

УДК 544-72

ББК 24.58

Активность природных адсорбентов: сравнительная характеристика поглощения полярных органических примесей

Титова Светлана Олеговна,

магистрант «Ульяновского государственного педагогического университета им. И. Н. Ульянова», естественно-географический факультет, специальность: химическое образование.

Научный руководитель: кандидат химических наук, доцент кафедры биологии и химии УлГПУ Пестова Н.Ю.

г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Исследование, результаты которого представлены в данной работе, посвящено изучению поглотительных свойств существующих на сегодняшний день, наиболее распространенных природных адсорбентов: активированного угля, керамзита и кварцевого песка. Отличие и преимущество минеральных природных адсорбентов заключается в невысокой стоимости и доступности, наличии достаточных сырьевых ресурсов и нетоксичности. Выбранные адсорбенты применялись для удаления из воды О-содержащих полярных органических примесей. В результате были выявлены наиболее эффективные из них и дана сравнительная характеристика сорбционных процессов по физико-химическим параметрам, константам активности по отношению к природе примесного адсорбтива.

Ключевые слова: поглощение, адсорбция, органические примеси, кварцевый песок, активированный уголь, керамзит.

Удешевление очистки питьевой, технической и сточных вод является весьма распространенным процессом, в этой связи весьма перспективным

представляется применение природных сорбентов, месторождения которых имеются на территории РФ.

Сегодня при использовании природных сорбентов для удаления из воды органических примесей, как правило, господствует эмпирический подход, что затрудняет проведение технологических процессов в оптимальных условиях.

Сорбенты (от лат. *sorbens* — поглощающий) — твердые тела или жидкости, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды газы, пары или растворённые вещества. В зависимости от характера сорбции различают **абсорбенты** — тела, образующие с поглощённым веществом твёрдый или жидкий раствор, **адсорбенты** — тела, поглощающие (сгущающие) вещество на своей (обычно сильно развитой) поверхности, и **химические поглотители**, которые связывают поглощаемое вещество, вступая с ним в химическое взаимодействие [4].

Основной **целью** исследований было выявить наиболее оптимальный вид адсорбента и доказать это экспериментально на основе расчета сорбционно-поверхностных констант процессов поглощения. В качестве объектов исследования были выбраны следующие природные материалы:

– **Активированный уголь** представляет собой пористое вещество, получаемый из различных углеродосодержащих материалов органического происхождения: древесного угля, каменноугольного кокса, нефтяного кокса, скорлупы кокосовых орехов и других материалов. Содержит огромное количество пор и поэтому имеет очень большую удельную поверхность на единицу массы, вследствие чего обладает высокой адсорбционной способностью.

– **Керамзит** представляет собой гранулированный пористый материал, получаемый обжигом глинистого сырья в специальных печах. Зерна дробленого керамзита имеют более развитую поверхность и соответственно лучшие технологические свойства по сравнению окатанными зернами недробленого керамзита.

– **Кварцевый песок** представляет собой материал, получаемый добычей и классификацией природного окатанного песка, либо дроблением и рассевом горной породы, содержащей кремний. Сорбционная способность кварцевого песка позволяет удалять из воды окисленные железо и марганец. Обладает высокой стойкостью к механическим, химическим, атмосферным, водным воздействиям.

Основными областями применения адсорбентов являются: водоочистка, катализ, наполнение полимеров и противогазов, медицина, нефтехимия для очистки нефтепродуктов и газов и т.д. [2]. В связи с вышеизложенным к адсорбентам применяются достаточно жесткие требования, такие как: наличие большой удельной поверхности, большой объем пор, способность к регенерации, доступность и дешевизна, химическая природа поверхности - химическая и термическая стойкость [3]. Поглощение не всегда имеет одинаковый характер. Так, поглощаемое вещество может диффундировать внутрь поглотителя, как бы растворяясь в нем, или же поглощение может происходить исключительно на поверхности поглотителя. В сравнительно широких пределах концентрации зависимость адсорбции от концентрации адсорбируемого вещества выражается довольно простым эмпирическим уравнением Фрейндлиха:

$$x/m = a \cdot C_p^n,$$

где x — количество растворенного вещества, адсорбированного массой m поглотителя и находящегося в равновесии с раствором концентрации C_p ;

a и n — константы, характерные для данного процесса адсорбции в определенных пределах, причем n — это доля активных мест на поверхности адсорбента.

