

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



# Обзор рынка синтетических цеолитов в России и мире

**5 издание**

Москва  
июль, 2024

## Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <https://infomine.ru/research/18/175>

Общее количество страниц: 125 стр.

Стоимость отчета различных комплектаций поставки:

- 1. Базовая** - файл формата PDF - 84 тыс.рублей
- 2. Расширенная** - файлы формата PDF + Word - 90 тыс.рублей
- 3. Пользовательская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel - 96 тыс.рублей
- 4. Представительская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании - 101 тыс.рублей
- 5. Максимальная** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании + презентация, изготовленная на основании данных отчета в .ppt - 121 тыс.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. Инфомайн приложил все возможные усилия, чтобы проверить достоверность имеющихся сведений, показателей и информации, содержащихся в исследовании, однако клиенту следует учитывать наличие неустраняемых сложностей в процессе получения информации, зачастую касающейся непрозрачных и закрытых коммерческих операций на рынке. Исследование может содержать данные и информацию, которые основаны на различных предположениях, некоторые из которых могут быть неточными или неполными в силу наличия изменяющихся и неопределенных событий и факторов. Кроме того, в ряде случаев из-за погрешности при округлении, различий в определениях, терминах и их толкованиях, а также использования большого числа источников, данные могут показаться противоречивыми. Инфомайн предпринял все меры для того, чтобы не допустить очевидных несоответствий, но некоторые из них могут сохраняться.

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 проводит какую-либо последующую работу по обновлению, дополнению и изменению содержания исследования и проверке точности данных, содержащихся в нем. 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.

Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Инфомайн либо тиражироваться любыми способами. Заказчик имеет право проводить аудит (экспертизу) исследований рынков, полученных от Исполнителя только в компаниях, имеющих членство ассоциации промышленных маркетологов ПРОММАР (<http://www.prommar.ru>) или силами экспертно-сертификационного совета ассоциации ПРОММАР. В других случаях отправка исследований на аудит или экспертизу третьим лицам считается нарушением авторских прав.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

## Содержание

<b>Аннотация .....</b>	<b>9</b>
<b>Введение.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Краткая характеристика мирового рынка синтетических цеолитов.....</b>	<b>15</b>
<b>2. Способы производства синтетических цеолитов .....</b>	<b>19</b>
2.1. Синтез порошкообразных цеолитов .....	19
2.1.1. Синтез цеолитов типа А и X.....	19
2.1.2. Синтез цеолитов типа Y.....	22
2.2. Синтез поликристаллических сростков цеолита, гранул, не содержащих связующих веществ .....	24
<b>3. Сырье для производства синтетических цеолитов: крупнейшие поставщики и направления поставок .....</b>	<b>25</b>
<b>4. Производство синтетических цеолитов в России.....</b>	<b>26</b>
4.1. Требования к качеству синтетических цеолитов .....	26
4.2. Мощности предприятий по производству синтетических цеолитов .....	31
4.3. Объемы производства синтетических цеолитов предприятиями России в 2001-2023 гг. ....	32
4.4. Текущее состояние крупнейших предприятий по производству синтетических цеолитов.....	35
4.4.1. Компания КНТ Групп (Knt Group) .....	35
ООО «Ишимбайский специализированный химический завод катализаторов» (г. Ишимбай, Республика Башкортостан) .....	37
ООО «Стерлитамакский завод катализаторов» (г. Стерлитамак, Республика Башкортостан) .....	39
4.4.2. ООО «Салаватский катализаторный завод» (г. Салават, Республика Башкортостан) .....	44
4.4.3. ООО «Завод молекулярных сит «Реал Сорб» (Ярославская обл.) .....	51
4.4.4. ООО «Компонент» (г. Нижний Новгород) .....	56
4.4.5. АО «Нижегородские сорбенты» (г. Нижний Новгород).....	58
4.4.6. Прочие предприятия.....	60
<b>5. Экспорт-импорт синтетических цеолитов в РФ в 2001-2023 гг. ....</b>	<b>64</b>
5.1. Импорт .....	66
5.2. Экспорт .....	72
<b>6. Обзор цен на синтетические цеолиты .....</b>	<b>74</b>
6.1. Внутренние цены на синтетические цеолиты на июнь 2024 г. ....	74
6.2. Экспортно-импортные цены на синтетические цеолиты в 2004-2023 гг..	75
<b>7. Потребление синтетических цеолитов в России .....</b>	<b>80</b>
7.1. Баланс и структура потребления.....	80
7.1.1. Баланс потребления синтетических цеолитов в РФ в 2001-2023 гг.	80

