применен активный уголь из скорлупы кокосового ореха в качестве адсорбента в противогазах. Благодаря этому опыту появилось много разработок и исследований в этой области, что привело к интенсивному росту производства и использования активированных углей во всех сферах жизни человека.

Активированные угли могут быть получены из разнообразного углеродсодержащего сырья – древесины, каменного и бурого угля, торфа, скорлупы кокосовых орехов, косточек плодовых культур и т.п.

Наилучшим по качеству очистки и сроку службы считается активированный уголь, изготовленный из скорлупы кокоса, а благодаря высокой прочности его можно многократно регенерировать. Россия, однако, не располагает сырьевыми ресурсами для его производства.

Для получения активированного угля сырье сначала подвергают карбонизации – обжигу при высокой температуре в инертной атмосфере без доступа воздуха. Однако полученный карбонизат обладает плохими адсорбционными свойствами, поскольку размеры его пор невелики и внутренняя площадь поверхности мала. Поэтому карбонизат подвергают активации для получения специфической структуры пор и улучшения адсорбционных свойств.

Активация углей осуществляется посредством обработки водяным паром, реже специальными химическими реагентами (соляной кислотой). Активация водяным паром проводится при температуре 800-1000 °С в строго контролируемых условиях. При этом на поверхности пор происходит химическая реакция между водяным паром и углем, в результате чего образуется развитая структура пор и увеличивается внутренняя поверхность угля. С помощью такого процесса можно получать угли, обладающие различными адсорбционными свойствами.

Процесс активации угля, а также выбор сырья являются ключевыми (но не единственными) факторами образования в корне разных поровых структур активированного угля.

Активация водяным паром позволяет получать угли с внутренней площадью поверхности до 1500 м² на грамм угля. Благодаря этой огромной площади поверхности, активированные угли являются прекрасными адсорбентами. Тем не менее, не вся эта площадь может быть доступна для адсорбции, поскольку крупные молекулы адсорбируемых веществ не могут проникать в поры малого размера.

В соответствии с классификацией Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC) по размеру пор различают субмикропоры с диаметром до 0,4 нм; микропоры – 0,4-2,0 нм; мезопоры – 2,0-50 нм; макропоры – более 50 нм (1 нм = 10^{-9} м).

Микро- и мезопоры составляют большую часть поверхности активированных углей. Соответственно, именно они вносят наибольший вклад в их адсорбционные свойства. Микропоры особенно хорошо подходят для адсорбции молекул небольшого размера, а мезопоры – для адсорбции более крупных органических молекул. Удельная поверхность микропор достигает 800-1000 м²/г, мезопор – составляет 100-200 м²/г. Макропоры, удельная поверхность которых обычно не превышает 0,5-0,2 м²/г, в процессе адсорбции не заполняются, а выполняют роль транспортных каналов для доставки адсорбата к поверхности адсорбирующих пор.

Определяющее влияние на структуру пор активированных углей оказывают исходные материалы для их получения. Активные угли на основе скорлупы кокоса характеризуются большей долей микропор, а активированные угли на основе каменного угля характеризуются большей долей мезопор. Большая доля макропор характерна для активированных углей на основе древесины.

Эффективность активированного угля зависит от его достигаемой площади поверхности. В идеале, в угле должно быть большое число пор, которые по размеру сопоставимы с адсорбируемыми молекулами (лишь немного крупнее). Более мелкие поры недостижимы, а более крупные поры дают относительно небольшую площадь поверхности.

По сравнению с другими сорбционными материалами активированный уголь обладает большей сорбционной площадью поверхности, что определяет его уникальные сорбционные свойства (табл. 3).

