



**ИнфоМайн** 

**исследовательская группа**

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

---

# Обзор рынка азотной кислоты в СНГ

*Демонстрационная версия*

Москва  
август, 2008

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация .....	9
Введение .....	10
I. Технология производства азотной кислоты и используемое в промышленности сырье.....	13
I.1. Технология производства азотной кислоты .....	13
I.2. Основные поставщики сырья .....	19
I.3. Направления и объемы поставок .....	22
II. Производство азотной кислоты в странах СНГ .....	26
II.1. Качество выпускаемой продукции.....	26
II.2. Производство азотной кислоты в СНГ в 2001-2007 гг.....	30
II.2.1. Производство азотной кислоты в России в 2000-2007 гг.....	32
II.2.2. Производство азотной кислоты на Украине в 2001-2007 гг.....	34
II.2.3. Производство азотной кислоты в других странах СНГ .....	37
II.3. Текущее состояние крупных предприятий-производителей азотной кислоты .....	42
II.3.1. ОАО НАК "Азот" (Новомосковск, Тульская обл., РФ).....	46
II.3.2. ОАО "Невинномысский азот" (Невинномысск, Ставропольский край, РФ).....	53
II.3.3. ОАО "Азот" (Березники, Пермский край).....	58
II.3.4. ОАО "Дорогобуж" (Смоленская обл., РФ), ОАО "Акрон" (Великий Новгород, РФ).....	62
II.3.5. ОАО "Минудобрения" (Россошь, Воронежская обл.).....	69
II.3.6. ООО "КЧХК им. Константинова" (Кирово-Чепецк, Кировская обл.) .....	71
II.3.7. ОАО "Азот" (Кемерово) .....	75
II.3.8. ОАО "КуйбышевАзот" (Тольятти, Самарская обл.) .....	78
III. Экспорт-импорт азотной кислоты стран СНГ .....	82
III.1. Объем экспорта-импорта азотной кислоты в России в 1997-2007 гг....	82
III.2. Тенденции и особенности экспортно-импортных поставок азотной кислоты в России .....	84
III.3. Экспорт-импорт азотной кислоты на Украине в 1999-2007 гг. ....	88
IV. Обзор цен на азотную кислоту .....	91
IV.1. Обзор внутренних российских цен.....	91
IV.2. Экспортно-импортные цены на азотную кислоту .....	94
IV.2.1. Обзор экспортно-импортных цен в России.....	94
IV.2.2. Обзор экспортно-импортных цен на Украине.....	97
V. Потребление азотной кислоты в СНГ .....	98
V.1. Баланс потребления азотной кислоты в РФ .....	98
V.2. Баланс потребления азотной кислоты на Украине.....	100
V.3. Структура потребления азотной кислоты в РФ .....	101

V.4. Основные отрасли промышленности и предприятия, потребляющие азотную кислоту в РФ .....	103
V.5. Основные предприятия-потребители азотной кислоты (без учета внутризаводского потребления) .....	111
V.5.1. ОАО "Промсинтез" (Чапаевск, Самарская обл.) .....	111
V.5.2. ФКП "Бийский олеумный завод" (Бийск, Алтайский край) .....	114
V.5.3. ФГУП "Завод им. Я.М.Свердлова" (Дзержинск, Нижегородская обл.) .....	116
VI. Прогноз производства и потребления азотной кислоты в СНГ до 2015 г. ....	118
Приложение. Адресная книга основных предприятий-производителей азотной кислоты в СНГ .....	120

## СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1. Производители аммиака в странах СНГ и их мощности
- Таблица 2: Производство аммиака предприятиями России и Украины в 2002-2007 гг., тыс. т
- Таблица 3: Дополнительные поставки аммиака российским производителям азотной кислоты в 2005-2007 гг., тыс. т
- Таблица 4: Поставки аммиака крупнейшим российским производителям азотных минеральных удобрений, не имеющих собственного его производства в 2005-2007 гг., тыс. т
- Таблица 5: Технические характеристики концентрированной азотной кислоты
- Таблица 6: Технические характеристики неконцентрированной азотной кислоты
- Таблица 7: Технические характеристики реактивной азотной кислоты
- Таблица 8: Технические характеристики специальной азотной кислоты (ОСТ 113-03-265-90)
- Таблица 9: Технические характеристики меланжа кислотного (ГОСТ 1500-78)
- Таблица 10: Производство азотной кислоты в СНГ в 2001–2007 гг., тыс. т
- Таблица 11: Производство товарной азотной кислоты (в моногидрате) в СНГ в 2001-2007 гг., тыс. т
- Таблица 12: Производство азотной кислоты предприятиями России в 2000-2007 гг., тыс. т
- Таблица 13: Производство товарной азотной кислоты предприятиями России в 2000-2007 гг., тыс. т
- Таблица 14: Производство азотной кислоты предприятиями Украины в 2001-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 15: Принадлежность к холдингам основных предприятий, производящих минеральные удобрения в 2007-2008 гг.
- Таблица 17: Основные потребители азотной кислоты производства ОАО "НАК "Азот" в 2004-2007 гг., тыс. т
- Таблица 18: Зарубежные потребители азотной кислоты производства ОАО "НАК "Азот" в 2004-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 19: Основные потребители азотной кислоты производства ОАО "Невинномысский Азот" в 2004-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 16: Основные потребители азотной кислоты производства ОАО "Азот" в 2004-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 20: Основные потребители азотной кислоты производства ОАО "Акрон" в 2004-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 21: Крупнейшие российские потребители азотной кислоты ЗАО "ЗМУ КЧХК" в 2004-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 22: Крупнейшие потребители азотной кислоты КОО "Азот" в 2004-2007 гг., тыс. т
- Таблица 23: Внешняя торговля азотной кислотой в России в 1997-2007 гг., тыс. т
- Таблица 24: Страны-потребители российской азотной кислоты в 2003-2007 гг., т

