

5. Cho Y. I., No H. N., Meyers S. P. Physicochemical characteristics and functional properties of various commercial chitin and chitosan products. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, no. 2, pp. 3839–3843.

6. Hirano S. Chitin biotechnology application. *Biotechnology Annual Review*, 1998, no. 2, pp. 237–258.

7. Kumar M. N. A review of chitin and chitosan applications / M. N. Kumar // *Reactive and Functional Polymers*, 2000 –№ 1. 1–27.

7. Rinaudo M. Chitin and chitosan: properties and applications / M. Rinaudo // *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 2006 –№ 7. 603–632.

9. Trung T. S. Characterization of crystallized chitosan and its application in biosorption of textile dyes / T. S. Trung, C. H. Ng, W. F. Stevens // *Biotechnology Letters*, 2003 –№ 14 –1185–119.

10. Xia W. S. Physiological activities of chitosan and its application in functional foods / W. S. Xia // *International Journal of Food Science & Technology*, 2003 –№ 1. 77–81.

УДК 544.478

### НОВАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

*Людмила Александровна Джигола*, доцент, кандидат химических наук, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, djegola@mail.ru

*Ксения Сергеевна Тихонова*, магистрант, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, I\_m\_Ksushe4ka@mail.ru

*Анна Станиславовна Реснянская*, кандидат химических наук, доцент, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Российская Федерация, 414056, Астрахань, ул. Татищева, 18, resnyanskya-as@yandex.ru

Данная статья посвящена поиску решения актуальной проблемы – очистке воздуха от угарного газа. В работе проанализированы существующие каталитические системы для очистки воздуха от монооксида углерода. На основе анализа их достоинств и недостатков предложены модифицированные (Cu, Mn, NH<sub>3</sub>) катализаторы на основе минерального сырья (шамотная глина). Приводится описание установки для апробации работы созданных катализаторов в лабораторных условиях. Полученные результаты указывают, что наилучшей степенью очистки обладает система, содержащая диоксид марганца, сульфат меди и аммиак на минеральной основе. При работе данного катализатора одновременно протекают процесс окисления монооксида углерода в диоксид и процесс сорбции монооксида и диоксида углерода. Экспериментальные данные показали, что 6,8 % CO окисляется в CO<sub>2</sub>, и суммарно 93,2 % CO поглощается медь-марганцевым катализатором. Приводятся уравнения протекающих реакций.

**Ключевые слова:** монооксид углерода, диоксид углерода, очистка воздуха, каталитическое окисление, катализатор, титрование, эффективность работы катализатора, емкость катализатора, окисление, сорбция

### A NEW CATALYST SYSTEM FOR AIR PURIFICATION FROM CARBON DIOXIDE

*Dzhigola Lyudmila A.*, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, djegola@mail.ru

*Tikhonova Kseniya S.*, undergraduate student, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, I\_m\_Ksushe4ka@mail.ru

*Resnjanskaja Anna S.*, Ph.D. (Chemistry), Associate Professor, Astrakhan State University Of Civil Engineering, 18 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russian Federation, resnyanskya\_as@yandex.ru

The article concentrates on solution of the current problem. It is air purification from carbon monoxide. There were researched the existed catalyst systems for air purification from carbon monoxide in the article. The mineral raw material (fired clay) based modified catalysts were created on the terms of the existed catalyst system advantages and disadvantages. There was described lab-scale plant for the testing of the created catalysts operation in the laboratory conditions in the article. The obtained results were shown, that the purification rate of the system consisted of manganese dioxide, copper sulphate and ammonia on the mineral raw material based was the best. When this catalyst is working, carbon monoxide is oxidized to carbon dioxide and the sorption of carbon monoxide and carbon dioxide is carried out. Experimental data were shown, that 6,8 % carbon monoxide is oxidized to carbon dioxide and total gross 93,2 % carbon monoxide is absorbed by the copper-manganese catalyst. There are given occurred chemical equations.

**Keywords:** carbon monoxide, carbon dioxide, air purification, catalytic oxidation, catalyst, titrating, catalyst operational effect, catalyst capacity, oxidation, sorption

Проблема загрязнения окружающей среды монооксидом углерода чрезвычайно остро стоит в нашем регионе и по всей России. Девяносто процентов всех загрязнителей имеют антропогенное происхождение.

Основными антропогенными источниками окиси углерода в настоящее время служат выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, промышленные предприятия, коммунальное и сельское хозяйств. Значительное количество окиси углерода образуется в процессе курения: при сгорании одной сигареты образуется 10–23 мг СО [1].