7.1.2. Структура потребления синтетических цеолитов в РФ.....	83
7.2. Основные отрасли-потребители цеолитов в России .....	88
7.2.1. Химическая и нефтехимическая промышленность .....	89
Производство синтетических моющих средств (СМС).....	89
Производство катализаторов нефтепереработки .....	92
Производство технических газов.....	99
Производство полимеров .....	103
7.2.2. Добыча и переработка природного газа и нефти .....	104
7.2.3. Прочие отрасли потребления.....	110
7.3. Крупнейшие предприятия-потребители цеолитов .....	111
ООО «Газпром добыча Оренбург» (г. Оренбург).....	111
АО «Газпромнефть-Омский нефтеперерабатывающий завод» (г. Омск).....	115
ООО «Проктер энд Гэмбл-Новомосковск» (Тульская обл.) .....	119

**8. Прогноз и перспективы производства/потребления синтетических цеолитов в России до 2035 г. .... 121**

**Приложение 1. Контактная информация крупнейших предприятий-производителей синтетических цеолитов в РФ..... 124**

**Приложение 2. Контактная информация крупнейших предприятий-потребителей синтетических цеолитов в РФ ..... 125**

## Список таблиц

- Таблица 1. Основные группы синтетических цеолитов
- Таблица 2. Российская и зарубежная классификация основных промышленных типов цеолитов общего назначения
- Таблица 3. Свойства и области применения основных промышленных типов цеолитов
- Таблица 4. Основные виды сырья для производства синтетических цеолитов и поставщики
- Таблица 5. Требования к качеству синтетического цеолита NaX (13X) (согласно ТУ 38.10281-88)
- Таблица 6. Требования к качеству синтетического цеолита NaX-K (кислород) (13 X) (согласно ТУ 2163-009-05766557-2000)
- Таблица 7. Требования к качеству синтетического цеолита NaX ГДО (13X) (согласно ТУ 2163-017-94262278-2011)
- Таблица 8. Требования к качеству синтетического цеолита NaA-У (улучшенный) (4А) (согласно ТУ 2163-003-15285215-2006)
- Таблица 9. Требования к качеству синтетического цеолита СаА-У (улучшенный) (5А) (согласно ТУ 2163-004-05766557-97)
- Таблица 10. Требования к качеству синтетического цеолита КА-У (улучшенный) (3А) (согласно ТУ 2163-006-15285215-2006)
- Таблица 11. Мощности предприятий по производству синтетических цеолитов в СНГ
- Таблица 12. Объемы производства синтетических цеолитов предприятиями РФ в 2010-2023 гг., т
- Таблица 13. Марки цеолитов, выпускаемых ООО «ИСХЗК»
- Таблица 14. Некоторые финансовые показатели предприятий КНТ Групп в 2014-2023 гг., млн руб.
- Таблица 15. Марки цеолитов производства ООО «Салаватский катализаторный завод»
- Таблица 16. Ж/д поставки сырья ООО «СкатЗ» в 2018-2023 гг., т
- Таблица 17. Финансовые показатели ООО "СКатЗ" в 2014-2023 гг., млн руб.
- Таблица 18. Марки цеолитов, выпускаемых ООО «ЗМС «Реал Сорб»
- Таблица 19. Марки модифицированных синтетических цеолитов производства ООО «ЗМС «Реал Сорб»
- Таблица 20. Некоторые финансово-экономические показатели деятельности ГК «Реал Сорб» в 2014-2023 гг., млн руб.
- Таблица 21. Синтетические цеолиты, выпускаемые ООО «Компонент»
- Таблица 22. Основные финансово-экономические показатели деятельности ООО «Компонент» в 2015-2023 гг., млн руб.
- Таблица 23. Основные финансово-экономические показатели деятельности АО «Нижегородские сорбенты» в 2014-2023 гг., млн руб.
- Таблица 24. Марки цеолитов производства «АЗКиОС»