- Таблица 25: Крупнейшие предприятия-экспортеры российской азотной кислоты в 2003-2007 гг., т, %
- Таблица 26: Крупнейшие предприятия-потребители российской азотной кислоты в 2003-2007 гг., т, %
- Таблица 27: Страны-поставщики азотной кислоты в Россию в 2003-2007 гг., т, %
- Таблица 28: Крупнейшие предприятия-импортеры азотной кислоты в Россию в 2003-2007 гг.
- Таблица 29: Внешняя торговля азотной кислотой на Украине в 1999-2007 гг., тыс. т
- Таблица 30: Страны-потребители украинской азотной кислоты в 2003-2007 гг., т, %
- Таблица 31: Предприятия-поставщики украинской азотной кислоты в 2003-2007 гг., т
- Таблица 32: Страны-экспортеры азотной кислоты на Украину в 2003-2007 гг.
- Таблица 33: Крупнейшие поставщики азотной кислоты на Украину в 2003-2007 гг., т, %
- Таблица 34: Внутренние цены производителей азотной кислоты в 2004-2007 гг.
- Таблица 35: Цены торговых компаний на азотную кислоту в 2004-2008 гг.
- Таблица 36: Средние экспортные цены основных российских поставщиков азотной кислоты в 2003-2007 гг., \$/т
- Таблица 37: Основные финансовые показатели экспорта-импорта азотной кислоты в 2004-2007 гг.
- Таблица 38: Украинские среднегодовые экспортные цены по потребителям в 2004-2007 гг., \$/т
- Таблица 39: Объемы потребления азотной кислоты в России в 2001-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 40: Объемы потребления азотной кислоты на Украине в 2001-2007 гг., тыс. т, %
- Таблица 41: Структура потребления азотной кислоты в России в 2005-2007 гг.
- Таблица 42: Индексы промышленного производства по отраслям промышленности РФ в 2003-2007 гг., % к предыдущему году
- Таблица 43: Крупнейшие потребители азотной кислоты в 2000-2007 гг., тыс. т
- Таблица 44: Крупнейшие потребители товарной азотной кислоты в России в 2004-2007 гг. (без внутривозовского потребления), тыс. т, %
- Таблица 45: Поставки азотной кислоты на ОАО "Промсинтез" в 2004-2007 гг.
- Таблица 46: Поставки азотной кислоты на ФКП "Бийский олеумный завод" в 2004-2007 гг.
- Таблица 47: Поставщики азотной кислоты на ФГУП "Завод им. Я.М.Свердлова" в 2004-2007 гг., тыс. т, %

## СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1: Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты под единым давлением (0,65-0,70 МПа)
- Рисунок 2: Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты с двумя ступенями давления (окисление  $\text{NH}_3$  при 0,35 МПа, абсорбция  $\text{MO}_2$  при 0,8 МПа)
- Рисунок 3: Географическая структура производства азотной кислоты в СНГ в 2007 г., %
- Рисунок 4: Динамика производства азотной кислоты и азотных удобрений в России в 2000-2007 гг., млн т
- Рисунок 5: Динамика производства азотной кислоты и азотных удобрений на Украине в 2001-2007 гг., млн т
- Рисунок 6: Структура производства азотной кислоты в России в 2007 г., %
- Рисунок 7: Производство основных видов продукции ОАО НАК "Азот" в 1997-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 8: Динамика производства азотной кислоты на ОАО "НАК "Азот" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 9: Производство основных видов продукции ОАО "Невинномысский Азот" в 1997-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 10: Динамика производства азотной кислоты на ОАО "Невинномысский Азот" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 11: Производство основных видов продукции ОАО Березниковский "Азот" в 1997-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 12: Динамика производства азотной кислоты в ОАО Березниковский "Азот" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 13: Производство основных видов продукции\* подразделениями холдинга "Акрон" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 14: Динамика производства азотной кислоты подразделениями холдинга "Акрон" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 15: Производство основных видов продукции и азотной кислоты ОАО "Минудобрения" в 1998-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 16: Производство основных видов продукции ЗАО "ЗМУ КЧХК" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 17: Динамика производства азотной кислоты на ЗАО "ЗМУ КЧХК" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 18: Производство основных видов продукции и азотной кислоты КАО "Азот" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 19: Производство основных видов продукции ОАО "КуйбышевАзот" в 1999-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 20: Динамика производства азотной кислоты на ОАО "КуйбышевАзот" в 2000-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 21: Динамика изменения объемов экспорта и импорта азотной кислоты в России в 1997-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 22: Географическая структура российского экспорта азотной кислоты в 2005-2007 гг., %

- Рисунок 23: Динамика изменения объемов экспорта-импорта азотной кислоты на Украине в 1999-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 24: Среднегодовые экспортно-импортные цены на азотную кислоту в России в 1997-2007 гг., \$/т
- Рисунок 25: Среднегодовые экспортно-импортные цены на азотную кислоту на Украине в 1999-2007 гг., \$/т
- Рисунок 26: Динамика изменения производства и "кажущегося" потребления азотной кислоты в России в 2001-2007 гг., тыс. т
- Рисунок 27: Структура потребления товарной азотной кислоты в России в 2007 г., %
- Рисунок 28: Производство минеральных удобрений в России в 2003-2007 г., тыс. т (в пересчете на 100% ценного вещества)
- Рисунок 29: Динамика производства аммиачной селитры в России в 1997-2007 гг., млн т (в физическом весе)
- Рисунок 30: Прогноз производства (потребления) азотной кислоты в России до 2015 г., млн т

## Аннотация

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка азотной кислоты в СНГ и прогнозу его развития. Отчет состоит из 6 частей, содержит 121 страницу, в том числе 47 таблиц, 30 рисунков и приложение.