Таблица 3. Сорбционная площадь поверхности различных сорбентов

Сорбент	Сорбционная площадь поверхности, м ² /г
Активированные угли СКТ	1200-1500
Активированные угли Лидеркарбон	1150-1300
Активированный уголь АГ, АР	800-1000
Активированные угли БАУ, ОУ	600-900
Силикагель	500-600
Белый уголь	400
Диоксид кремния высокодисперсионный	300
Энтеросгель	150
Сорбент МИУ-С	120
Смекта	100
Полифепан, лактофилтрум	18-20
Березовый древесный уголь	10-15

Источник: данные ЗАО «Экспериментальный химический завод»

Углеродсодержащее сырье для производства активированного угля должно удовлетворять определенным требованиям (табл. 4).

Таблица 4. Регламентируемые показатели сырья для производства активированных углей

Сырье, стандарт	Показатель	Значение
на каменноугольной основе (типа АГ и АР)		
Карбонизат каменноугольный ТУ 6-16-0206514-3-88	Выход летучих веществ, %	4-12
	Зольность, %, не более	7
	Массовая доля влаги, %, не более	22
Смола каменноугольная марка А, сорт 1 ТУ 14-7-100-89	Массовая доля, % влаги, не более	3
	кокса	фиксируется
Смола древесная препарированная (связующее) ГОСТ 22989-78	Массовая доля, % влаги, не более	3
	пека	55-67
	кокса	10-15
	механических примесей, не более	0,3
на торфяной основе (типа СКТ)		
Торф фрезерный или торфяная технологическая смесь ГОСТ 13672-78	Зольность, %, не более	6
на древесной основе (типа БАУ и ОУ)		
Уголь древесный ГОСТ 7657-84	Зольность, %, не более	6
	Массовая доля, % влаги, не более	6
	нелетучего углерода, не менее	88

Источник: «Активные угли. Эластичные сорбенты. Катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе» Каталог под ред. В.И.Мухина

Важными факторами, позволяющими сделать выбор марки активированных углей для определенных целей, являются:

- гранулометрический состав;
- площадь внутренней поверхности (объем пор);
- сорбционные свойства;
- распределение пор по размерам;
- природа и содержание примесей.

Некоторые вещества слабо адсорбируются на поверхности обычных активированных углей. К числу таких веществ относятся аммиак, диоксид серы, пары ртути, сероводород, формальдегид, хлор и цианистый водород. Для эффективного удаления таких веществ используются активные угли, импрегнированные специальными химическими реагентами. Импрегнированные активированные угли используются в специализированных областях применения воздухо- и водоочистки, в респираторах, для военных целей, в атомной промышленности и др.

Так, при использовании активированных углей импрегнированных серой повышается адсорбционная емкость по ртути. Угли импрегнированные

йодистым калием и гидроксидом калия используются для удаления H_2S и меркаптанов в присутствии кислорода и воды, угли со специально модифицированной поверхностью (например, угли серии RGM производства Norit Group) применяются для удаления H_2S в отсутствие кислорода. Таким образом, под конкретные задачи должна выбираться определенная марка угля.

По форме и размеру частиц активированные угли могут быть порошкообразными, дроблеными (частицы неправильной формы) и гранулированными (цилиндрические гранулы).

К порошкообразным относятся активированные угли с размером частиц менее 0,1 мм. Этот вид активных углей используется главным образом для жидкой фазы, его тщательно смешивают с очищаемой жидкостью. После адсорбции примесей уголь удаляют из раствора фильтрацией или осаждением.

Распределение частиц по размеру, которое можно тщательно контролировать с помощью современных процессов измельчения, имеет сильное влияние на скорость адсорбции, фильтрации и осаждения.

Также порошковые активированные угли используются при очистке топочного газа для эффективного удаления диоксинов.

К дробленным и гранулированным активированным углям относятся угли с размером частиц от 0,5 мм до 5 мм. Данные виды активных углей используются в качестве фильтрующей загрузки в адсорберах, через которые проходит поток очищаемой жидкости или газа. Распределение частиц имеет большое значение для перепада давления и кинетики адсорбции.

