

УДК 621. 357

И. С. ЕЛИНСОН, А. В. КАШИНСКИЙ, В. Н. ФАРАФОНТОВ, Л. И. ТИТОВА

**АДСОРБЦИЯ ПАРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ
АКТИВИРОВАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Проблема охраны окружающей среды от газообразных токсичных выбросов промышленных предприятий — одна из наиболее актуальных для крупных городов и индустриальных районов. Большую долю в промышленных выбросах составляют пары органических растворителей (бензол, толуол, этилацетат и др.), попадающие в атмосферу на стадиях покраски и сушки изделий в деревообрабатывающем, машиностроительном, обувном и иных производствах.

Одним из широко применяемых методов по улавливанию органических веществ из газовых выбросов является адсорбционный, где в качестве сорбента используется активированный уголь различных типов. Использование активированных углеродных материалов позволяет не только очистить выбросы от токсичных органических веществ, но и осуществить рекуперацию уловленных соединений для их вторичного использования. [1, 2].

При разработке методов очистки газовых выбросов от паров органических растворителей важным является выбор углеродного адсорбента исходя из его сорбционных свойств, доступности и целесообразности. В настоящее время промышленностью выпускается немало разновидностей углеродных материалов, которые могут быть использованы для адсорбции органических веществ. В данной работе изучены сорбционные свойства углеродных волокнистых материалов производства ПО «Химволокно» (г. Светлогорск) и рекуперационных гранулированных углей, перспективных для использования в системах очистки выбросов от паров органических растворителей [3]. Исследованиями адсорбционных свойств подвергались образцы углеродных волокон Бусофит-Т и АУТ, а также гранульные угли АР-Б, АР-В (производства России) и SGI (фирмы «Carbon»). Работа проводилась в статических условиях на вакуумной адсорбционной установке Мак-Бена с манометром Мак-Леода. В качестве адсорбтивов использованы бензол, толуол, этилацетат. Экспериментальные данные получены в виде изотермы адсорбции при 293 К, по которым в соответствии с теорией объемного заполнения микропор рассчитаны характеристики пористой структуры исследуемых углеродных сорбентов.

Характеристики пористой структуры углеродных сорбентов (табл. 1), рассчитанные по результатам адсорбции бензола, показывают, что углеродные волокнистые материалы имеют большой объем микропор и большую характеристическую энергию адсорбции по сравнению с активированными углями АР.

Таблица 1. Характеристика пористой структуры волокнистых и гранульных углеродных материалов

Адсорбент	Объем пор, см ³ /г			E, кДж/моль
	И _{ми}	И _{ме}	И _с	
Бусофит-Т	0,448	0,144	0,592	23,5
АУТ	0,536	0,175	0,711	23,1
АР-Б	0,384	0,043	0,427	18,9
АР-В	0,380	0,029	0,409	16,1

Таблица 2. Изотерма адсорбции толуола на углеродных материалах при температуре 293К

P, мм рт. ст.	C, мг/м ³	a, % по массе			
		АР-Б	АР-В	Бусофит-Т	АУТ
0,00017	0,85	1,12	1,05	1,58	1,83
0,00087	4,4	3,69	3,40	4,24	4,32
0,0025	12,6	6,08	7,93	12,56	12,90
0,0052	26,2	7,28	10,12	21,30	22,44
0,015	75,7	9,83	13,50	24,74	25,25
0,037	186,7	15,67	18,40	27,78	29,23
0,095	479,4	17,90	19,82	31,05	34,93
0,17	858,1	19,05	20,91	33,45	38,41

Таблица 3. Изотерма адсорбции этилацетата на углеродных материалах при температуре 293К

P, мм рт. ст.	C, мг/м ³	a, % по массе		
		AP-B	Бусофит-Т	АУТ
0,012	57,9	0,61	0,35	0,57
0,024	115,8	2,18	2,08	1,83
0,039	188,2	9,12	9,06	7,61
0,045	231,6	11,48	11,71	10,07
0,052	251,0	15,07	15,01	13,12
0,063	304,0	17,03	17,15	16,21
0,072	347,5	17,96	19,46	18,19
0,093	448,8	20,02	22,09	21,34

Таблица 4. Характеристика рекуперационного угля SGI (фирма «Carbon»)

Показатель	Значение
Насыпной вес, кг/м ³	400
Диаметр гранул, мм	4
Удельная поверхность, м ² /г	1100
Объем пор, см ³ /г:	
W _{MI}	0,392
W _{ME}	0,073
W _S	0,465

Для оценки сорбционной способности углеродных материалов проведены исследования по адсорбции толуола и этилацетата, основных и типичных составляющих растворителей лакокрасочных материалов (табл. 2, 3). Полученные изотермы показывают, что при малых концентрациях адсорбтивов (до 500 мг/м³) адсорбционная способность волокнистых углеродных материалов примерно в 1,5 раза выше, чем гранульных. При этом, адсорбция на волокнистых материалах проходит быстрее (рис. 1). Такие кинетические различия обусловлены диффузионными затруднениями, характерными для относительно крупных гранул (размер 3—5 мм) по сравнению с весьма доступной поверхностью волокон толщиной всего 5—10 мкм.

