



Аммиак в аспекте химической и технологической безопасности Российской Федерации

В.Н. Целиков

Старший технический советник ЮНИДО



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

www.unido.org



Аммиак – NH_3 , нитрид водорода, R717

- бесцветный газ с резким характерным запахом.
- молярная масса – 17,0306 г/моль;
- обладает высокой полярностью и, как следствие, хорошей растворимостью в воде – около 1200 объёмов (при 0 °С) или 700 объёмов (при 20 °С) в объёме воды;
- Ткип - 33,35 °С;
- Тпл - 77,70 °С;
- Порог ощущения запаха – 37 мг/м³;
- ПДКр.з. – 20 мг/м³ – IV класс опасности (малоопасные вещества по ГОСТ 12.1.007-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны);
- ПДКс.с. – 0,04 мг/м³.
- максимальная разовая концентрация в атмосфере – 0,2 мг/м³;
- раздражение полости рта при содержании в воздухе 280 мг/м³;
- раздражение глаз при содержании в воздухе – 490 мг/м³



Применение аммиака

- Сырье для производства азотных удобрений (нитрат и сульфат аммония, мочевины), взрывчатых веществ, полимеров, азотной кислоты, соды (по аммиачному методу) и других продуктов химической промышленности;
- Промышленный растворитель;
- Хладагент R717 в холодильной технике;
- Противоморозная добавка в сухих строительных смесях;
- Медицинские препараты для местного, ингаляционного и внутреннего применения.

