

Всероссийский конкурс учебно-исследовательских работ  
старшеклассников  
по политехническим, естественным, математическим дисциплинам  
для учащихся 9-11 классов

химия и химические проблемы экологии

**Окружающая среда и оксид азота .Исследование способов очистки  
воздуха от оксида азота .**

Выполнила :

Кудинова Алина Алексеевна, 202  
класс, гр.β

Научный руководитель  
:Кандидат химических наук,  
доцент, Бахирева Ольга  
Ивановна

## Abstract

This research is devoted to the problem of the environmental pollution of nitrogen oxides. The main subject of it is nitrogen oxides

The aim of the research is:

- To study the problem of the environmental pollution of nitrogen oxides.
- To compare the approaches to cleaning the nitrogen oxides
- To make a chemical experiment

To achieve the aim it was necessary to accomplish the following:

- To study the effects of the nitrogen oxides of a man and the environment
- To do an experiments that showing disengagement nitrogen oxides from the reaction
- To analyze the results

During the research was found out in nature there are so many different toxic of nitrogen oxides. It has become odious that a lot of oxides adversely affect the man and the environment. In conclusion it should be noted that the objectives set in the beginning of the research have been accomplished, namely had a way of cleaning the nitrogen oxides, had a way the effects of the nitrogen oxides of a man and the environment.

## Оглавление

Введение.....	3-4
1. Влияние оксидов азота на человека и окружающую среду.....	5-7
2. Способы очистки.....	8
• Адсорбционные методы.....	8
• Каталитическое восстановление.....	8
• Карбамидный метод.....	8
• Регулирования процесса горения.....	9
• Стимулирование химических реакций при помощи электронного пучка.....	9-10
3. Экспериментальная часть.....	11
• Получение оксидов азота в лабораторных условиях.....	11
• Вычисления ЭДС, $\Delta G$ , $K_p$ .....	11
• Каталитическое окисление аммиака кислородом воздуха в присутствии оксида хрома (III).....	12
• Переработка оксидов азота.....	13
Заключение.....	14
4. Список литературы.....	17

Цель: Рассмотреть вредное воздействие оксидов азота на окружающую среду и предложить возможные способы защиты от их воздействия при попадании их в атмосферу.

Задачи:

- 1) Рассмотреть влияние на организм человека и окружающую среду оксидов азота.
- 2) Изучение получения оксидов азота, а также очистка окружающей среды от азота и оксидов азота
- 3) Изучить получение и очистку в лабораторных условиях
- 4) Оценить вред от полученных оксидов

Методы исследования

- 1) Изучение научной литературы по влиянию оксидов азота на окружающую среду и вредного воздействия их на организм человека
- 2) Ознакомление с промышленными методами очистки нитрозных газов
- 3) Проведение лабораторных экспериментов и необходимых расчетов

## Введение

В настоящее время состояние окружающей среды – одна из наиболее остро стоящих перед человечеством проблем. Наибольшую экологическую опасность представляют промышленные и выхлопные газы, выбрасываемые в атмосферу. Основную массу газообразных выбросов составляют: оксиды углерода-СО,СО<sub>2</sub>,оксида азота-NO,NO<sub>2</sub> и тд.

NO<sub>x</sub> — собирательное название оксидов азота NO и NO<sub>2</sub>, образующихся в химических реакциях в атмосфере.

NO<sub>x</sub> в атмосфере образуются как вследствие естественных явлений, таких как молнии и лесные пожары, так и в результате деятельности человека. Примеси NO<sub>2</sub> окрашивают промышленные дымы в бурый цвет, поэтому выбросы заводов с заметным содержанием оксидов азота названы «лисьими хвостами». Выбросы NO<sub>x</sub> считаются одной из основных причин образования фотохимического смога. Соединяясь с парами воды в атмосфере, они образуют азотную кислоту, и, вместе с оксидами серы, являются причиной образования кислотных дождей. Повышенные концентрации NO<sub>x</sub> оказывают вредное воздействие на здоровье человека, поэтому в разных странах приняты нормативы, ограничивающие максимально допустимые концентрации NO<sub>x</sub> в выхлопах котлов электростанций, газотурбинных установок, автомобилей, самолётов и прочих устройств. Совершенствование технологий горения в значительной степени направлено на сокращение выбросов NO<sub>x</sub> при одновременном повышении энергоэффективности устройств.

