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

ИНФОМАЙН

исследовательская группа

www.infomine.ru

# Обзор рынка соляной кислоты (синтетической и абгазной) в России и ЕАЭС (СНГ)

**7 издание**

Москва
апрель, 2024

# Демонстрационная версия

**С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: http://www.infomine.ru/research/13/112**

**Общее количество страниц: 100 стр.**

Стоимость отчета различных комплектаций поставки:
**1. Базовая** - файл формата PDF - 72 тыс.рублей
**2. Расширенная** - файлы формата PDF + Word - 78 тыс.рублей
**3. Пользовательская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel - 84 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 - 89 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 - 109 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 неустранимых 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

**Аннотация** ..... **10**

**Введение** ..... **12**

**I. Технология производства соляной кислоты и используемое в промышленности сырье** ..... **15**
I.1. Способы производства соляной кислоты ..... **15**
I.2. Основные поставщики сырья и направления поставок ..... **20**

**II. Производство соляной кислоты в странах России и странах ЕАЭС** ..... **24**
II.1. Качество выпускаемой продукции ..... **24**
II.2. Мощности по производству соляной кислоты ..... **29**
II.3. Объемы производства соляной кислоты в России и СНГ ..... **31**
*II.3.1. Производство в России в 1997-2023 гг.* ..... 34
*II.3.2. Производство в прочих странах СНГ* ..... 38
II.4. Текущее состояние крупнейших производителей соляной кислоты ..... **41**
*II.4.1. АО «Каустик» (г. Волгоград)* ..... 41
*II.4.2. ГК «Галополимер»* ..... 47
*II.4.3. ООО «Новомосковский хлор» (Новомосковск, Тульская обл.)* ..... 51
*II.4.4. ПАО «Химпром» (г. Новочебоксарск, Республика Чувашия)* ..... 53
*II.4.5. АО «Башкирская содовая компания» (г. Стерлитамак, Респ. Башкортостан)* ..... 56

**III. Экспорт-импорт соляной кислоты** ..... **60**
III.1. Экспорт-импорт в РФ в 1997-2023 гг. ..... **60**
*III.1.1. Экспорт* ..... 61
*III.1.2. Импорт* ..... 64
III.2. Экспорт-импорт в Украине в 1999-2021 гг. ..... **67**
III.3. Экспорт-импорт в прочих странах ЕАЭС в 2006-2023 гг. ..... **70**

**IV. Обзор цен на соляную кислоту** ..... **72**
IV.1. Внутренние цены на соляную кислоту в России в 2008-2024 гг. ..... **72**
IV.2. Динамика российских экспортно-импортных цен в 1997-2023 гг. ..... **76**

**V. Потребление соляной кислоты** ..... **78**
V.1. Баланс потребления соляной кислоты в России в 1998-2023 гг. ..... **78**
V.2. Структура потребления соляной кислоты в России ..... **80**
V.3. Основные отрасли и предприятия-потребители соляной кислоты в России ..... **82**
*V.3.1. Химическая и нефтехимическая промышленность* ..... 83
*V.3.2. Нефтегазодобывающая промышленность* ..... 86
*V.3.3. Металлургия и металлообработка* ..... 92

*V.3.4. Прочие отрасли* ..... 95
V.4. Основные предприятия-потребители товарной соляной кислоты ..... **96**

**VI. Прогноз производства и потребления соляной кислоты в России до 2030 г. ..... 97**

**Приложение. Контактная информация предприятий-производителей соляной кислоты в странах СНГ ..... 99**

# СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Растворимость HCl в воде при 0,1 МПа
Таблица 2. Плотность и вязкость соляной кислоты при 20°С
Таблица 3. Свойства азеотропной смеси HCl-$H_2O$
Таблица 4. Мощности и действующая технология производства хлора на предприятиях СНГ (на конец 2023 г.)
Таблица 5. Производство электролитической щелочи, хлора и водорода в России и СНГ в 2021-2023 гг., тыс. т
Таблица 6. Марки и области применения соляной кислоты
Таблица 7. Марки соляной кислоты, выпускаемой в СНГ
Таблица 8. Технические характеристики синтетической технической соляной кислоты (согласно ГОСТ 857-95)
Таблица 9. Технические характеристики соляной кислоты из абгазов хлорорганических производств (согласно ТУ 2122-020-13164401-95)
Таблица 10. Технические характеристики соляной кислоты из абгазов хлорорганических производств (согласно СТО 00203275-229-2009 с изм. 1, 2)
Таблица 11. Технические характеристики ингибированной соляной кислоты из абгазов хлорорганических производств (согласно ТУ 20.59.59-066-5350222-2019)
Таблица 12. Технические характеристики синтетической реактивной соляной кислоты (согласно ГОСТ 3118-77, изм. 1)
Таблица 13. Технические характеристики ингибированной соляной кислоты марки НАПОР-HCl (согласно ТУ 2458-017-12966038-2002)
Таблица 14. Мощности по производству соляной кислоты в СНГ в 2023 г., тыс. т. в год
Таблица 15. Производство соляной кислоты в СНГ (по странам) в 1998-2023 гг., тыс. т
Таблица 16. Производство соляной кислоты (с разбивкой по способам получения) предприятиями РФ в 2011-2023 гг., тыс. т
Таблица 17. Производство соляной кислоты (с разбивкой по способам получения) по федеральным округам РФ в 2016-2023 гг., тыс. т
Таблица 18. Крупнейшие потребители соляной кислоты производства АО «Каустик» (Волгоград) в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 19. Результаты финансово-хозяйственной деятельности АО «Каустик» (Волгоград) в 2015-2021 гг.
Таблица 20. Крупнейшие потребители соляной кислоты производства ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 21. Результаты финансово-хозяйственной деятельности ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» в 2015-2021 гг.
Таблица 22. Крупнейшие потребители соляной кислоты производства ООО «Галополимер Пермь» в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 23. Результаты финансово-хозяйственной деятельности ООО «Галополимер Пермь» в 2015-2021 гг.