- Таблица 25. Цены на синтетические цеолиты, реализуемые ООО «НПО ПЗС «Татсорб», руб/кг (без учета НДС)
- Таблица 26. Характеристика цеолитов, выпускаемых АО «Корпорация «Росхимзащита», и области их применения
- Таблица 27. Объемы внешнеторговых операций РФ с продукцией на основе синтетических цеолитов в 2001-2023 гг., т
- Таблица 28. Характеристика цеолитсодержащей продукции, поставляемой российским потребителям крупнейшими зарубежными компаниями
- Таблица 29. Импорт синтетического цеолита и продукции на его основе в РФ в 2018-2023 гг., т
- Таблица 30. Крупнейшие российские получатели импортных цеолитов в 2018-2023 гг., т
- Таблица 31. Импорт синтетического цеолита и продукции на его основе в РФ в 2018-2023 гг., т
- Таблица 32. Экспорт синтетических цеолитов российскими предприятиями в 2018-2023 гг., т
- Таблица 33. Цены на синтетические цеолиты, реализуемые компанией Sorbis Group, руб/кг (с НДС)
- Таблица 34. Среднегодовые импортные цены РФ в разрезе производителей в 2011-2023 гг., \$/кг
- Таблица 35. Среднегодовые экспортные цены российских производителей цеолитовой продукции в 2004-2023 гг., \$/кг
- Таблица 36. Показатели рынка синтетических цеолитов в РФ в 2007-2023 гг., т, %
- Таблица 37. Направления использования синтетических цеолитов
- Таблица 38. Объемы потребления синтетических цеолитов (по отраслям) в РФ в 2012 г., 2018 г., 2023 г., тыс. т
- Таблица 39. Индексы промышленного производства по отраслям промышленности РФ в 2014-2023 гг., % к предыдущему году
- Таблица 40. Характеристика цеолитов, используемых в производстве промышленных катализаторов
- Таблица 41. Номенклатура и характеристика цеолитсодержащих катализаторов, выпускаемых в РФ
- Таблица 42. Сценарный прогноз добычи нефти и газа в России на период до 2035 г.
- Таблица 43. Некоторые финансовые показатели ООО "Проктер энд Гэмбл-Новомосковск" в 2015-2023 гг., млн руб.
- Таблица 44. Отраслевой прогноз потребления синтетических цеолитов в России на период до 2035 г., тыс. т

## Список рисунков

- Рисунок 1. Географическая структура мирового рынка синтетических цеолитов, %
- Рисунок 2. Отраслевая структура потребления синтетических цеолитов в мире, %
- Рисунок 3. Схема получения гранулированных цеолитов
- Рисунок 4. Технологическая схема получения порошкообразного цеолита NaY силикатным методом
- Рисунок 5. Динамика производства синтетических цеолитов в России в 2001-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 6. Структура российского производства синтетических цеолитов по производителям в 2023 г., %
- Рисунок 7. Динамика производства синтетических цеолитов ООО «ИСХЗК» и ООО «СЗК» в 2001-2023 гг., т
- Рисунок 8. Динамика производства синтетических цеолитов ООО «СкатЗ» в 2001-2023 гг., т
- Рисунок 9. Динамика производства синтетических цеолитов ООО «ЗМС «Реал Сорб» в 2003-2023 гг., т
- Рисунок 10. Динамика производства синтетических цеолитов АО «Нижегородские сорбенты» в 2001-2023 гг., т
- Рисунок 11. Экспорт-импорт продукции на основе синтетических цеолитов РФ в 2001-2023 гг., т
- Рисунок 12. Региональная структура российского импорта синтетических цеолитов и цеолитсодержащей продукции в 2001-2023 гг., т
- Рисунок 13. Динамика производства, экспорта-импорта и «видимого» потребления синтетических цеолитов в РФ в 2001-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 14. Структура потребления синтетических цеолитов в России в 2012-2023 гг., %
- Рисунок 15. Динамика производства синтетических моющих средств (СМС) в России в 1997-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 16. Динамика потребления катализаторов крекинга российскими предприятиями в 2006-2023 гг., млн т
- Рисунок 17. Динамика выпуска катализаторов крекинга в России в 2002-2023 гг., тыс. т
- Рисунок 18. Динамика добычи нефти, включая газовый конденсат (млн т) и газа (млрд м<sup>3</sup>) в РФ в 2001-2023 гг.
- Рисунок 19. Динамика добычи попутного нефтяного газа в России в 2006-2023 гг., млрд м<sup>3</sup>
- Рисунок 20. Динамика добычи природного газа в ООО «Газпром добыча Оренбург» в 2018-2023 гг., млрд м<sup>3</sup>
- Рисунок 21. Динамика производства катализаторов нефтепереработки в АО "Газпромнефть-Омский НПЗ" в 2006-2023 гг., тыс. т

Рисунок 22. Схема строящегося производства катализаторов крекинга, гидроочистки и гидрокрекинга АО "Газпромнефть-Омский НПЗ"

Рисунок 23. Динамика производства и потребления синтетических цеолитов в России в 2008-2023 гг. и прогноз на период до 2035 г., тыс. т



## Аннотация

Настоящий отчет является **пятым изданием** готового исследования рынка синтетических цеолитов в России и мире.

Мониторинг рынка ведется с сентября 2003 г.

**Цель исследования** – анализ российского рынка синтетических цеолитов.

**Объектами исследования** являются синтетические цеолиты.

Представленная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные статистических комитетов стран ЕАЭС (в том числе Росстата, Национального статистического комитета Республики Беларусь, Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан); международные базы данных ООН (UNdata), World Bank, Eurostat; данные международной и европейской торговли (UN Comtrade, Trade Map); Федеральной таможенной службы РФ (до 2022 г.); статистики железнодорожных перевозок; базы СБИС; годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг; отраслевой и региональной прессы, материалов конференций, интернет-сайтов предприятий-производителей и потребителей исследуемой продукции; научно-технической литературы (eLibrary и др.), база патентов ФИПС; база данных «Инфомайн» и т.д.