Качественные характеристики активированного угля регламентируются рядом ГОСТ. В частности, на территории РФ действуют следующие нормативные документы:

- ГОСТ 20464-75. Уголь активный АГ-3. Технические условия;
- ГОСТ 20777-75. Уголь активный АГ-5. Технические условия;
- ГОСТ 23998-80. Уголь активный АГ-2. Технические условия;
- ГОСТ 6217-74. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия;
- ГОСТ 4453-74. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. Технические условия;
- ГОСТ 8703-74. Уголь активный рекуперационный. Технические условия;
- ГОСТ 30268-95. Угли активные импрегнированные. Технические условия.
- ГОСТ 33614-2015. Угли активированные. Номенклатура показателей качества.

Также предприятия производят активированный уголь в соответствии с разработанными техническими условиями (ТУ).

Одним из основных видов сырья, используемого в России для производства активированного угля, является **древесный уголь**. Его получают из древесины (главным образом, березы) путем ее нагрева без доступа или с очень ограниченным доступом воздуха в ретортах или углевыжигательных печах. Особенность древесного угля – низкое содержание таких примесей, как фосфор и сера.

Дробленый активированный уголь на основе древесного угля изготавливается в соответствии с ГОСТ 6217-74, определяющим физико-химические показатели угля. Стандарт распространяется на активный древесный уголь, изготовляемый из древесного угля марки А обработкой его водяным паром при температуре выше 800°C и предварительного или последующего дробления.

В зависимости от назначения активный древесный дробленый уголь изготавливают четырех марок:

БАУ-А – в ликероводочном производстве и для адсорбции из растворов и водных сред;

БАУ-Ац – для наполнения ацетиленовых баллонов;

ДАК – для очистки парового конденсата от масла и других примесей;

БАУ-МФ – для адсорбции из водных сред в фильтровальных установках.

По физико-химическим показателям активный древесный дробленый уголь должен соответствовать следующим требованиям и нормам (табл. 5).

Таблица 5. Требования и нормы к физико-химическим показателям активного древесного дробленого угля (ГОСТ 6217-74)

Наименование показателя	Норма для марки				Метод анализа
	БАУ-А	БАУ-Ац	ДАК	БАУ-МФ	
	ОКП 21 6239 0100	ОКП 21 6239 0200	ОКП 21 6239 0300	ОКП 21 6239 0400	
Внешний вид	Зерна черного цвета без механических включений		Зерна черного цвета без механических примесей		визуально
Адсорбционная активность по йоду, %, не менее	60	60	30	70	по п. 4.4. ГОСТ
Суммарный объем пор по воде, см ³ /г, не менее	1,6	1,7	1,4	не норм.	по ГОСТ 17219
Насыпная плотность, г/дм ³	240	240	не норм.		по ГОСТ 16190
Фракционный состав, массовая доля остатка на сите с полотном:					по ГОСТ 16190
№36, %, не более	2,5	2,5	2,5	-	
№10, %, не менее	95,5	95,5	95,5	-	
на поддоне, %, не более	2,0	2,0	2,0	-	
№15, %, не более	-	-	-	25	
№5, %, не менее	-	-	-	70	
на поддоне, %, не более	-	-	-	5	
Массовая доля золы, %, не более	6	7	6	10	по ГОСТ 12596
Массовая доля влаги, %, не более	10	10	10	10	по ГОСТ 12597
Прочность, %, не менее	-	60	-	-	по п. 4.5. ГОСТ

Источник: ФГУП «Стандартинформ»

Древесный *порошкообразный* осветляющий активированный уголь изготавливается в соответствии с ГОСТ 4453-74 обработкой древесного угля-сырца водяным паром при температуре выше 800°C с последующим измельчением.