Закись азота N<sub>2</sub>O не включается в NO<sub>x</sub>, но оказывает влияние на состояние озонового слоя в верхних слоях атмосферы.

Существуют естественные источники оксидов азота — бактериальная активность в почве, грозы, извержения вулканов. Основным антропогенным источником их являются процессы горения при температуре выше 1000°С (автотранспорт и стационарные источники).

Фоновые концентрации изменяются в пределах 0,4-9,4 мкг/м<sup>3</sup>. Типичное содержание диоксида азота в воздухе городов — 20-90 мкг/м<sup>3</sup> (среднегодовые концентрации); часовые концентрации могут достигать 240-850 мкг/м<sup>3</sup>. Вблизи заводов, производящих азотную кислоту или взрывчатые вещества или вблизи теплоэлектростанций отмечаются очень высокие концентрации.

Распространёнными поглотителями NO<sub>x</sub> являются растворы соды, едкого натра и карбоната аммония, известковое молоко и пр. Процесс очистки отходящих газов от оксидов азота протекает в две стадии: сначала оксиды азота взаимодействуют с водой с образованием кислот, затем происходит нейтрализация кислот щелочами. Образующиеся при этом растворы азотнокислых солей могут быть использованы в промышленности и сельском хозяйстве. Весьма важным недостатком абсорбционных методов щелочными растворами является невысокая эффективность (70-85).

На практике с отходящими газами выбрасываются в основном NO и NO<sub>2</sub> одновременно. Основная сложность абсорбционной очистки связана с низкой химической активностью и растворимостью оксида азота. Имеется несколько путей решения этой проблемы: полное или частичное окисление NO в NO<sub>2</sub>, использование селективных абсорбентов и катализаторов абсорбции. При абсорбции оксидов азота используют воду, растворы щелочей I и селективные сорбенты, кислоты и окислители. Например, при абсорбции диоксида азота водой в газовую фазу выделяется часть менее опасного оксида азота, скорость окисления которого мала. Для очистки газов применяют различные растворы щелочей и солей (NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH, MgCO<sub>3</sub> и др.). Для очистки газов при отсутствии кислорода используют растворы FeSO<sub>4</sub>, FeCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>. [5]

## **Влияние оксидов азота на человека и окружающую среду**

Оксиды азота занимают второе место после диоксида серы по вкладу в увеличение кислотности осадков. В дополнение к косвенному воздействию (кислотный дождь), длительное воздействие диоксида азота в концентрации 470-1880 мкг/м<sup>3</sup> может подавлять рост некоторых растений (например, томатов). Значимость атмосферных эффектов оксидов азота связана с ухудшением видимости. Диоксид азота играет важную роль в образовании фотохимического смога.

В южных районах, где интенсивность солнечной радиации велика, в отдельные периоды происходит резкое увеличение концентрации двуокиси азота или окиси азота в атмосфере. В периоды, когда все окислы азота переходят в NO<sub>2</sub>, максимальные концентрации ее наибольшие. Например, в Лос-Анджелесе, Токио и Сиднее концентрации NO<sub>2</sub> превышали 1 мг/м<sup>3</sup>.

По указанной выше причине в городах России отмечено увеличение среднего уровня загрязнения воздуха двуокисью азота в зависимости от широты места: с севера на юг — почти на 60%

Содержание окислов азота в атмосфере зависит от наличия осадков. Во время выпадения дождя при взаимодействии с влагой NO<sub>2</sub> превращается в азотную кислоту, которая поступает «а почву». В районах, где осадки выпадают часто, концентрация NO<sub>2</sub> снижается и отношение NO/NO<sub>2</sub> возрастает.