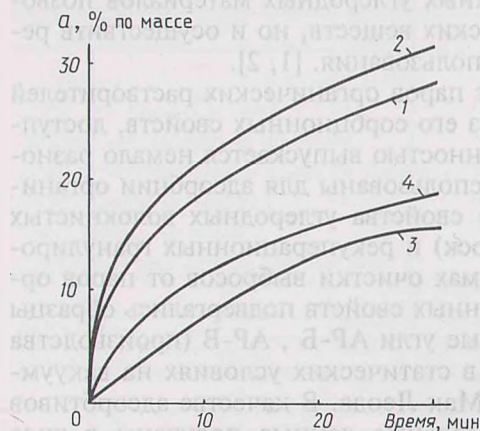


Рис. 1. Кинетика сорбции толуола на углеродных сорбентах: 1 — Бусофит-Т; 2 — АУТ; 3 — AP-B; 4 — AP-B

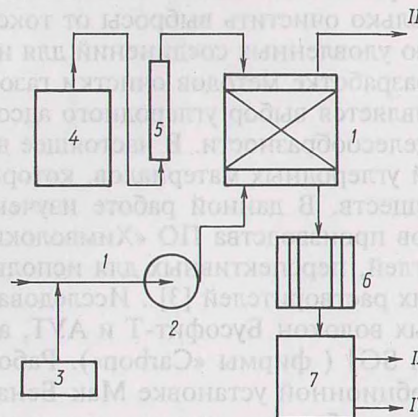


Рис. 2. Схема адсорбционной установки для очистки газообразных выбросов от паров органических растворителей: 1 — адсорбер; 2 — вентилятор; 3 — система дозирования органических растворителей; 4 — парогенератор; 5 — пароперегреватель; 6 — холодильник; 7 — сборник-сепаратор конденсата. I — загрязненный воздух; II — очищенный воздух; III — органическая фаза конденсата; IV — водная фаза конденсата

Проведенные сравнительные исследования показывают, что сорбционные свойства волокнистых и гранульных углеродных материалов, способных поглощать пары органических растворителей, отличаются. При практическом же использовании адсорбентов для очистки промышленных газообразных выбросов более важным оказывается не некоторое различие сорбционных свойств, а разница в цене рассматриваемых адсорбентов. В настоящее время стоимость волокнистых углеродных материалов во много раз выше стоимости гранульных, что оказывает решающее влияние на выбор материала для применения в очистном оборудовании.

Нами была сконструирована и изготовлена опытная адсорбционная установка для очистки газообразных выбросов от паров органических растворителей производительностью 300 м³/ч с использованием гранульного рекуперационного активированного угля типа SGI (фирма «Carbon»). Очистка выбросов происходит путем поглощения паров органических растворителей из газового потока при его прохождении через слой угольного адсорбента. Такой адсорбент имеет характеристики, приведенные в табл. 4 и достаточно доступен для решения неко-

торых экологических задач. Принципиальная схема адсорбционной очистной установки представлена на рис. 2. Подлежащие очистке от паров органических растворителей выбросы подаются в нижнюю часть адсорбера, в котором расположен слой гранульного угля. Контроль за степенью очистки осуществляется методом газожидкостной хроматографии образцов газа на входе и выходе адсорбера.

Очистке от паров органических растворителей на опытной установке подвергался воздух, загрязненный смесью паров этилацетата (100 мг/м^3) и толуола (200 мг/м^3).

Как видно из выходной кривой динамической адсорбции (рис. 3), при совместном поглощении толуол сорбируется лучше этилацетата, что естественно. В то же время степень очистки по каждому компоненту высокая (более 90%), а продолжительность работы угольного слоя до проскока этилацетата достигает 50 ч. Длительность работы адсорбента до его полной отработки по этилацетату составляет 85 ч.

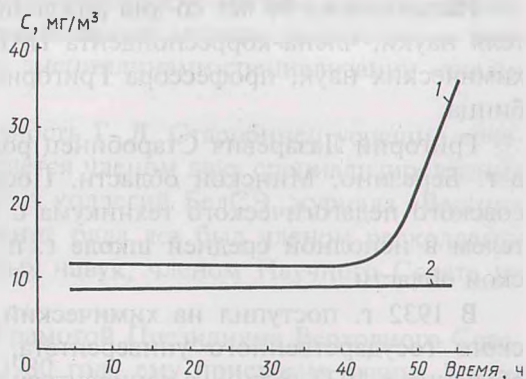


Рис. 3. Изменение концентрации паров органических растворителей в выходящем потоке при очистке паровоздушной смеси на адсорбционной установке (комнатная температура, фиктивная скорость фильтрации $0,33 \text{ м/с}$): 1 — этилацетат; 2 — толуол

Рекуперация поглощенных органических растворителей происходит при обработке слоя угля перегретым водяным паром в течение 3 ч. Десорбированные пары растворителей охлаждаются, конденсируются и собираются. В итоге десорбции адсорбент полностью восстанавливает свои сорбционные свойства, что позволяет длительно использовать его в многоцикловом процессе очистки.

Summary

The adsorption of ethylacetate and toluene on fibred and granulated carbons (Busofit, AUT, AR) has been investigated.

Литература

1. Серпионова Е. Н. Промышленная адсорбция газов и паров. М., 1969.
2. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. Л., 1984.
3. Гулько Н. В., Китикова Н. В., Походина Т. А., и др. // Весті АН Беларусі. Сер. хім. навук. 1994. № 4. С. 41—45.

Институт физико-органической химии
НАН Беларуси

Поступила в редакцию
18.05.99