Таблица 24. Некоторые финансовые показатели деятельности ООО «Новомосковский хлор» в 2016-2023 гг., млн руб.
Таблица 25. Крупнейшие потребители соляной кислоты производства ПАО «Химпром» (Новочебоксарск) в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 26. Некоторые финансовые показатели деятельности ПАО «Химпром» (Новочебоксарск) в 2015-2021 гг., млн руб.
Таблица 27. Крупнейшие потребители соляной кислоты производства АО «БСК» (Стерлитамак) в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 28. Некоторые финансовые показатели деятельности АО «БСК» в 2015-2021 гг., млрд руб.
Таблица 29. Внешняя торговля HCl в РФ в 2006-2023 гг., тыс. т, млн $
Таблица 30. Страны-потребители российской соляной кислоты в 2006-2023 гг., тыс. т
Таблица 31. Экспорт соляной кислоты российскими предприятиями в 2017-2023 гг., т
Таблица 32. Страны-поставщики импортной соляной кислоты в Россию в 2006-2023 гг., тыс. т
Таблица 33. Импорт соляной кислоты российскими предприятиями в 2017-2023 гг., т
Таблица 34. Внешняя торговля HCl в Украине в 2014-2021 гг., тыс. т, млн $
Таблица 35. Экспорт-импорт соляной кислоты (по странам) в Украине в 2006-2021 гг., тыс. т
Таблица 36. Объемы и направления экспорта-импорта соляной кислоты в прочих странах СНГ в 2006-2023 гг., тыс. т
Таблица 37. Среднемесячные оптовые цены на соляную кислоту в России в 2016-2024 гг., руб./т без НДС
Таблица 38. Среднегодовые цены на соляную кислоту по РФ и федеральным округам в 2016-2023 гг., руб./т без НДС
Таблица 39. Цены на соляную кислоты производства ООО «Химпром» (г. Кемерово) в 2022 г. Прайс-лист с 07.04.2022
Таблица 40. Среднегодовые экспортные цены на российскую соляную кислоту для стран-потребителей в 2016-2023 гг., $/т
Таблица 41. Среднегодовые экспортные цены на соляную кислоту российских производителей в 2016-2023 гг., $/т
Таблица 42. Среднегодовые цены экспорта российской соляной кислоты различных марок в 2016-2023 гг., $/т
Таблица 43. Среднегодовые цены на импортируемую Россией соляную кислоту в 2016-2023 гг., $/т
Таблица 44. Объемы потребления соляной кислоты в России в 1998-2023 гг., тыс. т
Таблица 45. Потребление соляной кислоты в России по отраслям в 2010 г., 2021 г. и 2023 г., тыс. т
Таблица 46. Индексы промышленного производства по отраслям промышленности РФ в 2014-2023 гг., % к предыдущему году

Таблица 47. Химические предприятия-потребители соляной кислоты, в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 48. Основные предприятия нефтегазодобывающей промышленности – потребители соляной кислоты в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 49. Основные потребители соляной кислоты в металлургической и машиностроительной промышленности РФ в 2019-2023 гг., тыс. т
Таблица 50. Основные предприятия-потребители товарной соляной кислоты в 2022-2023 г., тыс. т

# СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Схема распределения температур (кривая 1) и концентрации HCl (кривая 2) по высоте адиабатического абсорбера
Рисунок 2. Схема типовой адиабатической абсорбции соляной кислоты из абгазов
Рисунок 3. Схема типовой комбинированной абсорбции соляной кислоты из абгазов
Рисунок 4. Динамика производства соляной кислоты в СНГ в 1998-2023 гг., тыс. т
Рисунок 5. Доли стран СНГ в суммарном производстве соляной кислоты в 2023 г., %
Рисунок 6. Динамика производства соляной кислоты в России в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 7. Доля предприятий в производстве соляной кислоты в России в 2006-2023 гг., %
Рисунок 8. Структура производства соляной кислоты по федеральным округам РФ в 2023 г., %
Рисунок 9. Динамика производства соляной кислоты в Украине в 1998-2021 гг., тыс. т
Рисунок 10. Доля предприятий в производстве соляной кислоты в Украине в 2005-2021 гг., %
Рисунок 11. Динамика производства соляной кислоты в АО «Каустик» (Волгоград) в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 12. Производство соляной кислоты и хлористого кальция в ООО «Галополимер Кирово-Чепецк» в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 13. Динамика производства соляной кислоты в ООО «Галополимер Пермь» в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 14. Динамика производства соляной кислоты в ООО «Новомосковский хлор» в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 15. Динамика производства соляной кислоты в ПАО «Химпром» (Новочебоксарск) в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 16. Динамика производства соляной кислоты в АО «БСК» (Стерлитамак) в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 17. Динамика экспорта-импорта соляной кислоты в России в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 18. Динамика экспорта российской соляной кислоты в 2006-2023 гг., тыс. т
Рисунок 19. Региональная структура экспорта российской соляной кислоты в 2006-2023 гг., тыс. т
Рисунок 20. Доли стран-получателей российской соляной кислоты в суммарном объеме экспорта в 2023 г., %
Рисунок 21. Динамика российского импорта соляной кислоты в 2006-2023 гг., тыс. т

Рисунок 22. Региональная структура российского импорта соляной кислоты в 2006-2023 гг., тыс. т
Рисунок 23. Динамика экспорта-импорта соляной кислоты в Украине в 1999-2021 гг., тыс. т
Рисунок 24. Региональная структура экспорта украинской соляной кислоты в 2006-2021 гг., тыс. т
Рисунок 25. Динамика среднегодовых оптовых цен на соляную кислоту в России в 2008-2024 гг., руб./т без НДС
Рисунок 26. Динамика среднемесячных оптовых цен на соляную кислоту в России в 2016-2024 гг., руб./т без НДС
Рисунок 27. Динамика российских экспортно-импортных цен на соляную кислоту в 1997-2023 гг., $/т
Рисунок 28. Динамика основных показателей российского рынка соляной кислоты в 1997-2023 гг., тыс. т
Рисунок 29. Структура потребления соляной кислоты в России в 2023 г., %
Рисунок 30. Изменение структуры потребления соляной кислоты в России в 2008-2023 гг., %
Рисунок 31. Динамика добычи нефти (млн т) и газа (млрд $м^3$) в России в 2000-2023 гг.
Рисунок 32. Структура нефтедобычи в России по крупнейшим добывающим компаниям в 2022 г., %
Рисунок 33. Прогноз производства-потребления соляной кислоты в России на период до 2030 г., тыс. т

# Аннотация

Настоящий обзор является **седьмым изданием** исследования рынка соляной кислоты (синтетической и абгазной) в России и странах ЕАЭС (СНГ).

Мониторинг рынка ведется **с 2000 года**.

**Цель исследования** – анализ российского рынка соляной кислоты.

**Объект исследования** – кислота соляная как синтетическая, так и абгазная.

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 разделение соляной кислоты по способу производства (на синтетическую и абгазную) и подробное исследование каждого вида данного химиката, кроме того детально исследовано внутризаводское потребление соляной кислоты.

**Хронологические рамки исследования**: 1997-2023 гг.; прогноз – 2024-2030 гг.

**География исследования**: Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка, прочие страны ЕАЭС – краткий ретроспективный анализ.

Обзор состоит из **6** глав, содержит **100** страниц, в том числе **50** таблиц, **33** рисунка и приложение.

В **первой главе** отчета приведены сведения о сырье, необходимом для производства соляной кислоты, его характеристики. Также в данной главе подробно рассмотрена технология производства соляной кислоты. Кроме того, приведены данные об основных поставщиках сырья, направлениях и объемах поставок.

**Вторая глава** отчета посвящена производству соляной кислоты (с разделением на синтетическую и абгазную) в странах ЕАЭС. В данном разделе отчета приводятся статистические и оценочные данные по объемам выпуска соляной кислоты в СНГ в 1997-2023 гг. Кроме того, приведены качественные показатели получаемой продукции. Также здесь дана характеристика крупнейших производителей кислоты.

В **третьей главе** отчета приводятся данные о внешнеторговых операциях с соляной кислотой в Россиии странах ЕАЭС (объемы поставок, основные поставщики и потребители соляной кислоты) в 1997-2023 гг.

В **четвертой главе** приведены сведения об уровне цен на внутреннем российском рынке, а также проанализированы данные об изменениях экспортно-импортных цен на продукцию в России.