В первой главе отчета приведены сведения о методах получения азотной кислоты и используемом в промышленности сырье, рассмотрены направления и объемы поставок сырья ее производителям.

Вторая глава отчета посвящена анализу производства азотной кислоты за период с 1999 по 2007 гг. в СНГ. В разделе приведены данные об объемах производства, прослежена динамика выпуска этой продукции по предприятиям России и Украины, рассмотрено текущее состояние производителей азотной кислоты в СНГ. Приведены данные об имеющейся сырьевой базе, объемах производства, планах по развитию предприятий, а также данные об объемах и направлениях поставок продукции за последние годы.

В третьей главе рассмотрены внешнеторговые операции с азотной кислотой в РФ и на Украине с анализом объемов и направлений экспортно-импортных поставок.

Четвертая глава посвящена рассмотрению динамики изменения цен на азотную кислоту на внутреннем и внешнем рынках.

Пятая часть описывает рынок потребления азотной кислоты в РФ и на Украине. Здесь подробно анализируется структура потребления соединения, баланс "производство-потребление". Дан обзор основных отраслей потребления азотной кислоты, а также описание крупнейших российских предприятий-потребителей данного продукта.

В шестой главе отчета приводится прогноз развития российского рынка азотной кислоты на период до 2015 г.

В приложении приведены адреса и контактная информация основных предприятий-производителей азотной кислоты в СНГ.

Эта работа является "кабинетным" исследованием, для чего были проанализированы многочисленные источники информации, прежде всего данные государственных органов – Федеральной службы государственной статистики РФ, Госкомстата Украины, стран СНГ (показатели производства продукции), ОАО "РЖД" (статистика железнодорожных перевозок), Федеральной таможенной службы РФ и ГТК Украины (данные по внешнеторговым операциям). Также были привлечены данные предприятий, использована база данных "Инфолайн".

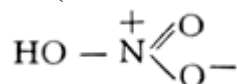
Все это позволило авторам выявить картину состояния рынка азотной кислоты в СНГ/России и его перспективы.



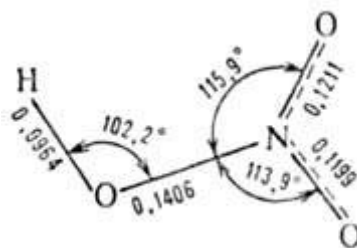
## Введение

Азотная кислота (крепкая водка или селитряная кислота) – одноосновная сильная кислота, молярная масса 63,02, при обычных условиях бесцветная, едкая, очень кислая жидкость, дымящаяся на воздухе; один из наиболее важных продуктов химической промышленности.

Структурная формула  $\text{HNO}_3$  (или  $\text{NO}_2\text{OH}$ ):



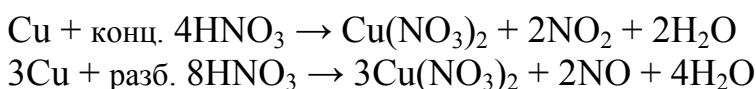
Молекула имеет плоскую структуру, длины связей в нм:



Твердая азотная кислота образует две кристаллические модификации – с моноклинной и ромбической решетками.

Плотность безводной азотной кислоты  $1522 \text{ кг/м}^3$ ,  $t_{\text{пл}}=41,15^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кип}}=84^\circ\text{C}$ . С водой смешивается во всех отношениях, причем образует азеотропную смесь, содержащую 69,2% азотной кислоты с  $t_{\text{кип}}=121,8^\circ\text{C}$ . Известны кристаллогидраты  $\text{HNO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$  с  $t_{\text{пл}}=37,85^\circ\text{C}$  и  $\text{HNO}_3 \times 3\text{H}_2\text{O}$  с  $t_{\text{пл}}=18,5^\circ\text{C}$ . В отсутствие воды азотная кислота неустойчива, разлагается на свету с выделением кислорода уже при обычных температурах ( $4\text{HNO}_3=4\text{NO}_2+2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2$ ), причем выделяющейся двуокисью азота окрашивается в желтый, а при высоких концентрациях  $\text{NO}_2$  – в красный цвет и приобретает специфический запах. Поэтому азотную кислоту можно перегонять (без разложения) только при пониженном давлении (указанная выше температура кипения при атмосферном давлении найдена экстраполяцией).