Опасность монооксида углерода связана с его высокой токсичностью. Окись углерода, так же как и кислород, связывается с гемоглобином крови. СО вытесняет  $O_2$  из оксигемоглобина (HbO) крови, образуя при этом карбоксигемоглобин (COHb), содержание  $O_2$  снижается с 18–20 до 8 %, а разница между содержанием HbO в артериальной и венозной крови уменьшается с 6–7 до 2–4 %. Поэтому воздух, содержащий окись углерода, приводит к кислородному голоданию. Вдыхание небольших концентраций СО вызывает появление в организме человека тяжести и ощущения сдавливания головы, сильные боли в области лба и висков, головокружение, шум в ушах, покраснение и жжение кожи лица, дрожь, чувство слабости и страха, жажду, частый пульс, пульсацию височных артерий, тошноту, рвоту. Высокие концентрации газа приводят к немедленной смерти.

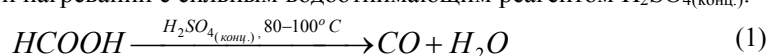
Каталитическое окисление является наиболее рациональным и эффективным методом очистки атмосферного воздуха от монооксида углерода. Для окисления монооксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. Анализ достоинств и недостатков существующих катализаторов для очистки атмосферного воздуха от СО [2–7] позволяет отметить, что проблема создания доступных, эффективных, экологически безопасных катализаторов актуальна, и исследования в данной области представляют собой перспективное направление.

Катализатор для очистки атмосферного воздуха должен сохранять активность при высоких температурах (1000 °С и выше), которые возникают при окислении загрязняющих веществ высокой концентрации. Большинство из известных каталитических систем не могут выдержать длительного действия этих температур без термической или термохимической дегградации катализатора, выражающейся в потере активности, усадке и сильном истирании, что делает катализатор бесполезным. Вышеперечисленное обуславливает цель данного исследования: разработку и апробацию каталитической системы, состоящей из носителя – шамотной глины, и модифицирующих компонентов: диоксида марганца, сульфата меди и раствора аммиака. Для обоснования эффективности работы созданного медь-марганцевого катализатора было изучено действие катализаторов, имеющих разный состав модифицирующих компонентов: марганцевого катализатора, содержащего шамотную глину, диоксид марганца и аммиак, и медного катализатора, содержащего шамотную глину, сульфат меди и аммиак.

### Моделирование процесса очистки воздуха

Для проведения эксперимента в лабораторных условиях была собрана установка (рис. 1). В первом штативе закрепили термостойкую плоскодонную колбу емкостью 100 см<sup>3</sup> с притертой крышкой, находящуюся на водяной бане. Колбу соединили с патроном для катализатора с помощью аллонжа. Патрон для катализатора представляет собой цилиндрический сосуд с притертой крышкой. В патрон поместили 5 г растертого катализатора, закрепленного с двух сторон воздухопроницаемыми инертным материалом. Патрон закрепили во втором штативе. Закрыли второе отверстие патрона пробкой с газоотводной трубкой, к которой присоединили резиновый шланг. Шланг через маленькое отверстие опустили на дно сосуда емкостью 5 дм<sup>3</sup>. В сосуде находился раствор карбоната натрия с концентрацией 0,3 М для поглощения диоксида углерода. Все шлифы смазали вазелином, сосуды герметизировали. Перед проведением опыта проверили установку на герметичность.

В лабораторных условиях монооксид углерода получали разложением муравьиной кислоты при нагревании с сильным водоотнимающим реагентом H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(конц.):



Образовавшийся монооксид углерода пропускали через катализатор, при этом часть монооксида углерода окислялась до диоксида, а другая часть вместе с диоксидом углерода поглощалась катализатором.