В **пятой главе** отчета рассматривается потребление соляной кислоты в России. В данном разделе приведен баланс производства-потребления этой продукции, отраслевая структура потребления в России, приведены основные потребители, а также описано текущее состояние и перспективы развития крупнейших отраслей потребления.

В **шестой главе** отчета приводится прогноз развития российского рынка соляной кислоты на период до 2030 г.

В **приложении** приведены адреса и контактная информация предприятий, выпускающих и соляную кислоту в странах ЕАЭС.

**Целевая аудитория исследования:**

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

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, работающих на рынке соляной кислоты.

# Введение

***Соляная кислота*** (хлористоводородная кислота, хлороводородная кислота) − раствор хлористого водорода (HCl) в воде − является одним из важнейших продуктов химической промышленности. Соляная кислота − бесцветная жидкость с резким запахом.

Растворение HCl в воде − сильно экзотермический процесс, для бесконечно разбавленного водного раствора $\Delta H^0$ растворения HCl составляет 69,9 кДж/моль, $\Delta H^0_{обр}$ иона $Cl^-$ − 167,08 кДж/моль. Хлороводород в воде полностью ионизирован. Растворимость HCl в воде зависит от температуры (таблица 1) и парциального давления HCl в газовой смеси.

**Таблица 1. Растворимость HCl в воде при 0,1 МПа**

| Температура, °С | Растворимость | |
|---|---|---|
| | % по массе | в 100 г $H_2O$ |
| −18,3 | 48,98 | 96,00 |
| −15 | 48,27 | 93,31 |
| −10 | 47,31 | 89,79 |
| 0 | 45,15 | 82,32 |
| 10 | 44,04 | 78,70 |
| 20 | 42,02 | 72,47 |
| 30 | 40,22 | 67,28 |
| 40 | 38,68 | 63,08 |
| 50 | 37,34 | 59,59 |
| 60 | 35,94 | 56,10 |

*Источник: Химическая энциклопедия*

Плотность соляной кислоты различной концентрации и ее вязкость при 20°С представлены в таблице 2. С повышением температуры вязкость соляной кислоты понижается, например, для 23,05%-ной соляной кислоты при 25°С вязкость составляет 1,364 мПа·с, при 35°С − 1,170 мПа·с.

**Таблица 2. Плотность и вязкость соляной кислоты при 20°С**

| Содержание HCl, % по массе | Плотность, г/см³ | Содержание HCl, % по массе | Вязкость, Па·с |
|---|---|---|---|
| 0,36 | 1,000 | 5,00 | 1,080 |
| 2,36 | 1,010 | 7,36 | 1,125 |
| 6,43 | 1,030 | 10,89 | 1,187 |
| 10,52 | 1,050 | 14,29 | 1,251 |
| 12,51 | 1,060 | 17,59 | 1,323 |
| 14,49 | 1,070 | 20,00 | 1,360 |
| 16,47 | 1,080 | 22,37 | 1,452 |
| 20,39 | 1,100 | 25,43 | 1,555 |
| 31,14 | 1,155 | 29,95 | 1,779 |
| 40,00 | 1,198 | 32,80 | 1,870 |
| | | 36,53 | 2,004 |
| | | 40,61 | 2,266 |

*Источник: Химическая энциклопедия*

HCl образует с водой азеотропную смесь (таблица 3).

**Таблица 3. Свойства азеотропной смеси HCl-$H_2O$**

| P, кПа | Содержание HCl, % по массе | T кип., °C | Плотность при 25°C, г/см$^3$ |
|---|---|---|---|
| 6,7 | 23,42 | 48,724 | 1,1118 |
| 33 | 21,883 | 81,205 | 1,0420 |
| 66 | 20,916 | 97,578 | 1,0993 |
| 93 | 20,360 | 106,424 | 1,0966 |
| 101 | 20,222 | 108,584 | 1,0959 |
| 106 | 20,155 | 110,007 | 1,0955 |
| 133 | 19,734 | 116,185 | 1,0933 |

*Источник: Химическая энциклопедия*

В системе HCl−вода существуют 3 эвтектические точки: −74,7°C (23% по массе HCl), −73°C (26,5% HCl), −87,5°C (24,8% HC1, метастабильная фаза). Известны кристаллогидраты HCl·n$H_2O$, где n = 8, 6 ($T_{пл.}$ -40°C); 4, 3 ($T_{пл.}$ -24,4°C); 2 ($T_{пл.}$ -17,7°C) и 1 ($T_{пл.}$ -15,35°C). Лед кристаллизуется из 10%-ной соляной кислоты при -20°C, из 15%-ной при -30°C, из 20%-ной при -60°C и из 24%-ной при -80°C.

Соляная кислота ***химически*** весьма активна. Растворяет с выделением водорода все металлы, имеющие отрицательный нормальный потенциал, со многими оксидами и гидроксидами металлов образует хлориды, выделяет свободные кислоты из таких солей, как фосфаты, силикаты, бораты и др.

