



УДК 546.214:546.211.1:542.973.2:543.573:543.442.2:543.422.3-74

ИСПЫТАНИЕ НОВОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ РАЗЛИЧНЫХ ТОКСИКАНТОВ

**Е. М. Евсина, Н. М. Алыков, Н. Н. Алыков, Т. В. Алыкова,
С. Н. Алыков, А. Е. Кудряшова, А. М. Евсин**

Астраханский инженерно-строительный институт

Астраханский государственный университет

Инженерно-технический центр ООО «Газпром добыча Астрахань»

Предлагается способ удаления из атмосферного воздуха предприятий нефтегазового комплекса, клиник, научно-исследовательских лаборатории, предприятий специального назначения и т.д. различных токсикантов. Основой сорбента является опока, высококремнеземистый материал. На поверхности гранул сорбента адсорбирован диэтанолламин, который с кислыми газами образует достаточно прочные ионные ассоциаты. В работе показаны расчет термодинамических и равновесных характеристик сорбции токсикантов на новом сорбенте, результаты степени очистки атмосферного воздуха от различных токсикантов, исследования, целью которых являются условия применения нового сорбента для обеспечения комфортного пребывания в помещениях, где число людей может быть достаточно большим.

Ключевые слова: сорбент, сорбция, адсорбент, опока, очистка воздуха, токсиканты.

The authors suggest a method of removing various toxicants released into the air by oil and gas processing enterprises, clinics, research laboratories and special purpose enterprises. Flank or high siliceous material is the basis of a sorbent. Diethanolamine is adsorbed on the surface of a sorbent's granules; diethanolamine forms steady ionic associates with acid gases. The paper presents calculation of thermodynamic and equilibrium characteristics of toxicants sorption with use of a new sorbent. The results of air purification from various toxicants are given. It is emphasized that the research target is to find out conditions for application of a new sorbent to provide comfort in the premises that admit a big number of people.

Key words: sorbent, sorption, adsorbent, flask, air purification, toxicants.

Анализ патентного поиска [4, 9, 10, 12, 14] показывает, что существующие различные способы и устройства для очистки воздуха в производственных помещениях предприятий осуществляют очистку воздуха от различных токсичных газов при помощи последовательно соединенных абсорберов, заполненными хемосорбентами и катализаторами. Однако недостатками этих способов и устройств являются большие габариты и масса; большие энергозатраты; степень очистки атмосферного воздуха порядка 40–50 %.

В работе предлагается новый сорбент (СВ-ДАЦ), который содержит оксид кальция, диоксид кремния, оксид алюминия, диэтанолламин (далее – ДЭА), хлорид цетилпиридиния, воду, примеси. Основой сорбента является опока, высококремнеземистый материал [13].

На поверхности гранул сорбента адсорбируется ДЭА, который с кислыми газами образует достаточно прочные ионные ассоциаты. Сам ДЭА, адсорбированный на поверхности гранул опок, удерживается за счет формирования координационных соединений.

Сорбент предназначен для очистки атмосферного воздуха от различных токсикантов.

На сорбенте были поставлены опыты по определению очистки воздуха, в который вносили определенные токсиканты. Из результатов следует, что степень очистки воздуха новым сорбентом составляет примерно 99,99 %.

В таблице 1 приведены экспериментальные результаты по очистке воздуха от токсичных газов.

Таблица 1
Экспериментальные результаты
по очистке воздуха от токсикантов

Концентрация вещества до очистки, мг/м ³	Результаты очистки, %
Сероводород H ₂ S. ПДК _р = 0,008 мг/м ³	
0,001	-
0,008	99
0,020	99
0,100	99
1,000	99
Диоксид углерода CO ₂ . ПДК _р = 3,0 мг/м ³	
0,1	99,9
1,00	99,9
10,00	99,9
100,00	99,9
1000,00	99,9
Диоксид серы SO ₂ . ПДК _р = 0,05 мг/м ³	
-	-
0,50	99,9
1,00	99,9
10,00	99,9
100,00	99,9
1000,00	99,9

Из экспериментальных данных можно сделать вывод, что сорбционная очистка воздуха от токсикантов с помощью нового сорбента имеет высокую эффективность. Поэтому новый сорбент можно использовать для очистки воздуха в помещениях предприятий нефтехимической промышленности, газопереработки, а также в клиниках, научно-исследовательских лабораториях, аптеках, магазинах, зоомагазинах, жилых помещениях и т. д.