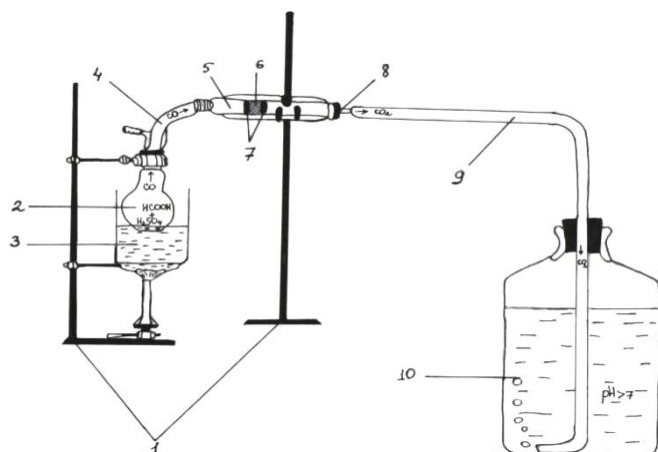


Рис. 1. Схема установки для моделирования процесса очистки воздуха от монооксида углерода в лабораторных условиях: 1 – штатив; 2 – плоскодонная термостойкая колба; 3 – водяная баня; 4 – аллонж; 5 – патрон; 6 – катализатор; 7 – воздухопроницаемый инертный материал; 8 – пробка с газоотводной трубкой; 9 – резиновый шланг; 10 – сосуд с раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

### Количественное определение содержания компонентов

Для определения количественного содержания CO<sub>2</sub> после очистки катализатором, наиболее эффективным оказалось поглощение углекислого газа раствором карбоната натрия. Содержание CO<sub>2</sub> определяли титриметрическим методом: смесь карбоната и гидрокарбоната натрия титровали в присутствии двух индикаторов: сначала с фенолфталеином до обесцвечивания, затем с метиловым оранжевым до перехода желтой окраски в розовую.

После пропускания монооксида углерода через модифицированные катализаторы на основе минерального сырья и обработки экспериментальных данных была рассчитана эффективность работы катализаторов, которая оценивается через эффективность окисления монооксида углерода в диоксид углерода (2) и эффективность

поглощения монооксида и диоксида углерода сорбентом-катализатором (3), а также проведен расчет емкости катализаторов.

$$\mathcal{E}_{ок.} = \frac{\bar{v}(CO_2)}{v^0(CO)} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_{погл.} = 100\% - \mathcal{E}_{ок.} \quad (3)$$

где  $\bar{v}(CO_2)$  – среднее значение количества вещества диоксида углерода, обнаруженное в растворе карбоната натрия после прохождения монооксида углерода через катализатор;  $v^0(CO)$  – исходное количество вещества монооксида углерода.

Полученные результаты позволяют отметить (табл. 1), что наилучшей степенью очистки обладает система, содержащая диоксид марганца и сульфат меди на минеральной основе; менее эффективны катализаторы, модифицированные медью и марганцем отдельно.

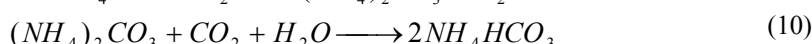
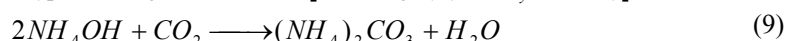
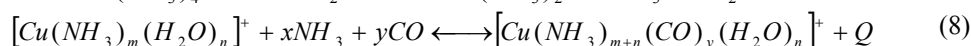
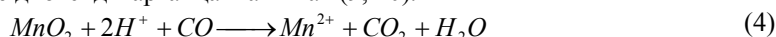
Таблица 1

**Эффективность работы катализаторов,  $v^0(CO) = 7,8 \cdot 10^{-3}$  моль**

Катализатор	$\bar{v}(CO_2)$ в растворе, $\cdot 10^4$ моль	Эффективность окисления, %	Эффективность поглощения, %	$\Gamma_{\infty} \cdot 10^3$ моль/г
Медь-марганцевый	5,3	6,8	93,2	1,46
Медный	6,2	7,95	92,05	1,44
Марганцевый	7,0	8,97	91,03	1,42

Наблюдаемую закономерность можно интерпретировать следующим образом:

1. При работе медь-марганцевого катализатора одновременно протекают процессы окисления: этому в большей степени способствует диоксид марганца (4), а также медно-аммиачный комплекс с двухвалентной медью (5, 6, 7); и сорбции: этому в большей степени способствует медно-аммиачный комплекс с одновалентной медью (8), а также диоксид марганца и аммиак (9, 10).



2. При работе медного катализатора также одновременно протекают процессы окисления и сорбции, но в большей степени очистка воздуха от монооксида углерода осуществляется за счет процесса сорбции: происходит связывание угарного газа медно-аммиачным комплексом с одновалентной медью.

3. При работе марганцевого катализатора наиболее важным процессом, лежащим в основе очистки воздуха от CO, является процесс окисления, которому способствует диоксид марганца.