Некоторые органические вещества, добавленные к соляной кислоте, сильно тормозят растворение ею металлов. Чем концентрированнее кислота, с тем меньшей скоростью она растворяет металл в присутствии незначительного количества ингибитора. К числу распространенных относятся ингибиторы ПБ − полимеры бутилимина. Тормозящее действие ингибиторов объясняется адсорбцией органического вещества на поверхности металла, в результате которой образуется защитный слой, повышающий перенапряжение выделения водорода на металле. Большинство ингибиторов проявляют свое защитное действие ниже 70-80°C. К ингибиторам, стойким при более высокой температуре (100-110°C), относятся уротропин, акридин, «пенореагент» ПР-1.

Ингибированная HCl растворяет сталь в десятки и в сотни раз медленнее, чем неингибированная. Средняя скорость растворения стали в ингибированной кислоте не превышает 0,15 г/м$^2$·ч, что соответствует уменьшению толщины стенок резервуара всего на 0,16 мм в год. Ингибированную соляную кислоту применяют для травления. В процессах травления ингибированная кислота легко (с такой же скоростью, как и неингибированная) очищает поверхность черного металла от ржавчины, окалины, накипи и других отложений, растворимых в соляной кислоте. При этом не происходит разрушение самого металла.

Соляную кислоту ***применяют*** в химической промышленности для получения хлористых солей (цинка, кальция, бария, аммония и др.) и органических продуктов (анилина, дифениламина), для производства

синтетического каучука (хлоропрена), красителей, для омыления жиров и масел. Соляную кислоту используют для получения гидролизного спирта и глюкозы из крахмала, в производстве сахара, желатина и клея, при дублении и окраске кож, в производстве активированного угля, при крашении тканей, для травления металлов, при металлообработке, в различных гидрометаллургических процессах, в гальванопластике, в нефтедобыче (для увеличения дебита скважин) и пр.

Хлористый водород и соляная кислота токсичны, вызывают сильные ожоги слизистых оболочек, удушье, разрушают зубы и т.д. ПДК НС1 в воздухе рабочей зоны составляет 5,0 мг/м$^3$.

# I. Технология производства соляной кислоты и используемое в промышленности сырье

## I.1. Способы производства соляной кислоты

Водный раствор хлористого водорода назвали соляной кислотой потому, что издавна его получали из поваренной соли, действуя на нее серной кислотой. Этот, так называемый сульфатный, способ производства соляной кислоты долгое время был единственным. Затем стали получать синтетический хлористый водород из хлора и водорода. Кроме того, значительные количества хлористого водорода получают в качестве побочного продукта при хлорировании органических веществ и других продуктов.

Таким образом, в промышленности соляную кислоту получают следующими способами:

– сульфатным;

– синтетическим;

– из абгазов (побочных газов) ряда процессов.

Во всех случаях производство соляной кислоты (реактивной, полученной сульфатным способом, синтетической, абгазной) состоит из двух стадий:

1) получения хлористого водорода;

2) поглощения (абсорбции) хлористого водорода водой.

В зависимости от способа отвода теплоты абсорбции, которая достигает 72,8 кДж/моль процессы разделяются на изотермические (при постоянной температуре), адиабатические (без теплообмена с окружающей средой) и комбинированные.

**Сульфатный метод** основан на взаимодействии хлорида натрия NaCl с концентрированной серной кислотой $H_2SO_4$ (92-93%) при 500-550°С:

$$2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$$

Менее концентрированную серную кислоту не применяют, так как в этом случае хлористый водород был бы чрезмерно разбавлен парами воды, что затруднило бы получение концентрированной соляной кислоты. В технологическом процессе предпочтительнее применение крупнозернистой выварочной соли вследствие ее пористости − она легко пропитывается кислотой с образованием однородной массы. Однако выварочная соль содержит переменное количество влаги, что затрудняет дозировку сырья и регулирование температурного режима печей. Каменная соль характеризуется постоянной влажностью, но она более загрязнена примесями $CaSO_4$, $Fe_2O_3$ и другими, переходящими в сульфат натрия. Помимо этого, применение каменной соли связано с необходимостью ее измельчения и более интенсивного перемешивания с серной кислотой.

Реакционные газы, отходящие из муфельных печей, содержат от 50-65% хлороводорода, а газы от реакторов с кипящим слоем до 5% HCl. В настоящее

время предложено заменить серную кислоту на смесь $SO_2$ и $O_2$ с использованием в качестве катализатора $Fe_2O_3$ и проведением процесса при температуре 540°С.

Данный метод в настоящее время в промышленном масштабе не используется.

**Синтез хлористого водорода из элементов** дает концентрированный хлористоводородный газ (содержащий 80-90% и больше HCl), легко поддающийся сжижению, а поглощение его дистиллированной водой позволяет получать чистую реактивную кислоту, концентрация которой при необходимости может достигать 38%.