•



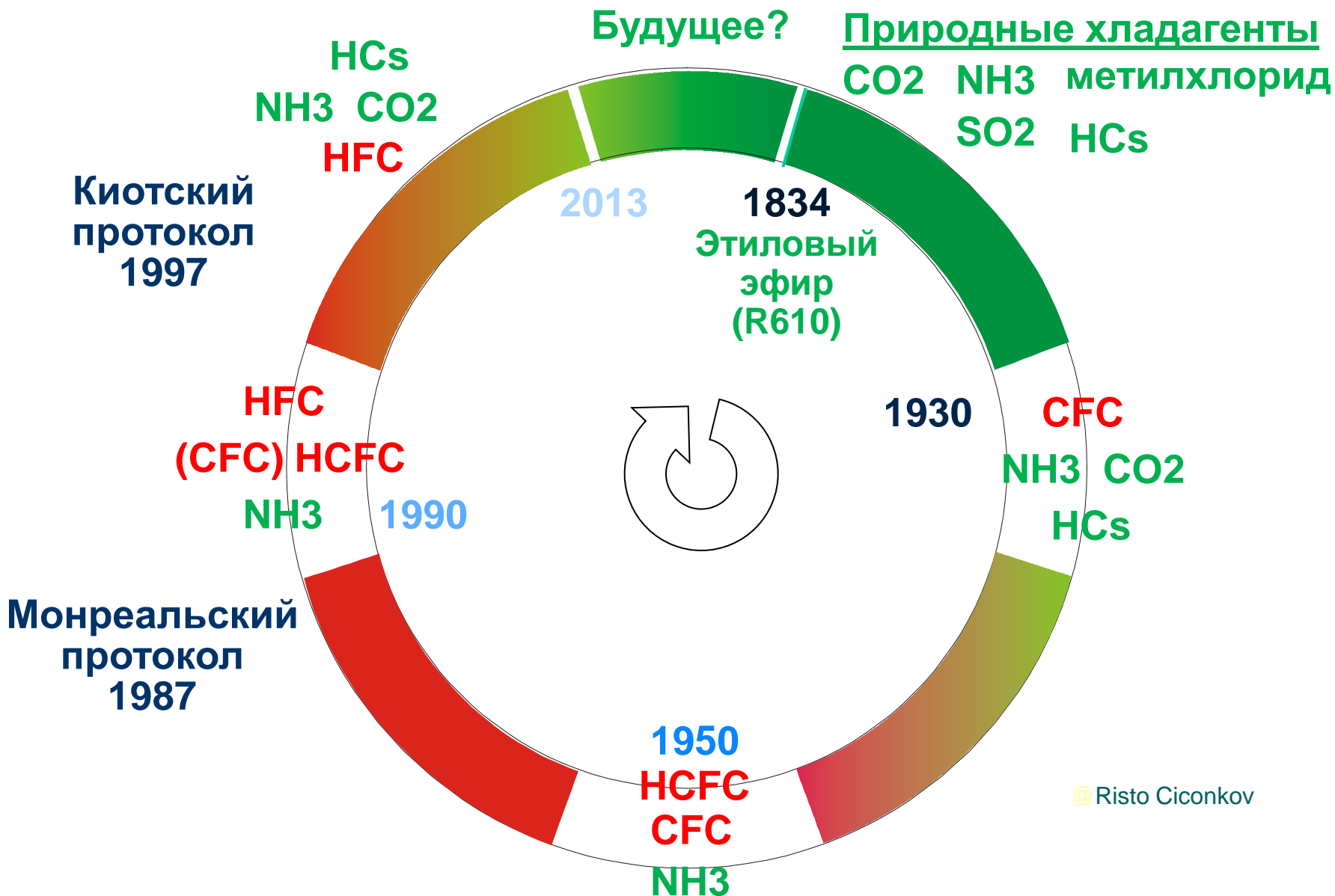
Производство аммиака

Промышленный способ получения аммиака основан на прямом взаимодействии водорода и азота (процесс Габера) при температуре 500 °С, давлении 350 атм и в присутствии катализатора (пористое железо с примесями окислов алюминия и калия). Выход готового продукта около 30 %, а непрореагировавшие азот и водород возвращаются в колонну синтеза.

На производство 1 т аммиака в России расходуется в среднем 1200 нм³ природного газа, в Европе – 900 нм³.

Крупнейшие производители аммиака в стране: ОАО «Тольяттиазот», ОАО «Новомосковская акционерная компания «Азот», ОАО «Акрон», ОАО «Невинномысский азот» и др.

На долю России приходится около 9 % мирового производства аммиака (всего около 150 млн т). На экспорт поставляется около 25 % от общего объёма производства аммиака, что составляет около 16 % мирового экспорта.



@Risto Ciconkov



Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, 1987 г.

Монреальский протокол был подписан 16 сентября 1987 г. в г. Монреаль, Канада 46 странами (бывшим СССР текст был запарафирован, а подписан 29 декабря 1987 г.) и вступил в силу 1 января 1989 г.

Российская Федерация в качестве правопреемницы бывшего СССР является Стороной Монреальского протокола с 31 декабря 1991 г. По состоянию на 4 сентября 2013 г. Сторонами Монреальского протокола являются 197 стран.



Ограничения, налагаемые на производство и потребление ХФУ, ГХФУ и ГФУ

- **ХФУ** – прекращение производства/потребления в 1996 г. (2000 г.);
- **ГХФУ:**
 - до 2015 г. сокращение на 75% (999,23 т ОРС);
 - с 2015 по 2019 гг. на 90% (399,69 т ОРС);
 - с 2020 по 2030 гг. на 99,5% (19,98 т ОРС);
 - с 2030 г. на 100%.
- **ГФУ** (проект Североамериканской поправки к Монреальскому протоколу)



Производство ГФУ в Российской Федерации в 2005-2008 гг. (в мт / т 100-летнего ПГП)

| Годы | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ГФУ-23 | 28,61 / 423.428,00 | 29,69 / 439.412,00 | 22,27 / 329.596,00 | 20,26 / 299,848 |
| ГФУ-125 | 1.222,67 / 4.279.345,00 | 577,53 / 2.021.355,00 | 364,04 / 1.274.140,00 | 815,27 / 2.853.445,00 |
| ГФУ-227ea | 11,58 / 37.287,60 | 0,1 / 322,00 | 0,92 / 2.962,40 | 27,95 / 89.999,00 |
| Всего: | 1.262,86 / 4.740.060,60 | 607,32 / 2.461.089,00 | 387,23 / 1.606.698,40 | 863,48 / 3.243.292,00 |



