электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 54

Очистка воздуха с использованием комплексообразования токсичных газов с ионами меди (II)

 # 10, сентябрь 2012

Гончаренко А.М.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Журавлева Л.В.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

В современных условиях существует постоянная потребность в совершенствовании и создании новых мобильных и стационарных систем очистки воздуха. Неблагоприятные погодные явления, техногенные катастрофы приводят к появлению в воздухе таких токсичных примесей и в таких концентрациях, против которых современные системы очистки не всегда эффективны. Зачастую они довольно громоздки, к тому же дороги при поставке и в эксплуатации.

Поэтому задачи работы включали:

- создание лабораторной установки, позволяющей получать высокие концентрации токсичных газов без нарушения техники безопасности лабораторного эксперимента,
- выбор и получение токсичного газа – продукта крупнотоннажных химических производств

поиск и синтез модельных реагентов на основе комплексных соединений ионов металлов,
проведение наблюдений и измерений процессов поглощения, позволяющих оценить эффективность методики,

- анализ результатов с использованием литературных данных,

прогноз возможных применений результатов работы.

В работе использовали лабораторную установку, позволяющую моделировать процесс очистки воздуха как от стационарных вредоносных примесей, так и от повышенных концентраций газообразных токсикантов в случае техногенных катастроф (рис. 1). Например, исследована очистка воздуха от высоких концентраций аммиака. Последние создавали в колбе для образования газовой смеси (1) нагреванием 25%-ного раствора аммиака. В качестве реагента и поглотителя в U-образную трубку (2) поместили 3 мл 10%-ного раствора сульфата меди, полученного растворением расчетного количества пятиводного гидрата $CuSO_4.5H_2O$ в воде. Аммиак поступал в одно из входных отверстий U-образной трубки и вступал в реакцию с сульфатом меди, о которой свидетельствовало сначала выпадение голубого осадка, затем его растворение с изменением окраски раствора от бледно-голубой до интенсивно темно-синей. Момент насыщения поглотителя определяли по покраснению раствора фенолфталеина на выходе из установки (3).

Полученные результаты. Связывание аммиака раствором сульфата меди происходит благодаря следующим реакциям:

$$CuSO_4 + 2NH_3 + H_2O = Cu(OH)_2\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$
$$Cu(OH)_2 + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4](OH)_2$$

О протекании первой реакции свидетельствует образование голубого осадка $Cu(OH)_2$. Вторая реакция проявляется в растворении осадка и появлении интенсивной темно-синей окраски. Насыщение реакционной смеси в U-образной трубке наступает при поглощении около 0,1 г аммиака. Добавление целлюлозы в реакционную смесь с образованием медно-аммиачного волокна существенно не изменяет поглотительную ёмкость.

Количество аммиака, удаленного из газовой фазы, определяется тем, что один катион Cu^{2+} суммарно способен связать 6 молекул аммиака. Таким образом, расчетная масса аммиака, который способен прореагировать с 3 мл 10%-ного раствора составляет около 0,2 г. Из литературы известно, что предельно допустимая концентрация (ПДК) аммиака в жилых районах не должна превышать 0,04 мг/м^3. Если ПДК превышена в 1000 раз, то использованного количества реагента достаточно для очистки 5 м^3 воздуха.

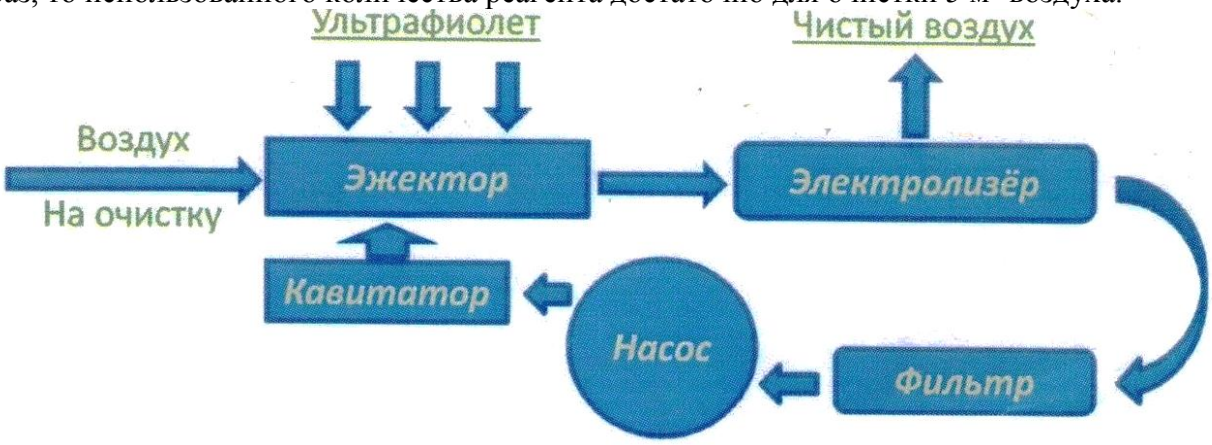

Рис. 1 – Структурная схема установки

Концепция создания промышленной установки. Очищенный воздух засасывается в камеру смешения за счёт инжекции, предварительно проходя через ультрафиолетовое излучение. Когда воздух проходит через ультрафиолет, в нём образуется озон, который сам по себе является очень сильным окислителем и позволяет дезинфицировать воздух. Далее воздух попадает в камеру смешения, где смешивается с тонкодисперсной активированной водой. Это смешение происходит под действием ультрафиолета, который в данном случае является катализатором химических реакций. Затем данная смесь попадает в электролизёр (электролизёр является гибридом электролизёра и циклона).

Рис. 2 – Фотография лабораторная установка для изучения химического связывания газов: 1) колба для получения газа, 2) U-образная трубка, содержащая реагент-поглотитель, 3) контрольный реагент для определения момента насыщения поглотителя.

В данном устройстве происходит разделение газовой и жидкой фаз, а также нейтрализация не вступившего в реакцию озона, за счёт выделяющегося на электродах водорода. Затем очищенный воздух поступает потребителю, а загрязнённая вода проходит через систему фильтрации и, засасываемая насосом, попадает в кавитатор, где активируется, чтобы затем через форсунку попасть в камеру смешения, где цикл повторяется.

Заключение

Процесс комплексообразования может быть эффективно использован для снижения высоких концентраций загрязнений в воздухе до уровня ПДК. В предполагаемой промышленной установке загрязнённый аммиаком воздух должен быть пропущен через слой водного раствора сульфата меди. Более перспективно применение изученного процесса в индивидуальных средствах защиты.

В условиях техногенной катастрофы многослойная ватно-марлевая повязка, у которой внутренние слои смочены раствором технического медного купороса, предположительно способна защитить от отравления аммиаком в случае его аварийного выброса в атмосферу. По аналогии, возникшая в течение прошедшего лета задача снижения концентрации оксида углерода (II) в воздухе Московской и других областей, страдавших от лесных пожаров, может решаться пропусканием воздуха через слой наночастиц железа или даже его мелкодисперсного порошка. Можно ожидать, что оксид углерода будет химически связываться за счет образования карбонила железа $Fe(CO)_5$.

Литература

1. Штокман Е.А. Очистка воздуха. Учебное пособие для вузов. Изд-во АСВ, 2007, 312 с.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1998, 743 с.
3. Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. Основы химии и занимательные опыты. М.: Химия,1985, 159 с.

77-51038/482874