Азотная кислота – сильный окислитель, окисляет серу до серной кислоты, фосфор – до фосфорной кислоты. Некоторые органические соединения (например, амины и гидразины, скипидар) самовоспламеняются при контакте с концентрированной азотной кислотой. Золото, тантал и некоторые платиновые металлы не реагируют с азотной кислотой. Инертными по отношению к действию азотной кислоты являются также стекло, кварц, фторопласт-4. Большинство металлов реагируют с азотной кислотой с выделением оксидов азота в различных степенях окисления или их смесей:



Некоторые металлы, например железо, хром, алюминий, легко растворяющиеся в разбавленной азотной кислоте, устойчивы к воздействию

концентрированной азотной кислоты, что объясняется образованием на поверхности металла защитного слоя окисла. Такая особенность позволяет хранить и перевозить концентрированную азотную кислоту в стальных емкостях. Смесь концентрированной азотной и соляной кислоты (1:3), называемая "царской водкой", растворяет даже золото и платину. Смесь  $\text{HNO}_3$  концентрации около 100% и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  концентрации около 96% при их соотношении по объему 9:1 называют "меланжем", и применяют для приготовления нитрующих смесей, полупродуктов и синтетических красителей.

Азотная кислота широко используется для получения нитросоединений. Органические соединения под действием азотной кислоты окисляются или нитруются, причем в последнем случае остаток азотной кислоты – нитрогруппа –  $\text{NO}_2^+$  замещает в органических соединениях водород. Этот процесс имеет большое значение в производстве ароматических нитросоединений, в том числе входящих в состав взрывчатых веществ.

Соли азотной кислоты называются нитратами, а соли с Na, K, Ca,  $\text{NO}_4^+$  также селитрами. Нитраты получают действием  $\text{HNO}_3$  на металлы, оксиды, гидроксиды или карбонаты. При этом практически все нитраты хорошо растворимы в воде. Поэтому в виде минералов их в природе чрезвычайно мало; исключение составляют чилийская (натриевая) селитра и индийская селитра (нитрат калия). Натриевая и калиевая селитры, а также нитрат аммония используются в качестве удобрений, причем нитрат калия содержит два необходимых растениям элемента: азот и калий. Нитраты натрия и калия применяются также при стекловарении и в пищевой промышленности для консервирования продуктов.

Для практических целей используют 30-60%-ные водные растворы азотной кислоты или 97-99%-ные (концентрированная азотная кислота). Помимо использования азотной кислоты в производстве азотсодержащих удобрений, взрывчатых веществ и органических красителей (в том числе ализарина), она входит в состав ракетного топлива. Ее применяют в качестве окислителя во многих химических процессах, для травления и растворения металлов в металлургии. Кроме того, азотная кислота идет на приготовление фосфорной и серной (по нитрозному способу) кислот, целлюлозных лаков, нитроглицерина, азотнокислого серебра (ляписа, адского камня), употребляемого в фармацевтическом и фотографическом деле. Азотнокислое железо применяется как протрава в красильном деле при окраске шелка.

Аммиак, пары азотной кислоты, оксиды азота токсичны. При разложении проб металлов в азотной кислоте обильно выделяются оксиды азота. Главная их составная часть – диоксид азота, или бурый газ  $\text{NO}_2$ .

Концентрированная азотная кислота вызывает серьезные ожоги кожи. Разбавленная кислота при частом попадании на кожу может вызвать экзему. Пораженная кожа окрашивается в желтый цвет. При вдыхании паров азотной кислоты происходит раздражение слизистых оболочек, головокружение, шум в ушах, сонливость.

Как уже отмечалось, концентрированная азотная кислота способна взрываться при соприкосновении с веществами-восстановителями: сероводородом, скипидаром, этанолом. Не следует также допускать соприкосновения азотной кислоты с карбидами, порошками металлов, солями пикриновой и хлорноватой кислот, муравьиной кислотой. Под действием азотной кислоты воспламеняются бумага, масло, древесина, уголь. При этом горение сопровождается выделением ядовитого диоксида азота, поэтому при тушении пожара необходимо пользоваться противогазом.

# **I. Технология производства азотной кислоты и используемое в промышленности сырье**

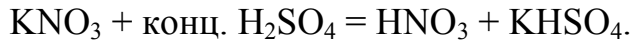
## **I.1. Технология производства азотной кислоты**

Азотная кислота образуется как естественным путем, так и в результате химических реакций. **В природе** при гниении органических веществ значительная часть содержащегося в них азота превращается в аммиак, который под влиянием живущих в почве нитрифицирующих бактерий окисляется затем в азотную кислоту. Последняя, вступая в реакцию с находящимися в почве карбонатами, например с карбонатом кальция, образует нитраты. Некоторая же часть азота всегда выделяется при гниении в свободном виде в атмосферу. Свободный азот выделяется также при горении органических веществ, при сжигании дров, каменного угля, торфа. Кроме того, существуют бактерии, которые при недостаточном доступе воздуха могут отнимать кислород от нитратов, разрушая их с выделением свободного азота. Деятельность этих денитрифицирующих бактерий приводит к тому, что часть азота из доступной для зеленых растений формы (нитраты) переходит в недоступную (свободный азот). Таким образом, далеко не весь азот, входивший в состав погибших растений, возвращается обратно в почву; часть его постепенно выделяется в свободном виде. Непрерывная убыль минеральных азотных соединений давно должна была бы привести к полному прекращению жизни на Земле, если бы в природе не существовали процессы, возмещающие потери азота. К таким процессам относятся, прежде всего, происходящие в атмосфере электрические разряды (грозовые молнии), при которых при высокой температуре азот соединяется с кислородом в окисел, хорошо растворимый в воде, образуя азотную кислоту. Азотная кислота, попадая в почву, реагирует с находящимися в ней соединениями натрия, кальция, калия и образует соли азотной кислоты – селитры, необходимые для растений.