**Отличительной особенностью** настоящего исследования является наличие краткой характеристики мирового рынка синтетических цеолитов, подробного описания крупнейших производителей и потребителей, действующих на рынке рассматриваемой продукции, отраслевого прогноза потребления.

**Хронологические рамки исследования:** 2001-2023 гг.; прогноз – 2024-2035 гг.

**География исследования:** Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка; мир – общий ретроспективный анализ рынка.

Отчет состоит из **8** частей, содержит **125** страниц, в том числе **23** рисунка, **44** таблицы и **2** приложения.

В **первой главе** отчета приведена краткая характеристика мирового рынка синтетических цеолитов.

Во **второй главе** отчета дана краткая характеристика способов производства порошкообразных цеолитов типа А, X, Y, а также поликристаллических сростков и гранул цеолита, не содержащих связующих веществ.

**Третья глава** отчета посвящена сырью для производства синтетических цеолитов, представлены сведения о крупнейших поставщиках основных видов сырья и направлениях поставок.

**В четвертой главе** рассмотрено производство синтетических цеолитов в России. Представлены данные о требованиях к качеству выпускаемой продукции, мощностях и объемах производства, описано текущее состояние крупнейших предприятий-производителей синтетических цеолитов.

**В пятой главе** отчета проанализированы данные о внешнеторговых операциях с синтетическими цеолитами в РФ за период 2001-2023 гг.

**Шестая глава** посвящена ценам на синтетические цеолиты в РФ, а также анализу российских экспортно-импортных цен.

**В седьмой главе** отчета рассматривается потребление синтетических цеолитов в России. В данном разделе приведен баланс производства-потребления, отраслевая структура потребления, представлены основные потребители, а также текущее состояние и перспективы развития основных секторов потребления и крупнейших предприятий-потребителей.

**В восьмой главе** отчета приводится прогноз развития российского рынка синтетических цеолитов на период до 2035 г.

**В приложениях** дана адресная и контактная информация основных предприятий, выпускающих и потребляющих синтетические цеолиты в РФ.

**Целевая аудитория исследования:**

- участники рынка синтетических цеолитов и продукции на их основе (адсорбенты и молекулярные сита, катализаторы процессов нефтепереработки, синтетические моющие средства) – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

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

## Введение

**Цеолиты** (молекулярные сита) – это природные или синтетические алюмосиликаты, общей формулы  $Me_{x/n}[Al_xSi_yO_{2(x+y)}] \cdot zH_2O$ , где  $Me$  – металл,  $n$  – его степень окисления,  $x$  – число атомов алюминия,  $y$  – кремния,  $z$  – молекул воды.

Кристаллическая структура цеолитов образована тетраэдрами  $[SiO_4]^{4-}$  и  $[AlO_4]^{5-}$ , объединёнными общими вершинами в трёхмерный каркас, пронизанный полостями и каналами. В полостях и каналах находятся молекулы воды и катионы металлов (I и II групп периодической системы Менделеева – Ca, Na, K, Mg, Ba, Sr и др.), а также аммония, гидрония, тетраалкиламмония и др. введённые катионным обменом поливалентные ионы. Как катионы, так и молекулы воды характеризуются достаточно большой свободой движения, обуславливающей катионный обмен и, во многих случаях, обратимую дегидратацию.

Наличие полостей и каналов в микроструктуре цеолитов, а также достаточно большая свобода движения катионов и молекул воды определяет уникальные свойства цеолитов.

Обезвоженные путем нагревания цеолиты приобретают способность адсорбировать различные вещества, молекулы которых по размеру не превышают диаметр входных пор-окон. В водной среде цеолиты легко обменивают свои катионы на другие, находящиеся в растворе. В процессе адсорбции и ионного обмена цеолиты проявляют тенденцию к избирательному поглощению одних ионов или молекул перед другими. Поэтому их называют **«молекулярными ситами»**.

При изменении внешних условий адсорбированные молекулы могут быть удалены из цеолитов, а обменные катионы заменены другими, в результате чего цеолиты регенерируются и могут работать в многоцикловом режиме.

Реакционная способность некоторых сорбированных молекул резко и избирательно увеличивается, в результате чего цеолиты проявляют каталитическую активность во многих реакциях, лежащих в основе промышленных процессов синтеза и переработки.

Обработка цеолитов растворами кислот, щелочей и солей позволяет модифицировать цеолиты и целенаправленно изменять их свойства применительно к решению той или иной задачи.

Из известных более 40 минеральных видов и разновидностей природных цеолитов только некоторые удовлетворяют требованиям для использования в практических целях, а именно: образуют крупные почти мономинеральные концентрации и одновременно обладают соответствующими полезными свойствами (адсорбционными, ионообменными, кислото- и термостойкостью и др.).