Если принять выбросы NO<sub>2</sub> равными выбросам NO, то получается, что в атмосфере только 40 % всех окислов азота переходит в NO<sub>2</sub>. При этом вклад выбросов автотранспорта в формирование уровня загрязнения воздуха окислами азота оказывается в 2 раза больше, чем вклад выбросов промышленных предприятий, а окисью углерода — почти в 20 раз больше. Эти выводы позволяют утверждать, что основную угрозу санитарно-гигиеническому состоянию атмосферного воздуха городов представляют выбросы окиси углерода, двуокиси азота и окиси азота, осуществляемые автотранспортом или другими низкими источниками[3]

Оксиды азота вредны и опасны для человеческого здоровья. Общий характер воздействия меняется в зависимости от содержания различных оксидов азота: NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Наибольшую опасность представляет NO<sub>2</sub>. Воздействие оксидов азота на человека приводит к нарушениям функций легких и бронхов. Воздействию оксидов азота в большей степени подвергаются дети и взрослые, страдающие сердечно — сосудистыми заболеваниями. В воздухе оксиды азота в зависимости от концентрации вызывают: раздражения слизистых оболочек носа и глаз C = 0,001 об. %, начало кислородного голодания C = 0,001 об. %, отек легких C = 0,008 об. %.

При контакте диоксида азота с влажной поверхностью (слизистые оболочки глаз, носа, бронхов) образуются азотная и азотистая кислоты, раздражающие слизистые оболочки и поражающие альвеолярную ткань легких. При высоких концентрациях оксидов азота (0,004 — 0,008 %) возникают астматические проявления и отек легких. Вдыхая воздух, содержащий оксиды азота в высоких концентрациях, человек не имеет неприятных ощущений и не предполагает отрицательных последствий. При длительном воздействии оксидов азота в концентрациях, превышающих норму, люди заболевают хроническим бронхитом, воспалением слизистой желудочно-кишечного тракта, страдают сердечной слабостью, а также нервными расстройствами.  $\text{NO}_2$  тяжелее воздуха, поэтому собирается в углублениях, канавах и представляет большую опасность при техническом обслуживании транспортных средств.

Оксиды азота ответственны за возникновение смога и кислотных дождей. Смог вызывает затруднение дыхания, кашель у детей и способствует развитию болезней органов дыхания. Особенно страдают от смога астматики и дети.

Ощущение запаха и незначительного раздражения во рту отмечается при концентрации  $\text{NO}_2$  порядка 0,0002 мг/л. Вредное воздействие оказывают оксиды азота и на нервную систему человека. Содержание в атмосферном воздухе оксидов азота свыше 0,28 мг/м<sup>3</sup> приводит к повреждению некоторых видов растений вызывает затруднение дыхания, кашель у детей и способствует развитию болезней органов дыхания.

Вторичная реакция на воздействие оксидов азота проявляется в образовании в человеческом организме нитритов и всасывании их в кровь. Это вызывает превращение гемоглобина в метгемоглобин, что приводит к нарушению сердечной деятельности.

Оксиды азота оказывают отрицательное воздействие и на растительность, образуя на листовых пластинах растворы азотной и азотистой кислот. Этим же свойством обусловлено влияние оксидов азота на строительные материалы и металлические конструкции. Кроме того, они участвуют в фотохимической реакции образования смога. В уходящих газах дизелей концентрации CO и  $\text{NO}_x$  могут достигать 0,5 % (по объему).[4]



## **Способы очистки**

### **Адсорбционные методы**

Хорошим сорбентом оксидов азота служит активированный уголь, но его применение затрудняется из-за легкой окисляемости, что может привести к сильному разогреву и даже к возгоранию угля. Силикагель по адсорбционным свойствам несколько уступает углю, но он более прочен и не окисляется кислородом.[2]

### **Каталитическое восстановление.**

Одним из основных, хорошо освоенных промышленных методов очистки отходящих газов от оксидов азота является их восстановление на катализаторе до молекулярного азота. При использовании неселективного катализатора восстановитель расходуется не только на восстановление азота, но и вступает во взаимодействие с кислородом, обычно содержащимся в газовом потоке. В качестве восстановителя применяются водород, природный газ, оксид углерода. Катализаторами обычно служат элементы платиновой группы. Температура процесса колеблется от 400 до 800С.[2]

### **Карбамидный метод.**

В РХТУ им. Д.И. Менделеева разработан карбамидный метод, позволяющий очищать дымовые газы от оксидов азота на 95% и практически полностью удалять оксиды серы из них. Процесс не требует предварительной подготовки газов, в результате очистки образуются нетоксичные продукты -  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ . Величина рН абсорбционного раствора колеблется в пределах 5-9, поэтому коррозии аппаратуры не наблюдается.