Импорт ГФУ в Российской Федерации в 2005-2008 гг. (в мт / т 100-летнего ПГП)

| Годы | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ГФУ-23 | 0 | 2,12 / 31.376,00 | 0,11 / 1.628,00 | 0 |
| ГФУ-32 | 2,11 / 1.424,25 | 0 | 13,24 / 8.937,00 | 0 |
| ГФУ-125 | 18,89 / 66.115,00 | 53,27 / 186.445,00 | 115,11 / 402.885,00 | 106,88 / 374.080,00 |
| ГФУ-134a | 40,77 / 58.301,10 | 278,36 / 398.054,80 | 780,31 / 1.115.843,30 | 164,83 / 235.706,90 |
| ГФУ-143a | 18,71 / 83.633,70 | 60,24 / 269.272,80 | 119,30 / 533.271,00 | 126,31 / 564.605,7 |
| ГФУ-152a | 0 | 0,72 / 89.28 | 100,00 / 12.400,00 | 0 |
| Всего: | 80,48 / 209.474,05 | 394,71 / 885.237,88 | 1.128,07 / 2.074.964,30 | 398,02 / 1.174.392,60 |



Экспорт ГФУ из Российской Федерации в 2005-2008 гг. (в мт / т 100-летнего ПГП)

| Годы | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------|------------------------------|----------|----------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ГФУ-125 | 21,60 / 75.600,00 | 0 | 0 | 0,04 / 140,00 |
| ГФУ-143a | 0 | 0 | 0 | 0,05 / 223,50 |
| Всего: | 21,60 / 75.600,00 | 0 | 0 | 0.09 / 363,50 |



Потребление ГФУ в Российской Федерации в 2005-2008 гг. (в мт / т 100-летнего ПГП)

| Годы | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Производство | 1.262,86 / 4.740.060,60 | 607,32 / 2.461.089,00 | 387,23 / 1.606.698,40 | 863,48 / 3.243.292,00 |
| Импорт | 80,48 / 209.474,05 | 394,71 / 885.237,88 | 1.128,07 / 2.074.964,30 | 398,02 / 1.174.392,60 |
| Экспорт | 21,60 / 75.600,00 | 0 | 0 | 0.09 / 363,50 |
| Потребление | 1.321,74 / 4.873.934,60 | 1.002,03 / 3.346.326,88 | 1.515,30 / 3.681.662,70 | 1.261,41 / 4.417.321,10 |



- Среднее значение потребления ГФУ в Российской Федерации в 2005-2008 гг. составляет 4.079.811,2 т 100-летнего ПГП.
- Среднее значение производства ГФУ в Российской Федерации в 2005-2008 гг. составляет 3.012.785,0 т 100-летнего ПГП.
- Базовый уровень потребления ГФУ, установленный для Российской Федерации в рамках Североамериканской поправки к Монреальскому протоколу, составляет 22.783.486,2 т 100-летнего ПГП (среднее значение потребления ГФУ в 2005-2008 гг. + 85% от среднего значения потребления ГХФУ в 2005-2008 гг.).
- Базовый уровень производства ГФУ, установленный для Российской Федерации в рамках Североамериканской поправки к Монреальскому протоколу, составляет 10.503.372,1 т 100-летнего ПГП (среднее значение производства ГФУ в 2005-2008 гг. + 85% от среднего значения производства ГХФУ в 2005-2008 гг.).