В основе прямого синтеза соляной кислоты лежит цепная реакция горения:

$$H_2 + Cl_2 \leftrightarrow 2HC1 + 184{,}7 \text{ кДж.}$$

Реакция инициируется светом, влагой, твердыми пористыми веществами (древесный уголь, губчатая платина) и некоторыми минеральными веществами (кварц, глина). Абсолютно сухие хлор и водород не взаимодействуют между собой. Присутствие следов влаги ускоряет реакцию столь интенсивно, что она может произойти со взрывом. В производственных установках осуществляется спокойное, не взрывное горение водорода в токе хлора. Водород подается с избытком в 5-10%, что позволяет полностью использовать более ценный хлор и получить незагрязненную хлором соляную кислоту.

Сжигание смеси хлора и водорода производится в печах различных конструкций, представляющих собой небольшие камеры из огнеупорного кирпича, плавленого кварца, графита или металла. Наиболее современным материалом, предотвращающим загрязнение продукта, является графит, импрегнированный фенолоформальдегидными смолами. Для предотвращения взрывного характера горения реагенты смешивают непосредственно в факеле пламени горелки. В верхней зоне камер сжигания устанавливают теплообменники для охлаждения реакционных газов до 150-160°С. Мощность современных графитовых печей достигает 65 т в сутки (в пересчете на соляную кислоту, содержащую 35% HCl).

В случае дефицита водорода применяют различные модификации процесса. Например, пропускают смесь $Cl_2$ с водяным паром через слой пористого раскаленного угля:

$$2C1_2 + 2H_2O + C \rightarrow 4HC1 + CO_2 + 288{,}9 \text{ кДж.}$$

Температура процесса составляет 1000-1600°С, зависит от типа угля и наличия в нем примесей, являющихся катализаторами, например, $Fe_2O_3$. Перспективным является также использование смеси CO с парами воды:

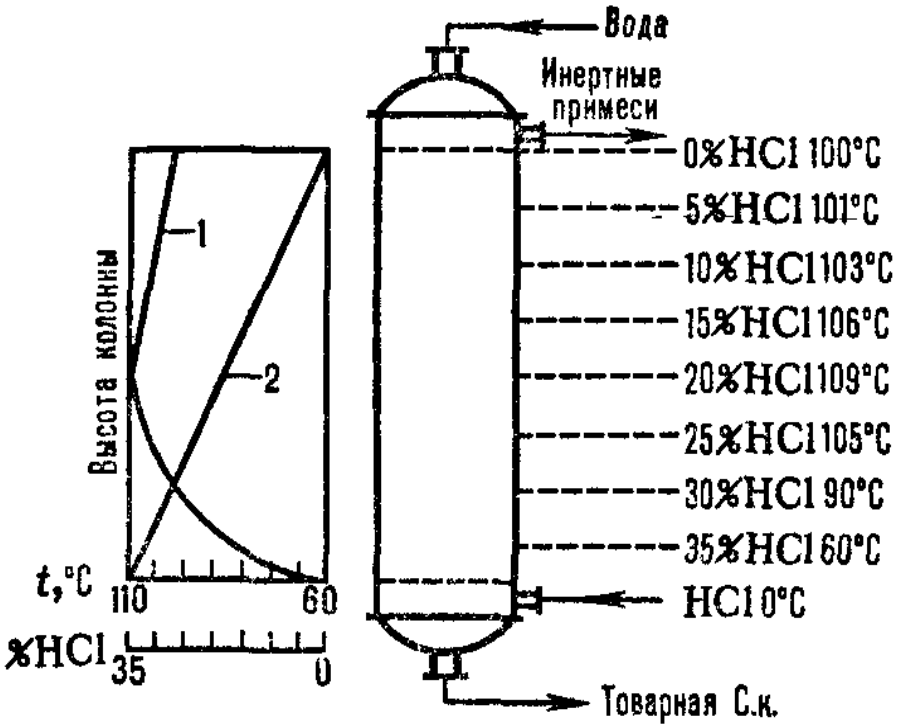
$$CO + H_2O + Cl_2 \rightarrow 2HC1 + CO_2.$$

Самое значительное количество соляной кислоты в СНГ в настоящее время получают из **абгазного хлороводорода (HCl)**, образующегося при

хлорировании и дегидрохлорировании органических соединений, пиролизе хлорорганических отходов, хлоридов металлов, получении калийных нехлорированных удобрений и др. Абгазы содержат различные количества хлороводорода, инертные примеси ($N_2$, $H_2$, $CH_4$), малорастворимые в воде органические вещества (хлорбензол, хлорметаны), водорастворимые вещества (уксусная кислота, хлораль), кислые примеси ($Cl_2$, HF, $O_2$) и воду. При содержании инертных примесей менее 40%, является целесообразным применение изотермической абсорбции HCl в абгазах. Наиболее перспективными являются пленочные абсорберы, позволяющие извлекать из исходного абгаза от 65% до 85% HCl.