Для расчета термодинамических и равновесных характеристик сорбции токсикантов на новом сорбенте (табл. 2) использовали изотермы



сорбции, которые позволили рассчитать обратные величины сорбции (1/Г) и концентрации (1/С) и построить изотермы Ленгмюра в прямой форме.

Таблица 2
Основные сорбционные и термодинамические характеристики систем «сорбаты – сорбент»

Сорбаты	Константы сорбции $K \cdot 10^{-2}$ при различных температурах			$-\Delta H$, кДж/моль	$-\Delta G_{295}$, кДж/моль	ΔS , Дж/моль·К	$G_{\infty 295}$, г/г
	295	323	335				
SO ₂	1,0	3,70	20,0	61,50	1,129	17,05	0,64
H ₂ S	1,50	4,10	25,0	57,71	1,220	15,43	0,30
CO ₂	1,10	3,95	23,50	62,86	11,52	174,03	0,38

Проведены исследования, целью которых являются условия применения сорбента СВ-ДАЦ для поддержания условий комфортного пребывания людей в помещениях, причем число людей может быть достаточно большим. Наличие полированной мебели, имеющей древесно-стружечную или древесно-опилочную основу, наличие большой группы и большого количества линолеума, использование при уборке помещений синтетических моющих средств, а при протирке оконных стекол – раствора аммиака, движение автотранспорта вблизи от данных помещений, наличие столовых и кухонных блоков приводит к тому, что в местах скопления и длительного пребывания людей накапливаются пары и газы веществ различной токсичности.

Эффективным способом удаления основной массы этих веществ из атмосферного воздуха помещений является применение стационарных устройств в виде деревянных или металлических коробов и др., организованных таким образом, чтобы это выглядело достаточно эстетично. В короб длиной 50 см, шириной 20–25 см и высотой 20 см засыпается грунт, в который можно высаживать растения (бархотки и др.). Высота грунта – 15 см. Далее засыпается ровный слой сорбента СВ-ДАЦ высотой 5–6 см. Грунт и сорбент периодически поливают до влажного состояния. Таких устройств необходимо иметь по 3–4 штуки на 10 м² площади помещения, расположив их вдоль стен по периметру комнаты. Исследования показали, что нет необходимости каким-то образом устраивать вентиляцию воздуха. Устройства хорошо очищают воздух в течение 3–4 месяцев. При новой посадке цветов слой сорбента просто перелопачивают, а целиком его убирают один раз в год, например, в летнюю пору. Результаты опытов по очистке воздуха помещений от большой группы токсичных веществ, приведенные в таблицах 3–5. Анализ проверен с использованием газового хроматографа «Цвет-500-М» по стандартным методикам [1].

Таблица 3
Проверка эффективности очистки атмосферного воздуха от различных токсикантов в школьном классе (время проведения опытов 2–4 октября – 30 апреля 2012 г. Площадь классной комнаты 96 м². Установлено 30 боксов) [2, 3, 5, 7]

Токсикант	ПДК, максимальная разовая, мг/м ³	ПДК, средняя суточная, мг/м ³	Степень очистки, %
Акролеин	0,03	0,03	90,0
Алкилсульфат натрия	0,10	0,005	95,0
Альдегид маслянный	0,030	0,010	67,0
Ацетальдегид	0,07	0,005	93,0
Бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на углерод)	10	0,2	98,0
Винилацетат	0,35	0,05	86,0
Диамид угольной кислоты (карбамид, мочевины)	0,15	0,05	67,0
Диметиламин	0,08	0,001	99,0
Монометиламин	0,010	0,002	80,0
Растворитель мебельный (АМР-3) (по толуолу)	0,20	0,05	75,0
Сероводород	0,012	0,004	67,0
Синтетические моющие средства типа «Кристалл» на основе алкилсульфата натрия (по алкилсульфату натрия)	0,15	0,01	93,0
Стирол	0,02	0,01	50,0
Фурфурол	0,12	0,02	83,0
Этилацетат	0,15	0,05	67,0