Другим источником пополнения азотных соединений почвы является жизнедеятельность так называемых азотобактерий, способных усваивать атмосферный азот. Некоторые из этих бактерий поселяются на корнях растений из семейства бобовых, вызывая образование характерных вздутий – "клубеньков", благодаря чему они и получили название клубеньковых бактерий. Усваивая атмосферный азот, клубеньковые бактерии перерабатывают его в азотные соединения, а растения, в свою очередь, превращают последние в белки и другие сложные вещества. Таким образом, в природе совершается непрерывный круговорот азота.

**Искусственный способ** получения азотной кислоты путём сухой перегонки селитры с квасцами и медным купоросом был известен еще в VIII веке. Этот метод с теми или иными модификациями, наиболее существенной из которых была замена медного купороса железным, применялся в европейской и арабской алхимии вплоть до XVII века, когда немецкий химик И. Р. Глаубер предложил получать азотную кислоту при умеренном

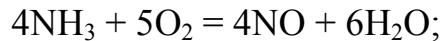
нагревании (до 150°C) калиевой селитры с концентрированной серной кислотой:



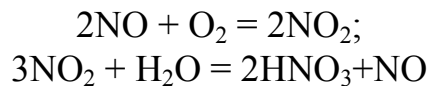
Метод Глаубера позволил ввести в химическую практику концентрированную азотную кислоту и изучить её свойства. До начала XX века этот способ применяли в промышленности, заменяя калиевую селитру более дешевой природной чилийской селитрой  $\text{NaNO}_3$ .

**Современный способ** производства азотной кислоты, используемый в настоящее время в том числе и предприятиями СНГ, основан на *каталитическом окислении аммиака кислородом воздуха*. При этом основными стадиями процесса являются:

- контактное окисление аммиака до окиси азота:



- окисление окиси азота до двуокиси и поглощение смеси так называемых "нитрозных газов" водой:



На первой стадии смесь аммиака (10-12%) с воздухом пропускают через нагретую до 750-900°C сетку катализатора, которым служат сплавы платины – тройной (93% Pt, 3% Rh, 4% Pd) или двойной (90-95% Pt, 5-10% Rh). Используют также двухступенчатый катализатор (1-я ступень – платиноидная сетка, 2-я – неплатиновый катализатор), что позволяет на 25-30% сократить расход платины. Время контакта воздушно-аммиачной смеси с катализатором не должно превышать 1 мсек, иначе образовавшаяся окись азота разлагается. В оптимальных условиях степень превращения аммиака в окись азота на одной сетке может достигать 86-90%, на двух сетках – 95-97%, на трех – 98%.

Вторая стадия процесса – окисление NO до  $\text{NO}_2$  и растворение  $\text{NO}_2$  в воде – может быть проведена при атмосферном давлении, под давлением до 1 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>) или комбинированным способом, при котором под давлением происходит только поглощение нитрозных газов водой. Окисление NO протекает в газовой фазе при охлаждении нитрозного газа (полученного на стадии окисления  $\text{NH}_3$ ) до 160-250°C. Абсорбцию  $\text{NO}_2$  водой осуществляют в тарельчатых колоннах со значительными межтарелочными объемами.

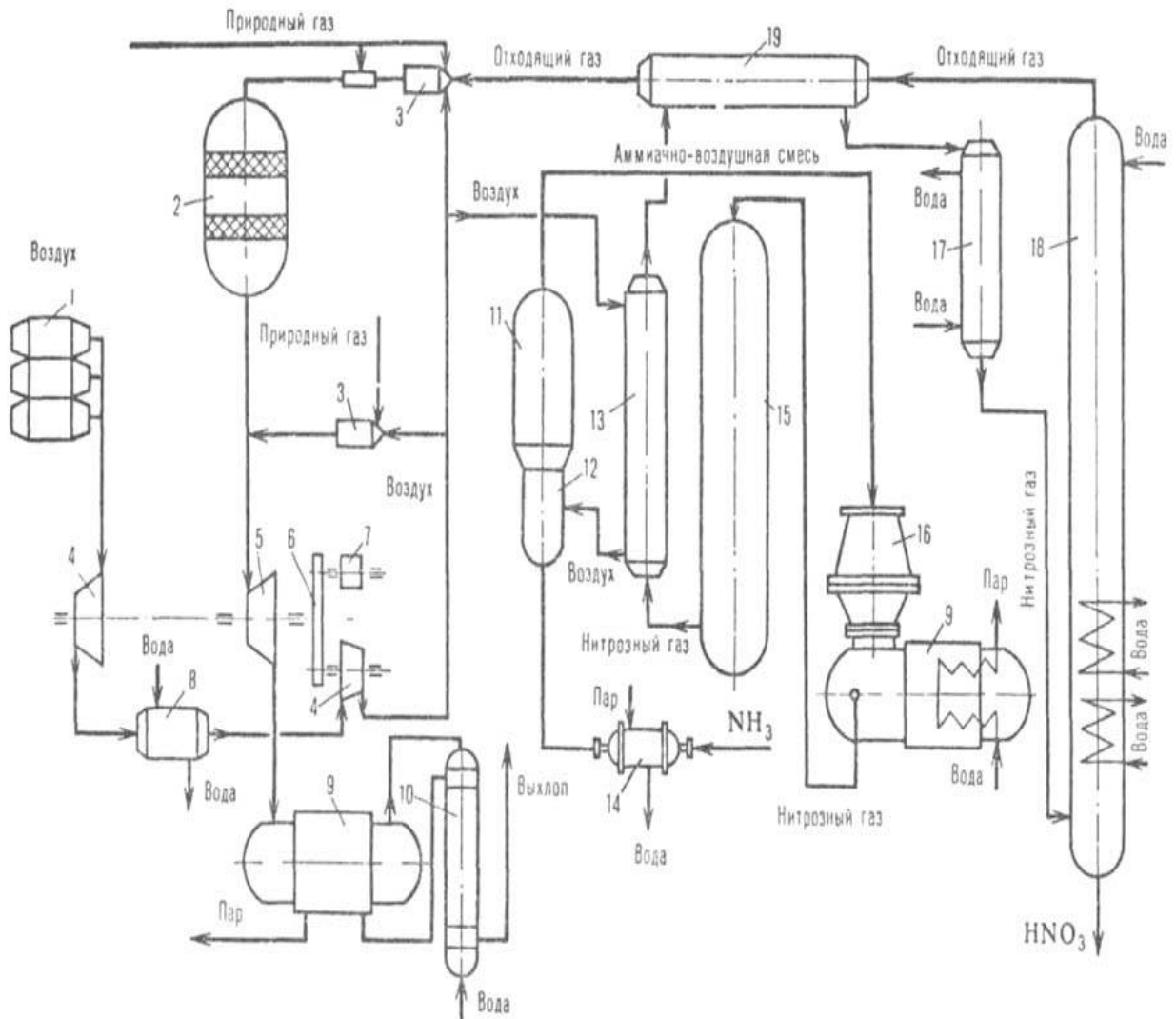
Отходящий газ содержит 0,02-0,15% по объему оксидов азота, 2-5%  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$ . При содержании остаточных оксидов азота более 0,02% проводят их каталитическое восстановление до  $\text{N}_2$  аммиаком или природным газом.

