

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**УДК 541:661.183**

**Г.В. Кохно, Г.П. Хохлова**

### **СОРБЦИЯ ФЕНОЛА АКТИВНЫМИ УГЛЯМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ ИЗ КОМПОЗИЦИЙ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И ПРОДУКТОВ УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ**

Ранее было показано, что из композиций отходов лесообрабатывающей промышленности (опилок) и продуктов углепереработки (смол) могут быть получены углеродные сорбенты – активные угли (АУ) – с хорошими сорбционными характеристиками и повышенным выходом целевого продукта. В частности, полученные сорбенты характеризуются развитой удельной поверхностью и высокой сорбционной активностью по отношению

Сорбцию фенола проводили из модельного водного раствора с концентрацией фенола 20 мг/л в условиях термостатирования при 25°C в статическом режиме при перемешивании. Навеска сорбента составляла примерно 0,35 г, количество модельного раствора - 100 мл. Контроль концентрации фенола в растворе осуществляли фотоколориметрическим методом с использованием в качестве индикатора п-нитроанилина при  $\lambda = 490$  нм в

Таблица 1. Характеристика образцов АУ [1]

№ образца	Исходный материал	Обгар, %	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Сорбция, %	
				бензола	йода
1	Опилки сосны	23	960	28	93
2	Опилки сосны + тяжелая смола полукоксования	54	570	67	74
3	- « -	35	300	34	44
4	- « -	21	260	21	30
5	Опилки сосны + легкая смола полукоксования	27	490	25	45
6	Опилки сосны + коксохимическая смола	47	700	42	54
7	Опилки сосны + отходы КМК	35	310	45	46
8	БАУ-А	-	730	33	47
9	АГ-3	-	830	31	56

к йоду и парам бензола [1-4].

Обесфеноливание сточных вод является практической задачей многих производств, и адсорбция как метод широко используется для этой цели. В связи с этим имеется большое количество работ [5-7], авторы которых исследуют характеристики сорбционных материалов с помощью адсорбции ими фенола из водных растворов. Данная работа является продолжением исследований [1-4] и посвящена изучению скорости сорбции фенола полученными АУ.

Для исследования взяты АУ, полученные ранее [1] на основе бинарных композиций в соотношении 1:1 по массе опилок сосны и смолообразных продуктов углепереработки, характеристики которых представлены в табл. 1. Для сравнения исследованы также образцы промышленных активных углей, известных высокой активностью и широко применяемых для очистки воды и воздуха: БАУ-А (на древесной основе) и АГ-3 (на каменноугольной основе).

кузовете с толщиной слоя 3 см [8].