Природные цеолиты нашли применение в промышленности, в сельском хозяйстве, а также в области охраны окружающей среды. Однако природные цеолиты отличаются разнообразием состава и часто содержат большое

количество различных примесей, что ограничивает их промышленное применение в качестве адсорбентов.

На сегодняшний день синтезировано более 100 разновидностей синтетических цеолитов, из которых на практике наиболее широкое применение нашли цеолиты типа А (не имеет природных аналогов), Х (аналог фожазита) и менее распространенная группа Y (таблица 1). Цеолиты типа Y имеют кристаллическую структуру, аналогичную цеолитам типа Х.

**Таблица 1. Основные группы синтетических цеолитов**

Тип	Размер пор и название	Формула
А	Алюмосиликат натрия с диаметром пор 4А (т.е. 4 нм или $4 \cdot 10^{-8}$ см), цеолит 4А (NaA). Замещение катионов Na на Ca приводит к увеличению диаметра отверстий до 5А; этот цеолит называется 5А (CaA). Аналогично цеолитам с входным отверстием 3А, цеолит 3А (КА) получают замещением натрия калием.	$\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{22}\text{O}_{48}] 27\text{H}_2\text{O}$
Х (фожазит)	Данная кристаллическая структура построена с получением более широких входных отверстий. Как и для типа А, исходной структурой является натриевая форма с входным отверстием порядка 10А. Она соответствует молекулярным ситам 13Х (NaX).	$\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{106-n}\text{O}_{384}] 260\text{H}_2\text{O}$ ( $87 > n > 83$ )
Y	Имеет ту же кристаллическую структуру, что и тип Х, но иной химический состав. Тип Y применяют преимущественно в области катализа (каталитический крекинг).	$(\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{192-n}\text{O}_{384}] 260\text{H}_2\text{O})$ ( $75 > n > 56$ )

Источник: АО «Газпром нефтехим Салават»

В кристаллической решетке цеолитов этих групп в качестве катионов могут присутствовать различные щелочные и редкоземельные металлы (обычно натрий или калий).

*Цеолиты типа Y также, как и типа X относятся к типу фожазита, и их структура идентична структуре цеолитов типа X. Однако в элементарной ячейке цеолита типа Y содержится вдвое меньше тетраэдров  $\text{AlO}_4$  и катионов по сравнению с цеолитом типа X. Мольное соотношение  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  в цеолитах типа Y колеблется от 3,1 до 6,0; они отличаются повышенной кислотостойкостью, термостойкостью и каталитической активностью в реакциях крекинга, изомеризации, алкилирования и других процессов. Именно высокая реакционная способность предопределила высокий спрос нефтехимии на этот вид цеолитов.*

В основу классификации синтетических цеолитов, принятой в России, положено двухзначное обозначение; вначале указывается катион, преимущественно входящий в решетку цеолита (К, Na, Ca), а затем тип кристаллической решетки цеолита (А или Х). Если калиевая, магниевая или иная форма цеолита получена из натриевой и катионный обмен проведен не полностью, цеолит обозначают KNaA, MgNaA и т. д.

Классификация цеолитов в США и ряде других стран предусматривает указание определяющего размера цеолита (диаметра входного окна). Это соответствие соблюдается, однако, только для цеолитов типа А (таблица 2).

**Таблица 2. Российская и зарубежная классификация основных промышленных типов цеолитов общего назначения**

Классификация России	КА	NaA	CaA	CaX	NaX
Классификация США	3A	4A	5A	10X	13X
Диаметр входного окна	0,3	0,4	0,5	0,8	0,9

*Источник: обзор специальной литературы*

**Цеолиты являются молекулярными ситами.** Они могут быть использованы для разделения веществ не только на основе избирательности адсорбции, но и на основе разницы в размерах и форме поглощаемых молекул. Для того чтобы проникнуть в адсорбционную полость, критический диаметр молекулы адсорбата должен быть меньше размера входного окна.

Размер входных окон, определяющий молекулярно-ситовые свойства цеолитов, зависит от расположения кислородных колец цеолита и от числа атомов кислорода в кольце.

Размер катиона, входящего в состав цеолита, и его расположение также оказывают влияние на размер окна. Катион, расположенный вблизи окна, блокирует вход молекул. При катионном обмене, в котором два катиона натрия замещаются одним катионом кальция, входное окно расширяется; вследствие этого цеолит NaA имеет размер входного окна 0,4 нм, а цеолит CaA – 0,5 нм. Аналогичный обмен в цеолите типа X приводит к некоторому сужению окна.

Классификация цеолитов в соответствии с их молекулярно-ситовым действием была предложена Р.М. Баррером. Объединив для удобства цеолиты X в одну (4-ю) группу с учетом промышленной значимости всех 5 представителей, можно представить эту классификацию следующим образом (таблица 3).