В российской промышленности для получения соляной кислоты наиболее широко применяют схемы адиабатической абсорбции. Абгазы вводят в нижнюю часть абсорбера, а воду (или разбавленную соляную кислоту) – противотоком в верхнюю. Соляная кислота нагревается до температуры кипения благодаря теплоте растворения HCl. Зависимость изменения температуры абсорбции и концентрации HCl показана на рисунке 1. Температура абсорбции определяется температурой кипения кислоты соответствующей концентрации, максимальная температура кипения азеотропной смеси составляет около 110°С.

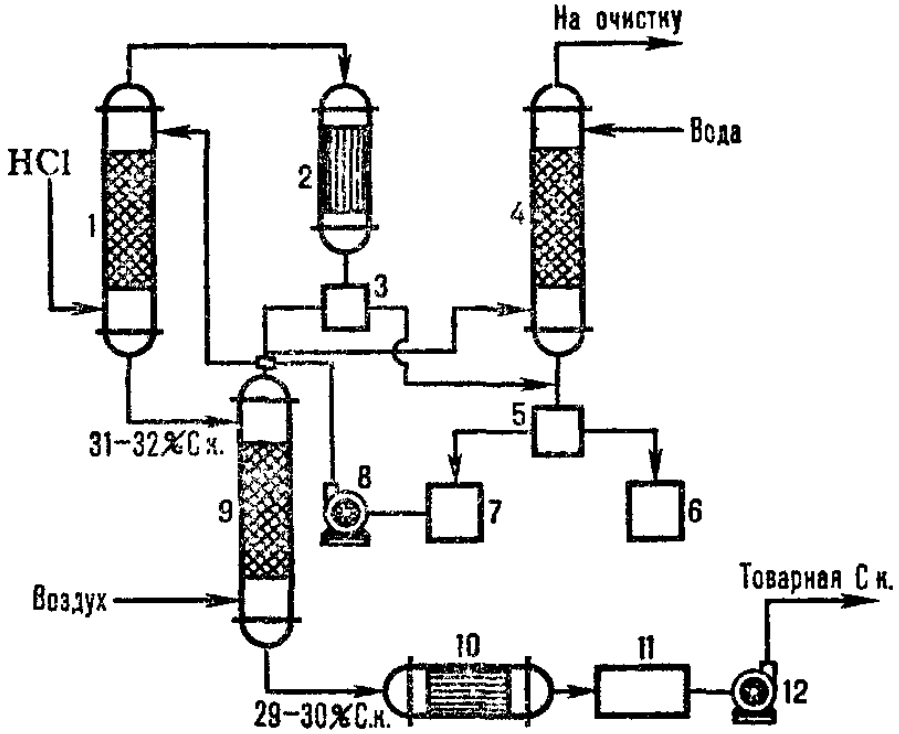
**Рисунок 1. Схема распределения температур (кривая 1) и концентрации HCl (кривая 2) по высоте адиабатического абсорбера**




*Источник: Химическая энциклопедия*

Типовая схема адиабатической абсорбции HCl из абгазов, образующихся при хлорировании (например, при получении хлорбензола), представлена на рисунке 2. Хлороводород поглощается в абсорбере *1*, а остатки малорастворимых в воде органических веществ отделяют от воды после конденсации в аппарате *2*, доочищают в хвостовой колонне *4* и сепараторах *3, 5* и получают товарную соляную кислоту.

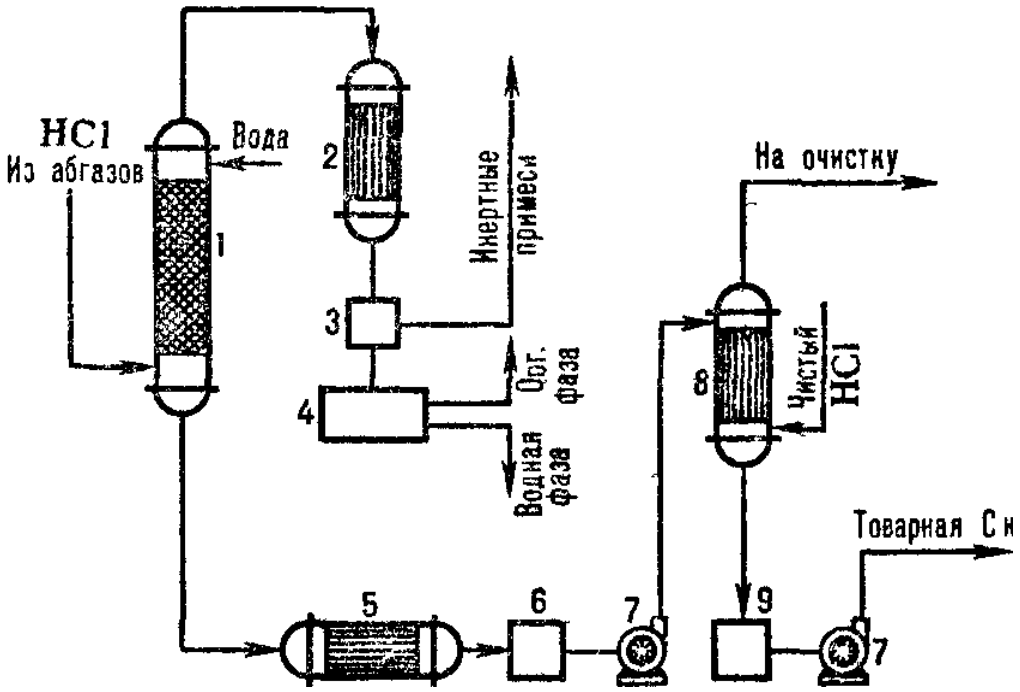
**Рисунок 2. Схема типовой адиабатической абсорбции соляной кислоты из абгазов**