Методы производства разбавленной азотной кислоты могут быть подразделены на три основные группы: производство под атмосферным давлением, производство под повышенным давлением и комбинированные методы (окисление аммиака производится под атмосферным давлением,

абсорбция под повышенным давлением). При этом основным недостатком систем, работающих **под атмосферным давлением**, является необходимость использования значительных реакционных объемов при относительно малой производительности установки.

На рисунке 1 представлена схема получения разбавленной азотной кислоты **под единым давлением** в 0,65-0,7 МПа.

**Рисунок 1: Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты под единым давлением (0,65-0,70 МПа)**



1 – комбинированный аппарат для очистки воздуха; 2 - реактор каталитической очистки отходящего газа; 3 - камера сгорания; 4 - воздушный компрессор; 5 - газовая турбина; 6 - редуктор; 7 - электродвигатель; 8 - промежуточный холодильник; 9 - котел-утилизатор; 10 - экономайзер; 11 - поролитовый фильтр; 12 - смеситель  $\text{NH}_3$  и воздуха; 13 - подогреватель воздуха; 14 - испаритель  $\text{NH}_3$ ; 15 - аппарат для окисления  $\text{NO}$ ; 16 - контактный аппарат для окисления  $\text{NH}_3$ ; 17 - холодильник-конденсатор; 18 - абсорбционная колонна; 19 - подогреватель отходящего газа.

Воздух, очищенный от примесей в башне-скруббере и матерчатом фильтре – 1, сжимается в турбокомпрессоре – 4, на одном валу с которым находится рекуперационная турбина – 5. Сжатый до 8 ат при температуре 110-

1200°C воздух поступает через фильтр – 11 на смешение с аммиаком в смеситель – 12. Окисление аммиака кислородом воздуха осуществляется в контактном аппарате – 16, который монтируется непосредственно на котле-утилизаторе – 9, используемом для охлаждения нитрозных газов. Охлажденные нитрозные газы подаются в аппарат для окисления NO – 15, после чего поступают в адсорбционную колонну – 18, где происходит поглощение нитрозных газов водой с образованием азотной кислоты. Для отвода тепла, выделяющегося в процессе абсорбции нитрозных газов, на тарелках колонны размещены охлаждающие змеевики, в которых циркулирует вода. Хвостовые газы, нагретые в теплообменнике – 19, после каталитической очистки в реакторе – 2 поступают в газовую турбину, совмещенную с турбокомпрессором. После расширения нитрозные газы, содержащие 0,008 объемн. % оксидов азота выбрасываются в атмосферу.

В системе описанного типа рекуперируется до 40% энергии, затраченной на сжатие воздуха. Экономичность установок данного типа в значительной степени определяется применяемым давлением. К основным недостаткам установок, работающих под повышенным давлением, следует отнести повышенный расход электроэнергии и значительные потери платинового катализатора.

Большое распространение в нашей стране и в странах Западной Европы получили комбинированные схемы производства разбавленной азотной кислоты, в которых, в определенной мере, устраняются недостатки, присущие системам, работающим под атмосферным и повышенным давлением.