Карбамидный метод очистки отходящих газов от оксидов азота прекрасно зарекомендовал себя в различных производствах, однако необходимо отметить, что в энергетике в основном применяются регулирование процесса сжигания горючего (за счёт чего уменьшается количество образующих оксидов азота) и аммиачно-каталитический метод.[2]

### **Регулирования процессов горения**

Снижение выбросов оксидов азота в атмосферу путем регулирования процесса горения. Наряду с установкой газоочистного оборудования в конце технологического цикла сжигания топлива весьма эффективными являются ряд режимных и технологических мероприятий, позволяющих существенно снизить количество образующихся в процессе горения оксидов азота. К этим мероприятиям относятся:

- сжигание с низким коэффициентом избытка воздуха ( $\alpha$  — альфа);
- рециркуляция части дымовых газов в зону горения;
- сжигание топлива в две и три ступени;

- применение горелок, позволяющих понизить выход NO<sub>x</sub>;
- подача влаги в зону горения;
- интенсификация излучения в топочной камере;
- выбор профиля топочной камеры, которому отвечает наименьший выход[2]

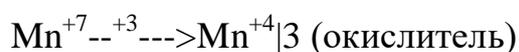
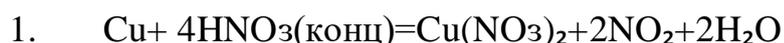
### **Стимулирование химических реакций при помощи электронного пучка.**

Другой способ очистки отходящих газов от оксидов азота – стимулирование химических реакций при помощи электронного пучка. Метод обеспечивает восстановление NO<sub>x</sub> и SO<sub>x</sub> в реакции с аммиаком в отсутствие катализатора. Поток топочных газов отделяется от золы, после поступает аммиак и получает облучение в реакторе. В итоге оксиды и аммиак становятся сухим порошком неорганических солей: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·2NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Однако нет полного описания химического механизма реакции. Теплый топочный газ после отделения удаляется в дымоход. Обеспечивается восстановление 85 % оксида азота и 95 % оксидов серы. Сейчас метод на стадии развития, но он имеет перспективы из-за высокой эффективности одновременного удаления оксидов азота и серы и возможности получения в сухом виде ценного полупродукта для производства удобрений[2]

## Экспериментальная часть

### Теоретическая часть

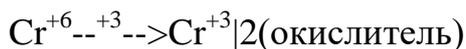
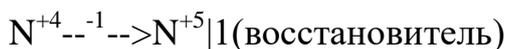
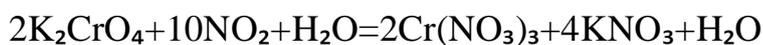
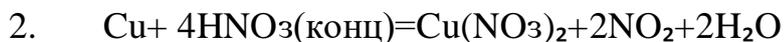
Для получения оксидов азота использовали обычный прибор для получения газов. В колбу положили немного медных стружек, из капельной воронки прикапывать азотную кислоту. Когда появляющийся первоначально в колбе бурый газ сменится бесцветным, подвели конец газоотводной трубки в пробирки с заранее приготовленными растворами перманганата калия и хромата калия. Наблюдаем изменение окраски растворов



$$\text{ЭДС} = \phi(\text{окс}) - \phi(\text{восст}) = +1,695 - (+0,893) = 0,802 \text{ В}; \quad \text{ЭДС} > 0$$

$$\Delta G = -nFE = -(3 \cdot 96500 \cdot 0,802) = -232179 \text{ Дж}$$

$$K_p = 10^{\frac{n \cdot E}{0,059}} = 10^{\frac{3 \cdot 0,802}{0,059}} = 10^{41}$$

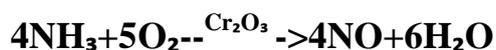


$$\text{ЭДС} = \phi(\text{окс}) - \phi(\text{восст}) = +1,20 - (+0,893) = 0,307 \text{ В}; \quad \text{ЭДС} > 0$$

$$\Delta G = -nFE = -(2 \cdot 96500 \cdot 0,307) = -59251 \text{ Дж}$$

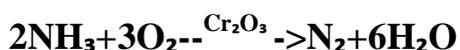
$$K_p = 10^{\frac{n \cdot E}{0,059}} = 10^{\frac{2 \cdot 0,307}{0,059}} = 10^{10}$$

### **Каталитическое окисление аммиака кислородом воздуха в присутствии оксида хрома (III).**



В химическую колбу ёмкостью 500 мл помещаем раствор аммиака и закрываем пробкой. На спиртовке нагреваем дихромат аммония, затем помещаем в колбу с аммиаком. Наблюдаем реакцию «звёздный дождь».