1 − адиабатический абсорбер; 2 − конденсатор; 3, 5 − сепараторы; 4 − хвостовая колонна; 6 − сборник органической фазы; 7 − сборник водной фазы; 8, 12 − насосы; 9 − отдувочная колонна; 10 − теплообменник; 11 − сборник товарной кислоты

Получение соляной кислоты из абгазов с использованием комбинированной схемы абсорбции представлено в виде типовой схемы на рисунке 3. В колонне адиабатической абсорбции получают соляную кислоту пониженной концентрации, но свободную от органических примесей. Кислоту с повышенной концентрацией HC1 производят в колонне изотермической абсорбции при пониженных температурах. Степень извлечения HCl из абгазов при использовании в качестве абсорбентов разбавленных кислот составляет 95-99%. При использовании в качестве абсорбента чистой воды степень извлечения почти полная.

**Рисунок 3. Схема типовой комбинированной абсорбции соляной кислоты из абгазов**




1 – колонна адиабатической абсорбции; 2 – конденсатор; 3 – отделитель газов; 4 – сепаратор; 5 – холодильник; 6, 9 – сборники кислоты; 7 – насосы; 8 – изотермический абсорбер

## I.2. Основные поставщики сырья и направления поставок

В настоящее время в качестве основного сырья для получения синтетической соляной кислоты используется *газообразный хлор* и *водород*, которые выделяются при электролизе водного раствора хлорида натрия наряду с каустической содой:

$$2NaCl + 2H_2O \rightarrow Cl_2\uparrow + 2NaOH + H_2\uparrow$$

В промышленности используется 3 метода электролиза раствора NaCl:

1) ртутный метод, заключающийся в том, что в процессе производства хлора через закрытый, периодически наклоняемый электролизер со скоростью 15 см/с проходит ртуть, слой которой на дне агрегата служит катодом. Титановые аноды, покрытые слоем оксидов платиновых металлов, погружены в горячий (60-80ºС) раствор NaCl. При этом на аноде выделяется газообразный хлор, в то время как на ртутном катоде разряжаются катионы натрия;

2) диафрагменный метод, при котором анодное и катодное пространства отделены друг от друга пористой перегородкой – диафрагмой (например, ионообменной мембраной, выполненной на основе фторопластов). Такая конструкция позволяет предотвратить взаимодействие щелочи с газообразным хлором.

3) мембранный метод, разработанный в 70-е годы XX века, является наиболее прогрессивным способом получения хлора и каустика. Метод предусматривает отделение катода электролизера от анода синтетической мембраной, пропускающей только ионы натрия. В мембранном электролизере водород получается при избыточном давлении до 0,5 атм, что в большинстве случаев исключает стадию его сжатия (компримирования). Получаемая в электролизере щелочь, содержащая до 35% гидроксида натрия и 30 ppm поваренной соли, требует доупарки, процесс которой значительно проще по сравнению с диафрагменным методом. Мембранные электролизеры значительно экономичней по расходу энергии (ртутных − на 25% и диафрагменных − на 15%), и только за счет энергосбережения полностью окупают себя за 2 года.

В настоящее время наиболее распространенным является диафрагменный метод получения хлора и каустика, поскольку он менее экологически опасен, нежели ртутный, а также позволяет экономить электроэнергию.

В **России** в 2023 г. производственные мощности по выпуску щелочи, хлора и водорода действовали на 11 предприятиях. Помимо России на постсоветском пространстве хлор выпускают Украина, Казахстан и Узбекистан (таблица 4).

Так, в **Узбекистане** эффективная и экологически чистая мембранная технология была реализована еще в 2001 г. в АО «Навоиазот», а в 2019 г. было введено в эксплуатацию новое производство.

В **Украине** единственный в стране производитель жидкого хлора – ПАО «Днепроазот» – вырабатывает его диафрагменным методом. В 2018 г. производство останавливалось в связи с высокой ценой на газ.