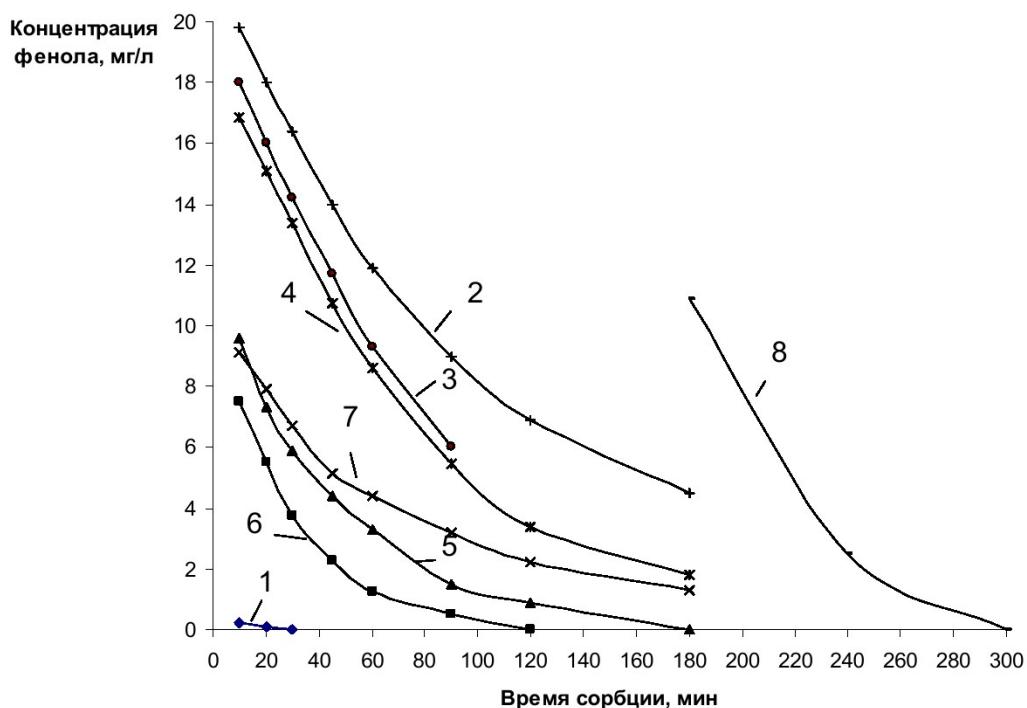
Изменение концентрации фенола в зависимости от времени контакта с адсорбентом представлено на рисунке. Полученные результаты показывают, что наибольшей скоростью сорбции фенола обладают АУ на основе опилок (1), наименьшей – на основе опилок с тяжелой смолой полукоксования (2-4). АУ на основе опилок (1) за 10 мин извлекает фенол на 98,8%. АУ на основе опилок сосны с коксохимической смолой (6), опилок сосны с легкой смолой полукоксования (5) и опилок сосны с отходами КМК (7) за 10 мин понижают концентрацию фенола в 2 и более раз (рис., табл. 2). Практически полное извлечение фенола из раствора достигается в случае АУ на основе опилок за 30 мин, для других АУ на это необходимо 2 и более часов.

Наиболее высокая скорость сорбции фенола АУ на основе опилок (1) согласуется с наиболее высокой удельной поверхностью этого сорбента (табл. 1). Однако определяющим является природа

образца, в связи с чем АУ с более высокой удельной поверхностью могут обладать более низкой скоростью сорбции фенола (табл. 1, рис.).

Более того, известно, что для углеродных материалов одной природы с увеличением (в допустимых пределах) степени активации (обгара) возрастает удельная поверхность углеродного материала и его сорбционная активность. В соответствие с этим АУ на основе композиций с тяжелой смолой полукоксования (2-4) с увеличением обгара показывают увеличение удельной поверхности и сорбционной емкости по бензолу и йоду (табл.

Сорбция фенола промышленными АУ в аналогичных условиях характеризуется гораздо более низкой скоростью даже по сравнению с самыми низкоэффективными образцами 2-4 (табл. 2). При использовании БАУ-А и АГ-3 концентрация фенола в растворе за 10 мин практически не изменяется (табл. 2), хотя удельная поверхность и сорбционная емкость этих сорбентов по бензолу и йоду не уступают исследуемым АУ (табл. 1). Заметная сорбция фенола в случае этих АУ происходит при гораздо более длительном времени контакта. Так концентрация фенола в растворе снижается до



*Кинетические кривые сорбции фенола.  
Обозначения кривых соответствуют номерам образцов АУ в табл. 1.*

1). Однако кинетические параметры меняются в противоположном направлении - скорость сорбции фенола этими образцами понижается с увеличением обгара (рис., табл. 2). Поскольку процесс сорбции проводился в идентичных условиях, этот факт требует дополнительных исследований.

17,6 мг/л для АГ-3 и 10,9 мг/л для БАУ-А по истечении 3 ч сорбции (рис.).

Различие в скорости сорбции фенола испытуемыми и промышленными активными углями возможно вызвано разным размером частиц адсорбентов – промышленные угли являются грану-

Таблица 2. Результаты сорбции фенола в течение 10 мин

№ образца*	Сорбция фенола, мг/г	Степень извлечения фенола, %	Остаточная концентрация фенола, мг/л
1	4,16	98,8	0,2
2	0,49	5,4	18,9
3	0,65	9,5	18,1
4	0,91	15,5	16,9
5	2,37	52,5	9,5
6	2,90	62,5	7,5
7	2,92	54,5	9,1
8	0	0	20,0
9	0	0	20,0

\* Соответствует № образца в табл. 1.