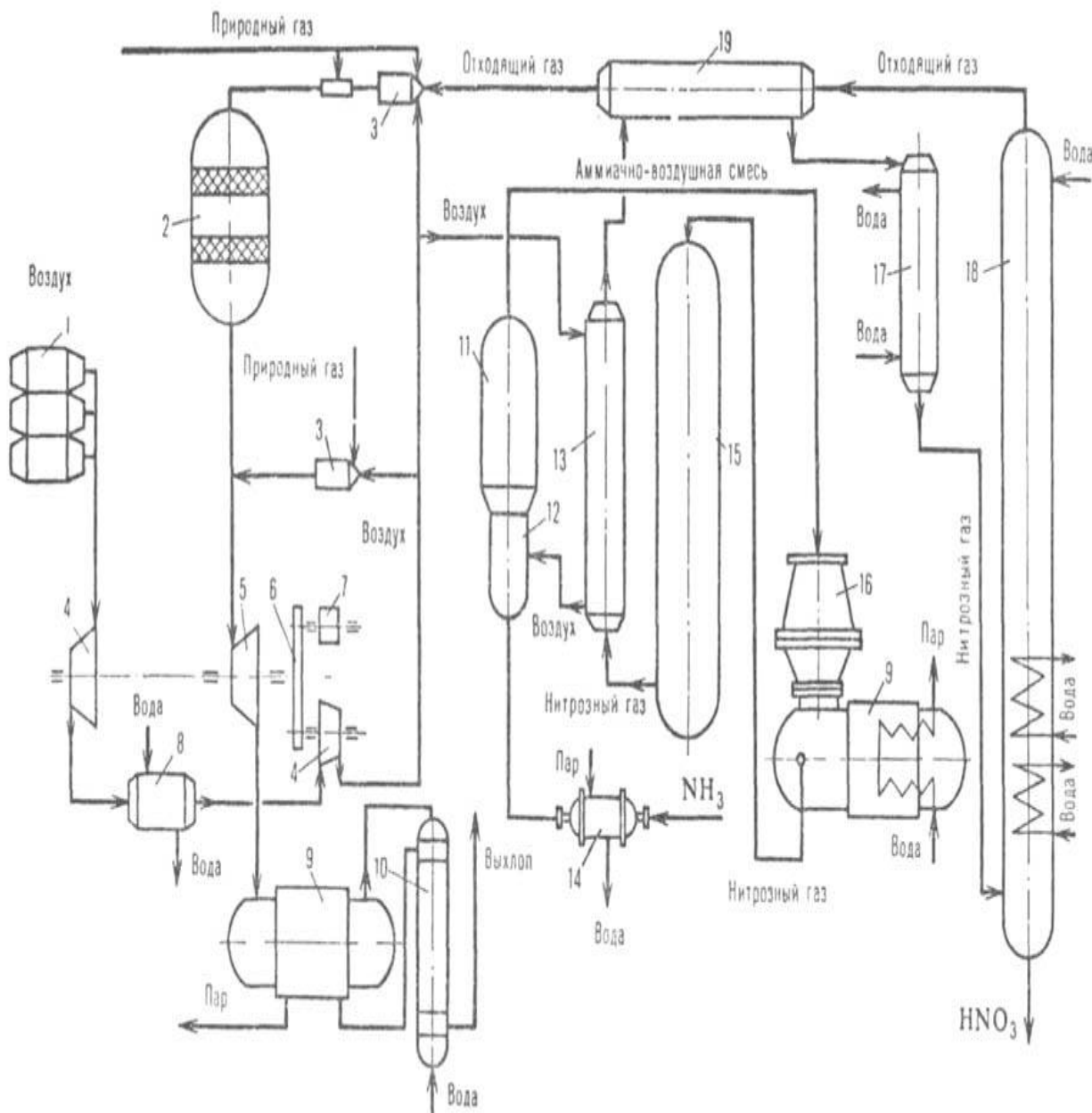
Сущность **комбинированного способа** заключается в том, что окисление аммиака и охлаждение нитрозных газов проводят под атмосферным давлением, а переработку окислов азота в кислоту – под повышенным давлением. Благодаря этому сокращаются потери платинового катализатора при относительно небольших реакционных объемах. Технологическая схема комбинированного метода представлена на рисунке 2.

По сравнению с рассмотренными схемами новым видом оборудования комбинированных систем являются турбокомпрессоры для сжатия нитрозных газов, изготавливаемые из кислотостойкой стали. Кроме того, после компрессора может быть установлен окислительный объем; при этом тепло окисления окиси азота используется для подогрева выхлопных газов, направляемых в рекуперационную турбину.

Установки по производству разбавленной  $\text{HNO}_3$  (рисунки 1, 2) характеризуются высокой производительностью (350-1400 т/сут), полной использованием теплоты химических реакций, экономным расходом сырья и вспомогательных материалов.

К современным тенденциям развития технологии производства азотной кислоты относятся: обеспечение наибольшей надежности конструкций аппаратуры и машинных агрегатов; повышение степени кислой абсорбции, а также степени использования тепла химических реакций и энергии сжатых газов; увеличение скорости процесса на всех его этапах, снижение вредных выбросов в атмосферу.

**Рисунок 2: Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты с двумя ступенями давления (окисление  $\text{NH}_3$  при 0,35 МПа, абсорбция  $\text{NO}_2$  при 0,8 МПа)**



1 - фильтр воздуха; 2 - воздушный компрессор; 3 - компрессор нитрозного газа; 4 - газовая турбина; 5 - паровая турбина; 6 - смеситель  $\text{NH}_3$  и воздуха; 7 - контактный аппарат для окисления  $\text{NH}_3$ ; 8 - котел-утилизатор; 9 - конденсатор; 10 - насос; 11 - подогреватель отходящего газа; 12 - холодильник-конденсатор; 13 - сепаратор; 14 - абсорбционная колонна; 15 - испаритель  $\text{NH}_3$ .

Отметим, что производство азотной кислоты взрывоопасно из-за использования в нем горючих и взрывоопасных веществ –  $\text{NH}_3$  и природного газа.

Описанными способами получают азотную кислоту с концентрациями 45-49% или (при использовании давления) 55-58%.



Метод производства **концентрированной азотной кислоты** основан на концентрировании 55%-ной азотной кислоты с использованием в качестве водоотнимающего средства 72-76%-ного сплава нитрата магния в концентрационных колоннах.