Синтетические цеолиты нашли более широкое применение в промышленности, чем природные аналоги за счет своей однородной структуры и чистоты. За счет кристаллической решётки, которая характеризуется наличием больших внутренних полостей, развитой внутренней поверхностью и строго определённым размером для каждого типа цеолитов входных окон, они являются молекулярными ситами, способными избирательно адсорбировать молекулы определённого размера, как в газовой, так и в жидкой фазе. В связи с этим одно из основных направлений использования синтетических цеолитов – их применение в качестве *адсорбентов*.

Синтетические цеолиты нашли широкое применение для глубокой осушки и очистки природного и попутного нефтяного газа, в нефтепереработке – для осушки и очистки циркуляционного водородосодержащего газа (ВСГ) установок риформинга; в криогенных воздуходелительных установках и при разделении воздуха и газов методом КЦА.

**Таблица 3. Свойства и области применения основных промышленных типов цеолитов**

Тип цеолита	Свойства, применение
КА	при обычной температуре в значительных количествах поглощает только воду. Это свойство предопределило широкое применение его для осушки нестойких веществ, склонных к реакциям полимеризации
NaA	адсорбирует большинство компонентов промышленных газов, критический размер молекул которых не превышает 0,4 нм: сероводород, сероуглерод, диоксид углерода, аммиак, низшие диеновые и ацетиленовые углеводороды, этан, этилен, пропилен, органические соединения с одной метильной группой в молекуле, а также метан, неон, аргон, криптон, ксенон, кислород, азот, оксид углерода. Последняя группа веществ в значительных количествах поглощается только при низких температурах. Пропан и органические соединения с числом атомов углерода в молекуле более 3 не адсорбируются цеолитом и таким образом при осушке и очистке не подавляют адсорбцию указанных выше примесей.
CaA	адсорбирует углеводороды и спирты только нормального строения (независимо от длины цепи), в связи с чем широко используется в процессах разделения многокомпонентных органических веществ на молекулярно-ситовой основе. Кроме того, цеолитом CaA поглощаются метил- и этилмеркаптаны, органические соединения с числом атомов углерода в молекуле, равным двум, (этиловый спирт, этиламин, диборан и др.). Среди цеолитов общего назначения тип CaA отличается повышенной стойкостью в слабокислой среде и, поэтому его используют в процессах сероочистки и декарбонизации газов.
CaX, NaX	Цеолиты типа X имеют достаточно широкие входные окна и адсорбируют подавляющее большинство компонентов сложных смесей: все типы углеводородов, органические сернистые, азотистые и кислородные соединения (меркаптаны, тиофен, фуран, хинолин, пиридин, диоксан и др.), галогензамещенные углеводороды (хлороформ, четыреххлористый углеводород, фреоны), пентаборан и декаборан. Применение цеолитов CaX и NaX основано на избирательности адсорбции, а не на молекулярно-ситовых свойствах. При полном замещении катиона натрия на кальций цеолит CaX, в отличие от цеолита NaX, не адсорбирует ароматические углеводороды или их производные с разветвленными радикалами, например 1,3,5-триэтилбензол и <i>m</i> -дихлорбензол. На этом свойстве основан метод идентификации цеолитов этих двух типов и установление полноты ионного обмена при получении цеолита CaX.

*Источник: обзор специальной литературы*

Благодаря своим уникальным катионообменным свойствам синтетические цеолиты используются для смягчения воды, связывая ионы кальция и магния. В связи с этим синтетические цеолиты нашли применение в качестве компонентов синтетических моющих средств.

Кроме того, синтетические цеолиты используются в качестве носителей для катализаторов, для очистки выбросов промышленных газов и различных жидкостей от вредных компонентов (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и др.), очистки сточных вод от радиоактивных и других промышленных отходов, разделения газовых смесей, для очистки трансформаторных масел и пр.



## 1. Краткая характеристика мирового рынка синтетических цеолитов

В 2023 г. мировой рынок цеолитов оценивался в XXX млрд \$. К 2034 г. ожидается его рост до XXX млрд \$ при среднегодовом темпе роста X%. При этом основной объем (до XX%) используемых цеолитов приходится на натуральный цеолит благодаря более низкой стоимости. Основной сектор его потребления – производство строительных материалов (блочный камень, легкий заполнитель, пуццолановый цемент и др.).

Синтетические цеолиты (молекулярные сита) используются в мире на протяжении более чем 60 лет.

Появившись как новый класс промышленных материалов в 1954 г., синтетические цеолиты к 2000 г. достигли объема рынка XX млрд \$, к 2015 г. – XX млрд \$, а в 2023 г. – примерно XX млрд \$ (XX млрд \$ в 2022 г.). В дальнейшем рынок продолжит расти на 2-4% в год и к 2030 г. может достигнуть XX млрд \$.