Таблица 4
Проверка эффективности очистки атмосферного воздуха от различных токсикантов в больничной палате

Токсикант	ПДК, максимальная разовая, мг/м ³	ПДК, средняя суточная, мг/м ³	Степень очистки, %
Акролеин	0,08	0,03	63,0
Алкилсульфат натрия	0,30	0,005	98,0
Альдегид маслянный	0,05	0,010	80,0
Ацетальдегид	0,10	0,005	95,0
Бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на углерод)	10	0,2	98,0
Винилацетат	0,40	0,05	88,0
Диамид угольной кислоты (карбамид, мочевины)	0,10	0,05	50,0
Диметиламин	0,10	0,001	99,0
Монометиламин	0,020	0,002	90,0



Растворитель мебельный (АМР-3) (по толуолу)	0,30	0,05	83,0
Сероводород	0,02	0,004	80,0
Синтетические моющие средства типа «Кристалл» на основе алкилсульфата натрия (по алкилсульфату натрия)	0,15	0,01	93,0
Стирол	0,15	0,01	93,0
Фурфурол	0,08	0,02	75,0
Этилацетат	0,40	0,05	88,0

Таблица 5

Проверка эффективности очистки атмосферного воздуха от различных токсикантов в актовом зале (кинозале)

Токсикант	ПДК, максимальная разовая, мг/м ³	ПДК, средняя суточная, мг/м ³	Степень очистки, %
Акролеин	0,10	0,03	70,0
Алкилсульфат натрия	0,20	0,005	98,0
Альдегид масляный	0,040	0,010	75,0
Ацетальдегид	0,08	0,005	94,0
Бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на углерод)	10	0,2	98,0
Винилацетат	0,30	0,05	83,0
Диамид угольной кислоты (карбамид, мочевины)	0,08	0,05	67,0
Диметиламин	0,05	0,001	98,0
Монометиламин	0,018	0,002	89,0
Растворитель мебельный (АМР-3) (по толуолу)	0,25	0,05	80,0
Сероводород	0,01	0,004	60,0
Синтетические моющие средства типа «Кристалл» на основе алкилсульфата натрия	0,15	0,01	93,0

(по алкилсульфату натрия)			
Стирол	0,10	0,01	90,0
Фурфурол	0,10	0,02	80,0
Этилацетат	0,20	0,05	75,0

Были поставлены опыты по изучению возможности уменьшения содержания микроорганизмов в замкнутых помещениях, в которых постоянно присутствует большое количество людей.

Для этого по методике [2] в чашках Петри высевалась вода. Часть чашек находилась в контрольных помещениях, где не были установлены боксы с сорбентом. Опытные чашки помещались по схеме «Конверт» в классе, где были установлены боксы с сорбентом. Через 10 часов после начала опытов чашки Петри помещались в термостат, еще через 24 часа анализировалось содержание колонии микроорганизмов в контрольных и опытных чашках Петри. Результаты опытов приведены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты опытов по выявлению эффективности сорбента СВ-ДАЦ для уменьшения обсемененности атмосферного воздуха в различных помещениях, в которых постоянно присутствует значительное количество людей

Школьный класс	Больничная палата	Актовый зал (кинозал)	Условия
Контроль 85; 85; 92; 95; 80; 85	Контроль 100; 95; 95; 95; 100; 100	Контроль 85; 85; 90; 90; 85; 90	Температура 25–27 °С
Опыт 7; 8; 7; 5; 8; 10	Опыт 10; 15; 15; 10; 10; 15	Опыт 15; 15; 15; 20; 15; 20	Относительная влажность воздуха 65–70 %

Результаты, приведенные в таблицах 3–6, позволяют сделать вывод, что хемосорбционный процесс протекает полно.