Высокой сорбции CO и CO<sub>2</sub> во всех рассмотренных выше системах способствует структура катализаторов, а именно, его высокая пористость.

**Список литературы**

1. **Зобнин Ю. В.** Отравление монооксидом углерода (угарным газом) / Ю. В. Зобнин. – Санкт-Петербург, 2011. – 86 с.
2. Пат. Республика Беларусь № 2530. Катализатор для очистки газов от монооксида углерода и углеводородов и способ его получения / Л. С. Кравчук, С. В. Валиева, Н. И. Иващенко, С. В. Матвейчук, И. А. Юрша, В. Н. Ницкая, Л. П. Манченко. – Оubl. 30.12.1998.
3. Пат. РФ №2198027. Катализатор окисления оксида углерода / Л. А. Воропанова, С. Н. Ханаев, Л. П. Хоменко. – Оubl. 10.02.2003.
4. Пат. РФ № 2241526. Аэронейтрализатор / В.К. Суровин. – Оubl. 10.12.2004.
5. Пат. РФ № 2267354. Катализатор для очистки воздуха от монооксида углерода / Л. В. Брук, А. К. Будыка, Г. Н. Ворожцов, Ю. М. Голуб, О. Л. Калия, Н. К. Куликов, Ю. М. Лужков, И. В. Ошанина, В. В. Сырычко, О. Н. Темкин, И. П. Шеляпин, А. Д. Шепелев. – Оubl. 10.01.2006.
6. Пат. РФ № 2274485. Способ очистки воздуха от оксида углерода и фильтрующий модуль для очистки воздуха от оксида углерода / С. Н. Ерохин, С. И. Симаненков, Э. И. Симаненков, С.Б. Путин, Н.Ф. Гладышев. – Оubl. 20.04.2006.
7. Пат. Республика Беларусь № 16370. Катализатор для очистки воздуха от монооксида углерода и способ его получения / Ю. Г. Егiazаров, В. З. Радкевич, М. В. Палховский, Л. Л. Потапова, С. Г. Хаминец, Т. Л. Сенько. – Оubl. 30.08.2011.

**References**

1. Zobnin Yu. V. *Otravlenie monooksidom ugleroda (ugarnym gazom)* [Carbon monoxide poisoning]. St. Petersburg, 2011, 86 p.
2. Kravchuk L. S., Valieva S. V., Ivashhenko N. I., Matveychuk S. V., Yursha I. A., Nickaya V. N., Manchenko L. P. *Patent Republik of Belarus No. 2530. Katalizator dlya ochistki gazov ot monooksida ugleroda i uglevodorodov i sposob ego polucheniya* [The catalyst for gas purification from carbon monoxide and hydrocarbon and the method for its producing]. Date of publication: 30.12.1998.
3. Voropanova L. A., Hanaev S. N., Homenko L. P. *Patent Russian Federation No. 2198027. Katalizator okisleniya oksida ugleroda* [The catalyst of carbon monoxide oxidation]. Date of publication: 10.02.2003.
4. Surovin V. K. *Patent Russian Federation No. 2241526. Aeroneutralizator* [Airneutralizator]. Date of publication: 10.12.2004.
5. Bruk L. V., Budyka A. K., Vorozhcev G. N., Golub Yu. M., Kaliya O. L., Kulikov N. K., Luzhkov Yu. M., Oshanina I. V., Syrychko V. V., Temkin O. N., Shelyapin I. P., Shepelev A. D. *Patent Russian Federation No. 2267354. Katalizator dlya ochistki vozduha ot monooksida ugleroda* [The catalyst for air purification from carbon monoxide]. Date of publication: 10.01.2006.
6. Erohin S. N., Simanenkoy S. I., Simanenkoy Ye. I., Putin S. B., Gladyshev N. F. *Patent Russian Federation No. 2274485. Sposob ochistki vozduha ot oksida ugleroda i fil'truyushhiy modul' dlya ochistki vozduha ot oksida ugleroda* [The method of air purification from carbon monoxide and filtering module for carbon monoxide purification]. Date of publication: 20.04.2006.
7. Egiazarov Yu. G., Radkevich V. Z., Palhovskiy M. V., Potapova L. L., Haminec S. G., Senko T. L. *Patent Republik of Belarus No. 16370. Katalizator dlya ochistki vozduha ot monooksida ugleroda i sposob ego polucheniya* [The catalyst for air purification from carbon monoxide and the method for its producing]. Date of publication: 30.08.2011.