Резюме мер регулирования потребления ГФУ в Российской Федерации:

- 01.01.2016 – 10%-ное сокращение (20.505,138 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2020 – 30%-ное сокращение (15.948.441 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2025 – 50%-ное сокращение (11.391.743 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2029 – 70%-ное сокращение (6.835.046 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2033 – 85%-ное сокращение (3.417.523 т 100-летнего ПГП).

После 01.01.2033 потребление ГФУ ограничится обслуживанием холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха, существующего на эту дату.



Резюме мер регулирования производства ГФУ в Российской Федерации:

- 01.01.2016 – 10%-ное сокращение (9.453,035 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2020 – 30%-ное сокращение (7.352.361 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2025 – 50%-ное сокращение (5.251.686 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2029 – 70%-ное сокращение (3.151.012 т 100-летнего ПГП).
- 01.01.2033 – 85%-ное сокращение (1.575.506 т 100-летнего ПГП).

Таким образом, производство ГФУ в Российской Федерации может быть сохранено после 01.01.2033 на уровне 15% от базового уровня.



Производство ГФУ в Российской Федерации в 2009-2012 гг. (в мт / т 100-летнего ПГП)

| Годы | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ГФУ-23 | 16,65 / 246.420,00 | 5,99 / 88.652,00 | 3,14 / 46.472,00 | 3,26 / 48,248 |
| ГФУ-125 | 970,01 / 3.395.035,00 | 253,54 / 887.390,00 | 358,24 / 1.253.840,00 | 72,84 / 254.940,00 |
| ГФУ-227ea | 1,32 / 4.250,40 | 0 | 0 | 0 |
| Всего: | 988,07 / 3.645.705,40 | 259,53 / 976.042,00 | 361,38 / 1.300.312,00 | 76,10 / 303.188,00 |



Сравнение полученных данных с результатами расчетов поэтапного сокращения производства ГФУ по Североамериканской поправке демонстрирует потенциальную приемлемость для Российской Федерации предложенного графика:

| | |
|------------|---------------------------------------|
| 01.01.2016 | 9.453,035,00 т 100-летнего ПГП |
| 01.01.2020 | 7.352.361,00 т 100-летнего ПГП |
| 01.01.2025 | 5.251.686,00 т 100-летнего ПГП |
| 01.01.2029 | 3.151.012,00 т 100-летнего ПГП |
| 01.01.2033 | 1.575.506,00 т 100-летнего ПГП |

Представляется, что разрешенного с 2033 г. уровня потребления ГФУ в объеме 3.417.523 т 100-летнего ПГП будет достаточно для обеспечения функционирования холодильного оборудования специального назначения и других особо важных видов применения. Например, его пересчет в метрические тонны такого уникального во многом хладагента, как ГФУ-32, дает свыше 5 тыс МТ.



Гидрофторолефины (ГФО)

ГФО отличаются низким значением ПГП, высоким качеством охлаждения и низким уровнем воспламеняемости в сравнении с углеводородами, а также соответствуют стандарту ЕС 842/2006, который регулирует применение фторсодержащих парниковых газов.

| Вещество | 100-летний ПГП | Время жизни в атмосфере |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| ГФУ-1234yf (HFO-1234yf) | 4 | 11 дней |
| ГФУ-1234ze(E) (HFO-1234ze(E)) | 6 | 18 дней |



| | R134a (ГФУ-134a) | HFO-1234ze | HFO-1234yf |
|---|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Потенциал глобального потепления (ПГП) | 1430 | 6 | 4 |
| Температура кипения, °C | -26 | -19 | -30 |
| Критическая температура, °C | 101 | 110 | 94 |
| Критическое давление, кПа | 4060 | 3632 | 3382 |
| Критическая плотность, кг/м³ | 538 | 486 | 478 |
| Плотность жидкости при 25 °C, кг/м³ | 1207 | 1163 | 1094 |
| Плотность пара при 25 °C, кг/м³ | 32,4 | 26,4 | 37,6 |
| Молекулярная масса | 102 | 114 | 114 |



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



UNITED NATIONS
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

www.unido.org