В зависимости от назначения активный осветляющий древесный порошкообразный уголь изготавливают четырех марок:

ОУ-А – осветляющий уголь сухой щелочной предназначается для очистки сиропов в сахарорафинадной промышленности, воды и растворов в производствах органических кислот, масел и жиров;

ОУ-Б – осветляющий уголь влажный кислый предназначается для очистки медицинских препаратов, растворов в крахмало-паточных производствах и на гидролизных заводах;

ОУ-В – осветляющий уголь сухой щелочной предназначается для очистки и осветления различных растворов в отраслях пищевой промышленности;

ОУ-Г – осветляющий уголь сухой щелочной предназначается для очистки жидкостей от высокомолекулярных смолистых и окрашивающих примесей в органическом синтезе.

Типичная схема производства активированного угля из древесного на предприятиях России включает: просушку сырья, пиролиз, парогазовую активацию, рассев с выделением фракции 1,0-3,6 мм (активированный уголь ДАК, БАУ); размол полученного продукта (активированный уголь ОУ-А, ОУ-Б), упаковку готовой продукции (рис. 5).

Рисунок 4. Технологический процесс изготовления активированных углей на основе древесного угля-сырца



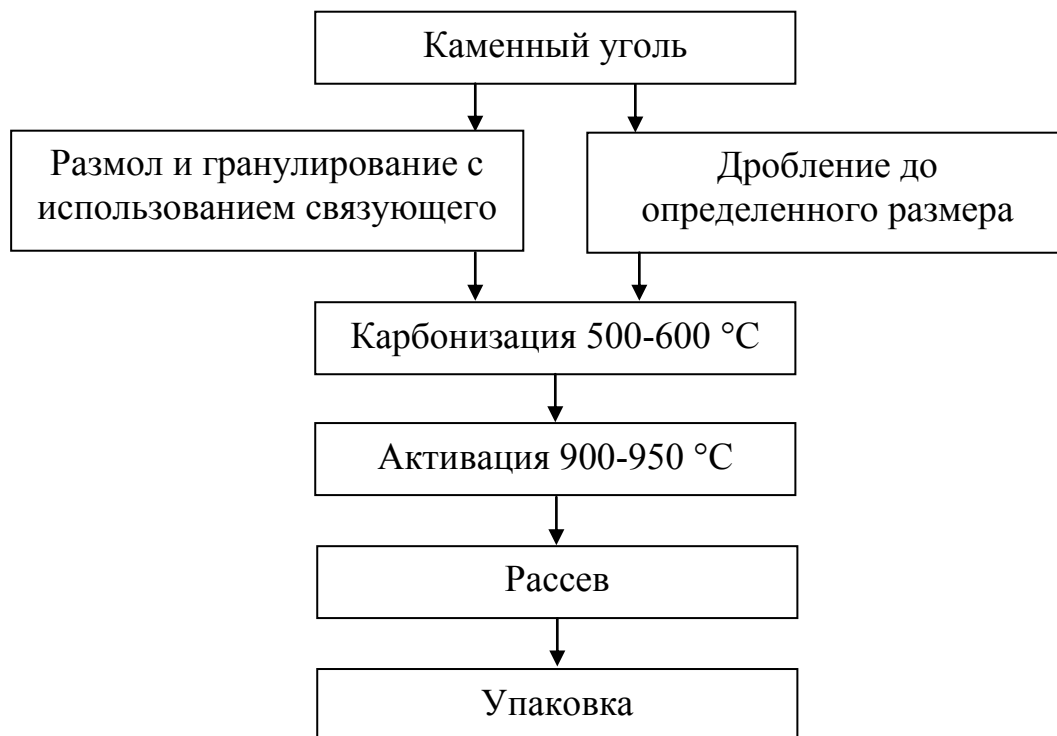
Источник: обзор научно-технической литературы

Производство активированного угля **из каменного угля** имеет свои особенности, так как при активировании каменного угля следует учитывать сортность углей. Битуминозные угли, с высоким содержанием смолы и летучих компонентов, спекаются при нагревании или вспучиваются, поэтому они требуют предварительной обработки. Антрацит, содержащий значительно меньше летучих соединений, можно сразу активировать в соответствующих условиях. Его сначала измельчают, затем тонкодисперсный порошок брикетируют со связующим, вновь подвергают измельчению, после отсева по фракциям подвергают карбонизации и активированию. Можно также активировать продукты различных стадий производства формованного кокса.