Список литературы

- ГОСТ 4453-48. Активные угли. Методы испытаний. Осветляющая способность по мителеновому голубому : введ. 01.07.77. М. : Минхимпром СССР, 1977.
- Методы определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (дополнение № 2 к списку ПДК № 3086-84 от 27.08.1984). М. : Изд-во МЗ СССР, 1985.
- Методы определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (приложение № 2 к списку ПДК № 2616-82 от 27.08.1982). М. : Изд-во МЗ СССР, 1983.
- Пат. 6046131 США, 2000. 13 с.
- Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (дополнение к списку ПДК № 1892-78 от 01.08.78). М. : Изд-во МЗ СССР, 1984.
- Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (дополнение № 1 к списку ПДК № 3086-84 от 27.08.84). М. : Изд-во МЗ СССР, 1985.
- Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (дополнение № 3 к списку ПДК № 1892-78 от 01.08.78). М. : Изд-во МЗ СССР, 1984.
- Сорбент для очистки воздуха от паров воды, кислых газов и микроорганизмов в салонах (кабинах) транспортных средств и в помещениях : патент 2473383 Российская Федерация, МПК В01J20/16, В01J20/04, В01J20/30, В01D53/02 / Н. М. Алыков, Е. М. Евсина, А. М. Евсин ; заявитель и патентообладатель Евсина Елена Михайловна. № 2011100524; заяв. 20.07.2013; опубл. 27.03.2013. 5 с.
- Способ и устройство очистки воздуха : патент 2319622 Российская Федерация, МПК В60Н3/06, F24F3/16 / С. А. Сайкин, А. М. Сайкин ; заявитель и патентообладатель С. А. Сайкин, А. М. Сайкин. № 2006110408/11; заяв. 03.04.06; опубл. 20.03.06. 13 с.



10. Способ очистки воздуха от вредных примесей и устройство для его реализации : патент 2161567 Российская Федерация, МПК В60НЗ/06 / В. М. Злотополюский, А. С. Гузенберг, Д. А. Крыченков, С. И. Еремеев, А. А. Кутьев, С. В. Маркин, Л. И. Гаврилов, Л. А. Жинжиков ; заявитель и патентообладатель Кутьев Анатолий Анатольевич, Злотополюский Владимир Матвеевич, Гузенберг Аркадий Самуилович, Крыченков Дмитрий Анатольевич, Еремеев Сергей Иванович, Маркин Сергей Владимирович, Гаврилов Лев Иванович, Жинжиков Леонид Александрович. № 2000114229/28; заяв. 07.06.2000; опубл. 10.01.2001. 3 с.
11. Способ приготовления сорбента для очистки газов от сероводорода : патент 2254916 Российская Федерация, МПК В01J20/30 В01D52/02 / А. А. Мошкин, В. И. Лазарев, А. Н. Соболев, В. И. Гераськин. №2004102652/15; заяв.: 30.01.2004; опубл. 27.06.2005. 8 с.
12. Установка для обработки воздуха, подаваемого в обитаемый отсек транспортного средства : патент 94017415 Российская Федерация, МПК В60НЗ/06 / В. В. Антонов, Л. В. Вдовенко, П. Ф. Попов, А. М. Потешкин, В. Д. Цурков, С. И. Шаповалов, А. А. Шутов ; заявитель и патентообладатель АО «Литмаш». № 94017415/11; заяв. 11.05.1994; опубл. 20.03.1996. 1 с.
13. Химия окружающей среды : справочник / Н. М. Алыков, Н. Н. Алыков, Т. В. Алыкова, О. С. Садомцева, В. В. Шакирова. Астрахань : АГУ, 2003. 250 с.
14. Dakshinamoortthy A., Kumar T., Nandy K. K., Iyer R. N., Mathur J. N., Manohar S. B. // J. Radional. Nucl. Chem. 2000. Vol. 245, № 3. P. 595–598.
15. Singh R., Khwaja A. R., Gupta B., Tandon S.N. // Talanta. 1999. Vol. 48. P. 527–535.

**© Е. М. Евсина, Н. М. Алыков, Н. Н. Алыков, Т. В. Алыкова,
С. Н. Алыков, А. Е. Кудряшова, А. М. Евсин**