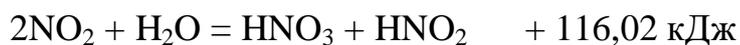
Азотная кислота. При описании свойств аммиака было отмечено, что он горит в кислороде с образованием воды и молекулярного азота. Однако в присутствии специального катализатора окисление аммиака кислородом может протекать с образованием воды и окиси азота. Современные промышленные способы получения азотной кислоты основаны именно на каталитическом окислении аммиака кислородом воздуха.



А так же проводят каталитическое окисления аммиак до азота, который содержится в воздухе. Тем самым мы сможем не перерабатывать оксид азота ,то есть тратиться средства на переработку или очистку ,а получать на исходе чистый азот , который содержится в воздухе.

## Переработка оксидов азота

Образующиеся при выщелачивании оксиды азота перерабатывают в неконцентрированную азотную кислоту посредством их поглощения из газовой фазы водой или разбавленной азотной кислотой. Для этого нитрозные газы охлаждают и направляют в поглотительные башни или абсорбционные колонны, где происходит окисление NO и поглощение образовавшихся оксидов азота. В зависимости от условий охлаждения и окисления в газовой фазе могут присутствовать различные оксиды азота, которые реагируют с водой по реакциям



С практической точки зрения не имеет значения, что реагирует с водой - двуокись или четырехокись азота, так как скорость их взаимного превращения очень велика, а количество образующихся из NO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> азотистой и азотной кислот одинаково.

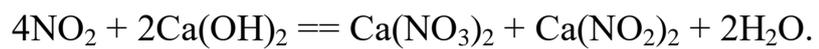
Процесс получения азотной кислоты связан с растворением в воде NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В газовой фазе в результате взаимодействия паров воды с оксидами азота образуется также незначительное количество азотной и азотистой кислот.

Метод щелочной очистки требует больших капитальных затрат и эксплуатационных расходов, но главный его недостаток в том, что степень абсорбции оксидов азота не превышает 60-75 % и, таким образом, этот метод не обеспечивает санитарной нормы очистки газов.

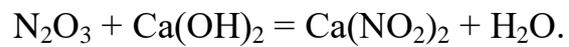
Полученные в процессе очистки щелока нуждаются в дальнейшей многостадийной переработке для получения из них твердых солей. Метод поглощения оксидов азота твердыми сорбентами - силикагелем, алюмогелем, активированным углем и другими твердыми поглотителями - не нашел промышленного применения из-за сложности, малой надежности и дороговизны.

Метод каталитического восстановления оксидов азота начал применяться только в последние годы и пока является наиболее совершенным методом.

Поглощение оксидов азота раствором Ca(OH)<sub>2</sub> протекает с образованием нитрит-нитратных солей по уравнению:



В случае взаимодействия  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с  $\text{N}_2\text{O}_3$  образуется только  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  по уравнению:



## **Заключение:**

Подведя итоги работы можно сделать вывод, что для поглощения оксидов азота можно использовать сорбционные методы : абсорбцию оксидов азота водными растворами щелочи, каталитическое восстановление, карбамидный метод, регулирования процесса горения, стимулирование химических реакций при помощи электронного пучка, тем самым внести небольшой вклад в решение общей проблемы загрязнения окружающей среды .

## **Литература**

<http://webeko.ru/voprosy/kratkii-kurs-ekologii/absorbtsionnye-metody-ochistki-gazov-ot-so2-oksidov-azota-h2s-galogenov-i-ih-soedinenii.htm> [1]

Аникин В.А. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8-2. – С. 324-324;[2]

<https://all-ecology.ru/index.php?request=full&id=114>[3]

<http://vesvnorme.net/zdorovoe-pitanie/oksid-azota.html> [4]

<https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4941>[5]