Азотная кислота особой чистоты производится ректификацией технической 97-98,5%-ной  $\text{HNO}_3$  с промывкой паров кислоты флегмой, их конденсацией и последующим разбавлением до необходимой концентрации бидистиллятом воды в аппаратуре из силикатного или кварцевого стекла.

В настоящее время мировое производство азотной кислоты оценивается в 750-800 млн т. При этом только около 15-20% азотной кислоты поступает на рынок вообще. Остальная азотная кислота используется производителями азотных удобрений, адипиновой кислоты и других химикатов. Во внешнеторговый оборот вовлекается не более 8-10% производимой в мире азотной кислоты.

## I.2. Основные поставщики сырья

Основным сырьем для производства неконцентрированной азотной кислоты в настоящее время являются аммиак, воздух и вода. Вспомогательными материальными и энергетическими ресурсами являются катализаторы окисления аммиака и очистки выхлопных газов, природный газ, пар и электроэнергия.

Мощности по производству аммиака имеются в 8 странах СНГ. Суммарный же потенциал по его выпуску в СНГ превышает 23,7 млн т/год (таблица 1).

**Таблица 1. Производители аммиака в странах СНГ и их мощности**

<b>Предприятие</b>	<b>Расположение</b>	<b>Мощность, тыс. т/год на начало 2008 г.</b>
<b>РОССИЯ</b>		
ОАО "Тольяттиазот"	Тольятти, Самарская обл.	
ОАО НАК "Азот"	Новомосковск, Тульская обл.	
ОАО "Азот"	Кемерово	
ОАО "Невинномысский азот"	Невинномысск, Ставропольский край	
ОАО "Акрон"	Великий Новгород	
ОАО "Минудобрения"	Россошь, Воронежская обл.	
ОАО "Череповецкий азот"	Череповец, Вологодская обл.	
ОАО "Азот"	Березники, Пермский край	
ОАО "Кирово-Чепецкий химический комбинат"	Кирово-Чепецк, Кировская обл.	
ОАО "Дорогобуж"	п. Верхнеднепровский, Смоленская обл.	
ОАО "Куйбышевазот"	Тольятти, Самарская обл.	
ОАО "Минеральные удобрения"	Пермь	
ОАО "Салаватнефтеоргсинтез"	Салават, Башкортостан	
ОАО "Воскресенские минеральные удобрения"	Воскресенск, Московская обл.	
ОАО "Щекиноазот"	Щекино, Тульская обл.	
ОАО "Ангарская нефтехимическая компания"*	Ангарск, Иркутская обл.	
ОАО "Корунд"*	Дзержинск, Нижегородская обл.	
ОАО "Новолипецкий металлургический комбинат"*	Липецк	
<b>Итого по Российской Федерации</b>		

Предприятие	Расположение	Мощность, тыс. т/год на начало 2008 г.
<b>УКРАИНА</b>		
ОАО "Концерн "Стирол"	Горловка, Донецкая обл.	
ОАО "Одесский припортовый завод"	п. Григорьевка, Одесская обл.	
ЗАО "Северодонецкое объединение Азот"	Северодонецк, Луганская обл.	
ОАО "Азот"	Черкассы	
ОАО "Ровноазот"	Ровно	
ОАО "Днепроазот"	Днепродзержинск, Днепропетровская обл.	
<b>Итого по Украине</b>		
<b>УЗБЕКИСТАН</b>		
ОАО "ФерганаАзот"	Фергана	
ОАО "Навоиазот"	Навои	
ОАО "Максам-Чирчик"	Чирчик, Ташкентская обл.	
<b>Итого по Узбекистану</b>		
<b>БЕЛОРУССИЯ</b>		
ОАО "ГродноАзот"	Гродно	
<b>Итого по Белоруссии</b>		
<b>КАЗАХСТАН</b>		
ТОО "КазАзот"	Актау, Мангистауская обл.	
<b>Итого по Казахстану</b>		
<b>ГРУЗИЯ</b>		
АО "Азот Энерджи Инвест"	Рустави	
<b>Итого по Грузии</b>		
<b>ТУРКМЕНИСТАН</b>		
ПО "МарыАзот"	Мары	
Тедженский карбамидный завод**	Теджен	
<b>Итого по Туркменистану</b>		
<b>ТАДЖИКИСТАН</b>		
ЗАО СП "Таджик Азот"	Калининабад, Хатлонская обл.	
<b>Итого по Таджикистану</b>		
<b>Всего по СНГ</b>		

\* – предприятия, прекратившие выпуск аммиака, законсервировав мощности по его производству (не учтены в суммарном значении)

\*\* – завод пущен в эксплуатацию в марте 2005 г.

Источник: данные предприятий, оценка "ИнфоМайн"

Наибольшие мощности по выпуску аммиака сосредоточены в России и на Украине. РФ обладает потенциалом по производству 14,4 млн т продукции (или 60,6% от общего по СНГ значения), Украина – 5,66 млн т (23,8%). Кроме

того, аммиак выпускается в Узбекистане, Белоруссии, Казахстане, Грузии, Туркменистане и Таджикистане. На долю всех этих стран приходится 15,6% мощностей по выпуску аммиака.

Отметим, что основными производителями аммиака в СНГ являются крупные химические комбинаты, специализирующиеся на выпуске азотных удобрений. Азотная кислота производится этими же предприятиями из собственного сырья и поступает на дальнейшую переработку в получении удобрений.