В секторе синтетических цеолитов наиболее объемным сегментом (более XX% рынка) является *цеолит типа А* (NaA, CaA, KA), который содержит 2 типа пустот: малые (расположены в альфа-полостях и доступны только для небольших молекул: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) и большие (расположены в бета-полостях доступны для газов типа аргон, кислород и азот). Сферы его потребления – производство моющих средств, умягчителей воды, адсорбентов. Цеолит А является наиболее часто используемым заменителем фосфата в моющих средствах. Он оказался экономически эффективной альтернативой триполифосфату натрия (STPP) в качестве моющего средства с точки зрения социально-экономического и экологического воздействия.

*Цеолит типа X* (NaX, CaX) также часто используют в качестве моющих компонентов. Кроме того, его применяют для очистки газов, разделения углеводородов и др.

*Цеолит типа Y* используют в основном в качестве компонента катализаторов нефтепереработки. Объем рынка составляет XX млрд \$.

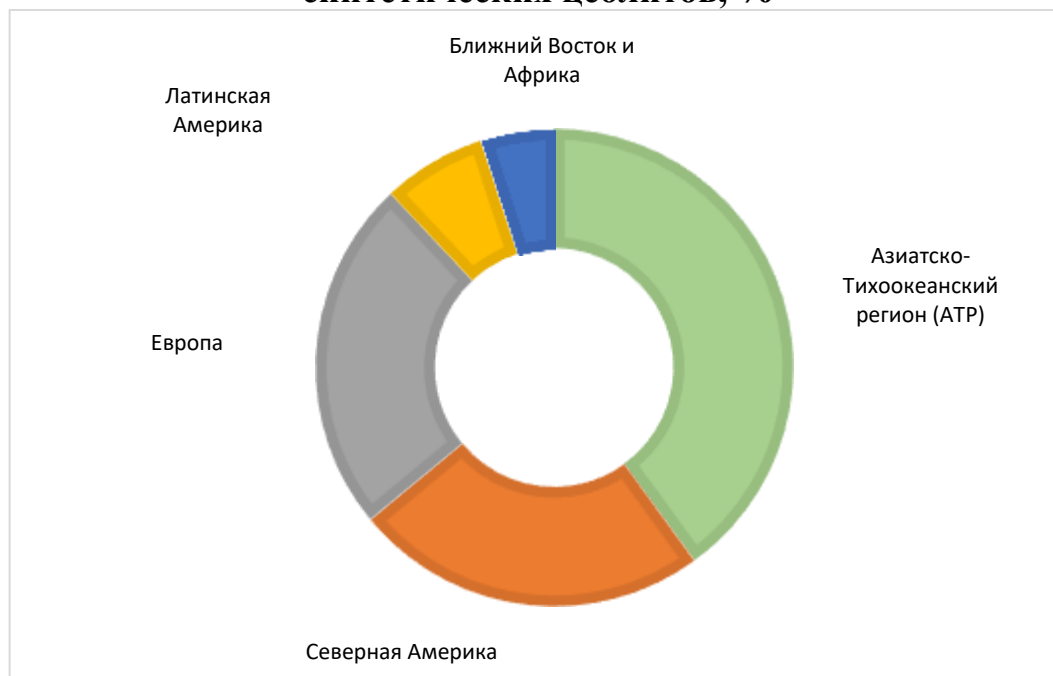
В будущем наиболее быстрый рост (XX% в год) прогнозируют для сегмента цеолитов А и X. Расширение рынка будет стимулировать увеличивающееся предпочтение моющим средствам на основе цеолита перед прочими аналогами на фоне общего увеличения потребления средств гигиены.

Рост сегмента цеолитов типа X и Y, используемых для очистки газов и производства катализаторов составит порядка XX% в год. Этому будут способствовать введение более жестких требований к выбросам промышленных производств, а также развитие и совершенствование процессов переработки углеводородного сырья.

Среди менее распространенных синтетических цеолитов выделим цеолит ZSM-5 (используют в качестве катализатора изомеризации углеводородов), двумерные (нанолистовые) цеолиты (наиболее каталитически активные) и др.