При производстве гранулированных углей на каменноугольной основе в качестве связующего может использоваться каменноугольная смола.

Технологический процесс изготовления активированных углей на каменноугольной основе схематично представлен на рисунке 6.

Рисунок 5. Технологический процесс изготовления активированных углей на каменноугольной основе



Источник: данные ЗАО «Геосорб»

Технология получения активированного угля из *бурых углей* разработана специалистами ООО «Карбоника-Ф». Данная технология была реализована в Красноярске в опытно-промышленном масштабе 30 т угля/год, на протяжении 5 лет отработаны все основные технические и технологические решения, проведены исследования процесса на различных углях и наработаны промышленные и опытные партии продукта. В настоящее время компания имеет возможность производить порядка 5 тыс. т/год активированного угля.

В основу технологии «Карбоника-Ф» положен принцип автотермической (без внешнего теплоподвода) неполной газификации угля с использованием открытого в 90-е годы авторами разработки эффекта «обратной тепловой волны» в слое угля. В газификатор подается уголь и воздух, а продуктами являются только среднетемпературный кокс (полукокс) или активированный уголь и горючий газ.

Технология «Карбоника-Ф» позволяет перерабатывать угли различных марок – 1Б-3Б, Д, ДГ, Г (которые в основном используются в энергетике) для получения дефицитных целевых продуктов, а также, изменяя только технологические параметры, регулировать выход конечных продуктов в зависимости от требований потребителей (выпускать полукокс или сорбент, увеличивать выход горючего газа и т.д.).

Для получения **активированного угля из торфа** лучшим сырьем является богатый углеродом черный торф. Из-за высокого содержания летучих компонентов черный торф подвергают карбонизации перед активированием газами. При химическом активировании этот процесс ведут сразу после осушки торфа.

Для газового активирования выгодно использовать торфяной кокс, получаемый промышленным способом в шахтных печах с внешним обогревом примерно при 850 °С. Торфяной кокс характеризуется содержанием связанного углерода почти 90%, золы – около 2,5-4,5%. Подобно древесному углю он хорошо активируется и дает продукты с удельной поверхностью до 1600 м²/г.

Некоторые производители получают **активированный уголь из скорлупы кокосового ореха**. Обычно скорлупа подвергается начальной карбонизации, для чего используются вращающиеся печи, а затем активируется водяным паром. Получаемые зерненные активные угли отличаются высокой прочностью и очень тонкими порами.

Из скорлупы лесного ореха и косточек плодов также можно получить прочный активированный уголь. Оливковые косточки представляют собой отходы производства оливкового масла в странах Средиземноморья. Из косточек, обработанных 10-ной серной кислотой и водой, после карбонизации при температуре 830 °С получают продукт с внутренней удельной поверхностью около 500 м²/г, содержание кислорода в таких углях составляет 3-5%.

В США активные угли получают также из персиковых косточек. Длительное время американские производители широко использовали отходы бумажного производства (черную золу). Однако это сырье и получаемый из него активированный уголь потеряли спрос с развитием производства активированного угля из бурых и каменных углей. Разработаны также способы получения активного угля из других отходов бумажного производства, например, летучей золы, образующейся при сжигании древесной коры.

В таблице 7 перечислены марки продукции, выпускаемой российскими предприятиями, с указанием исходного сырья для производства активированного угля.

Свойства активных углей, их пористая структура, форма и размер частиц определяют области их применения.

В России нет недостатка в сырье для производства активированного угля на основе древесного, каменного и бурого угля. Вместе с тем российские предприятия очень ограничены в возможности производства активированного угля на кокосовой основе, это сырье может быть только импортировано.