лированными, а испытуемые – порошкообразными.

Адсорбция - процесс гетерогенный, и потому скорость его сильно зависит от величины поверхности адсорбента.

При изучении сорбции фенола на двух углеродных адсорбентах на основе бурого угля, имеющих близкую удельную поверхность и сорбционную активность по йоду, но разный гранулометрический состав, скорость сорбции фенола из раствора той же концентрации, что и в нашем случае, в течение первых 5 мин составляла 0,45 для более мелкого (0,1-1,0 мм) и 0,14 мг/(г.мин) для более крупного (1,0-3,6 мм) активного угля [5].

Скорость в случае порошкообразного угля близка к полученной нами для АУ на основе опилок (образец 1) (табл. 2).

Однако через 30-60 мин скорости сорбции фенола этими адсорбентами почти сравнялись – около 0,1 мг/(г.мин). В нашем же случае в течение 2 ч заметной сорбции промышленными активными углеми не наблюдалось.

Разница в размере частиц адсорбента может объяснить различия в сорбции исследуемых углей и промышленных АУ, но не в случае образцов 2-4, имеющих одинаковый гранулометрический состав. Сорбция йода (ГОСТ 6217-74) определяется в течение 30 мин, и также из водного раствора, а тенденция противоположная. Т.е. сорбция фенола имеет характерные особенности по сравнению с сорбцией йода.

Таким образом, все исследуемые АУ характеризуются высокой скоростью сорбции фенола, значительно превышающей таковую для промышленных БАУ-А и АГ-3.

Регенерация исследуемых адсорбентов, вероятно, нецелесообразна, однако их применение может быть весьма эффективным, поскольку для их получения используется дешевое и доступное сырье.

Отработанные АУ могут быть рекомендованы для сжигания в энергетических установках в качестве облагороженного топлива без какого-либо риска нанесения дополнительного экологического ущерба, как это предлагается в [5].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлова Г.П., Шишиянникова Н.Ю., Патраков Ю.Ф. Возможности получения углеродных сорбентов на основе композиций древесных отходов и смолообразных продуктов углепереработки. // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. 13. № 1. С. 103-110.
2. Хохлова Г.П. Влияние молибдата аммония на получение и свойства углеродных сорбентов на основе древесных отходов и их композиции со смолой полуококсования. // Вестн. КузГТУ. 2007. № 3. С. 66-69.
3. Ефимова О.С. Газохроматографическое исследование поверхности новых пористых углеродных материалов. // Труды обл. науч.-пр. конф. Молодых ученых Кузбасса «Исследовательская и инновационная деятельность учащейся молодежи: проблемы, поиски, решения». Кемерово. 26-27 октября 2006 г. // ИУУ СО РАН. Кемерово. 2006. Т. 2. С.60-63.
4. Ефимова О.С., Хицова Л.М., Хохлова Г.П. Газохроматографическое исследование поверхности пористых углеродных материалов. // Труды III Междунар. конф. студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, 16-19 мая 2006 г. Изд-во ТПУ, Томск, 2006. С.
5. Еремина А.О., Головина В.В., Угай М.Ю., Степанов С.Г., Морозов А.Б. Адсорбция фенола и нефтепродуктов на сорбционных материалах из бурого угля. // XTT. 2004. № 4. С. 32-39.
6. Симонова В.В., Шендрек Т.Г. Адсорбция фенола из водных растворов модифицированными солеными углеми. // XTT. 2002. № 5. С. 52-64.
7. Ru-Ling Tseng,Feng-Ching Wu, Ruey-Shin Juang. Liquid-phase adsorption of dyes and phenols using pinewood-based activated carbons. // Carbon. 2003. V.41. С. 487-495.
8. Унифицированные методы анализа вод. / Под ред. Ю.Ю.Лурье. -М.:Химия. 1973. 376 с.

□ Авторы статьи:

Кохно  
Галина Васильевна  
- канд. хим.наук, доц.каф.  
химии и технологии неорганических веществ.

Хохлова  
Галина Павловна  
- канд.хим.наук, с.н.с. лаб.  
химии и химической технологии  
угля ИУУ СО РАН