**Географическая сегментация рынка** синтетических цеолитов представлена на рисунке 1. Порядка XX% выручки (XX млрд \$) приходится на долю стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

**Рисунок 1. Географическая структура мирового рынка синтетических цеолитов, %**



*Источник: Acumen Research and Consulting*

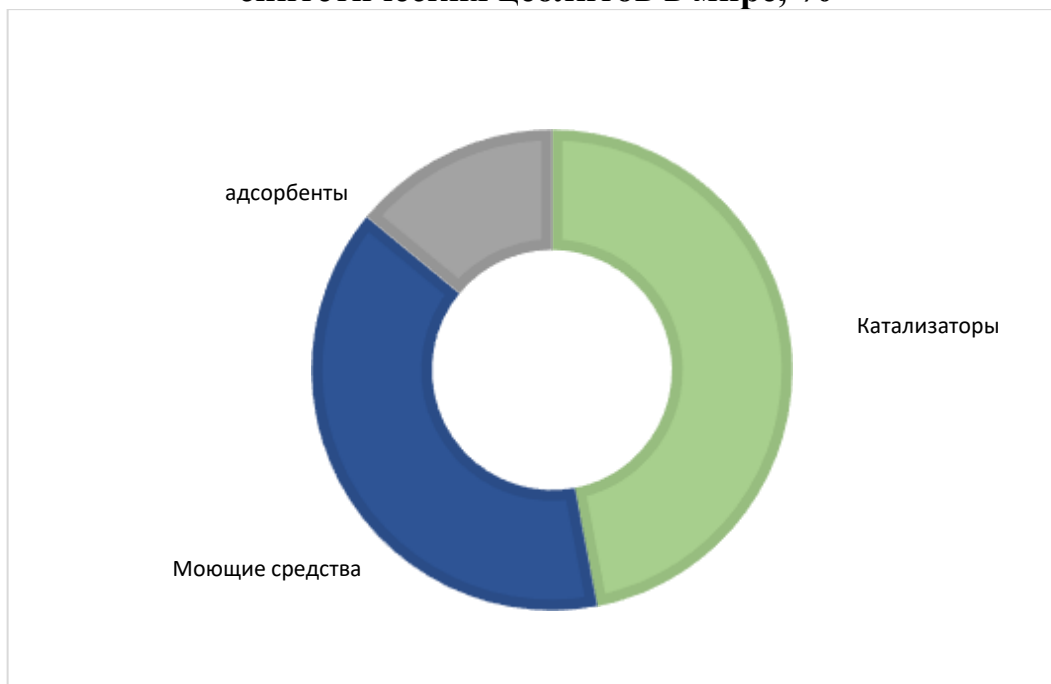
В Дальнейшем АТР останется самым быстрорастущим регионом с точки зрения спроса на синтетические цеолиты из-за высокого спроса со стороны производителей моющих средств.

При этом в Северной Америке (объем рынка составляет порядка XX млрд \$) и Европе моющие средства на основе фосфатов почти полностью заменены цеолитами, в связи с чем существенного расширения рынка цеолитов в этом секторе не предвидится. Однако это будет компенсироваться увеличением потребления адсорбентов (для очистки сточных вод) и катализаторов.

**Сегментация исследуемого рынка по областям применения** представлена на рисунке 2. Наибольшая доля выручки приходится на сектор катализаторов нефтепереработки и нефтехимии. Они играют ключевую роль в очистке сырой нефти, удалении соединений серы и преобразовании сырья в продукты с высокой добавленной стоимостью. Растущий спрос на более чистое топливо и ужесточение экологических норм вынуждают производителей нефти и газа инвестировать в современные технологии переработки. Синтетические цеолиты популярны в нефтегазовой промышленности благодаря своей высокой эффективности, селективности, эффективности и стабильности. Ожидается, что расширение нефтеперерабатывающих мощностей на развивающихся рынках и усиление внимания к решениям в области устойчивой энергетики приведут к увеличению спроса на синтетические цеолиты.



**Рисунок 2. Отраслевая структура потребления синтетических цеолитов в мире, %**



*Источник: Acumen Research and Consulting*

Сегмент производителей моющих средств – второй по выручке на исследуемом рынке. Существенное увеличение сегмента произошло во время пандемии COVID-19 в связи с резким спросом на средства гигиены, моющие средства и стиральные порошки.

Рост населения, рост располагаемого дохода и изменение образа жизни привели к увеличению спроса на моющие средства, особенно в развивающихся странах. Этот бум в индустрии моющих средств, вероятно, повысит спрос на синтетические цеолиты как ключевой ингредиент в их производстве, что будет способствовать расширению рынка.

Отличные адсорбционные способности синтетических цеолитов делают их пригодными для очистки воды, воздуха и утилизация отходов. Прогнозируется, что в условиях растущей обеспокоенности по поводу загрязнения окружающей среды и спроса на чистые источники энергии синтетические цеолиты будут приобретать популярность, поскольку они играют важную роль в решении экологических проблем.

**Мировой объем производства молекулярных сит в натуральном выражении составляет порядка XX млн т. При этом X млн т (около XX% выпуска) используется для производства моющих средств, XX тыс. т – в качестве катализаторов процессов нефтепереработки, XX тыс. т – в качестве адсорбентов.**

Итак, **драйверами рынка** синтетических цеолитов являются:

- Растущий спрос со стороны потребляющих отраслей (производство моющих средств, катализаторов, адсорбентов).