Если на оси ординат отложить соответствующие значения x/m , а на оси абсцисс - C_p , то получится кривая которая сначала идет почти прямолинейно, так как для очень слабых концентраций величина x/m прямо

пропорциональна C_p , т.е. здесь $n=1$. При высоких концентрациях достигается предельное значение x/m , т. е. полное насыщение. Это наблюдается, когда вся адсорбирующая поверхность покрыта адсорбируемым веществом; в этом случае $n=0$. Между этими двумя предельными случаями имеется постепенный переход в области промежуточных концентраций, для которых величина n остается приблизительно постоянной. Если прологарифмировать уравнение Фрейндлиха, то оно примет вид:

$$\lg x / m = \lg a + n \cdot \lg C$$

Полученное уравнение есть уравнение прямой линии. По оси ординат откладывают величины $\lg x/m$, а по оси абсцисс – $\lg C_p$. Именно по данной графической зависимости можно рассчитать константы a и n для каждого отдельно взятого исследуемого адсорбента, определив tg угла наклона прямой (const. n) и логарифм a (const. a). Причем, следует отметить, что **чем больше** константы n и обратная величина a , **тем эффективнее** процесс поглощения [1].

Поглотительная способность выбранных объектов изучалась на примере адсорбции уксусной кислоты с точно заданной концентрацией CH_3COOH , в количествах, указанных в таблице 1.

Таблица 1

Приготовление исходных проб уксусной кислоты

№ пробы	1	2	3	4	5	6
Концентрация, моль/л	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4
Объем 2М CH_3COOH , мл	0,6	1,25	2,5	5	10	20
Объем получ. раствора, мл	100	100	100	100	100	100

Таким образом, во всех пробах содержится по 100 мл раствора с различной точно установленной концентрацией CH_3COOH . В каждую пробу вносят по 1 г адсорбента. Затем тщательно перемешивают все колбы в течение 10 мин. После проведения адсорбции определялась оставшаяся равновесная

концентрация C_p уксусной кислоты методом кислотно-основного титрования.

Экспериментальные данные определения равновесных концентраций после проведения адсорбционных процессов и численные значения констант адсорбции представлены в таблице 2. Из данной таблицы по значениям рассчитанных констант видно, что, действительно, все выбранные нами адсорбенты имеют достаточную поверхностную активность по отношению к поглощению уксусной кислоты. Однако при сравнительной характеристике наблюдается явное лидерство адсорбента – активированного угля.

Таблица 2

Экспериментальные данные адсорбции уксусной кислоты на поверхности адсорбентов

Адсорбент	№ пробы	$C_{исх.}$ моль/л	C_p , моль/л	x/m	$lg C_p$	lg x/m	const . n	const . a
Активированный уголь	1	0,012	0,011	0,001	-1,96	-3,00	0,57	5,25
	2	0,025	0,023	0,002	-1,64	-2,69		
	3	0,05	0,043	0,007	-1,37	-2,15		
	4	0,1	0,092	0,008	-1,04	-2,10		
	5	0,2	0,179	0,021	-0,75	-1,68		
	6	0,4	0,343	0,057	-0,46	-1,24		
Керамзит	1	0,012	0,011	0,001	-1,96	-3,00	0,43	15,1
	2	0,025	0,023	0,002	-1,64	-2,69		
	3	0,05	0,046	0,004	-1,34	-2,40		
	4	0,1	0,086	0,014	-1,07	-1,85		
	5	0,2	0,176	0,024	-0,75	-1,62		
	6	0,4	0,373	0,027	-0,43	-1,57		
Кварцевый	1	0,012	0,011	0,001	-1,96	-3,00	0,50	10,0
	2	0,025	0,022	0,003	-1,65	-2,52		
	3	0,05	0,045	0,005	-1,35	-2,30		

песок	4	0,1	0,089	0,011	-1,05	-1,96		
	5	0,2	0,170	0,030	-0,77	-1,50		
	6	0,4	0,379	0,021	-0,42	-1,68		

Графические зависимости изотермы адсорбции от природы адсорбента представлены на рис.1. На них также отмечается повышенная адсорбционная активность активированного угля по сравнению с керамзитом и кварцевым песком.

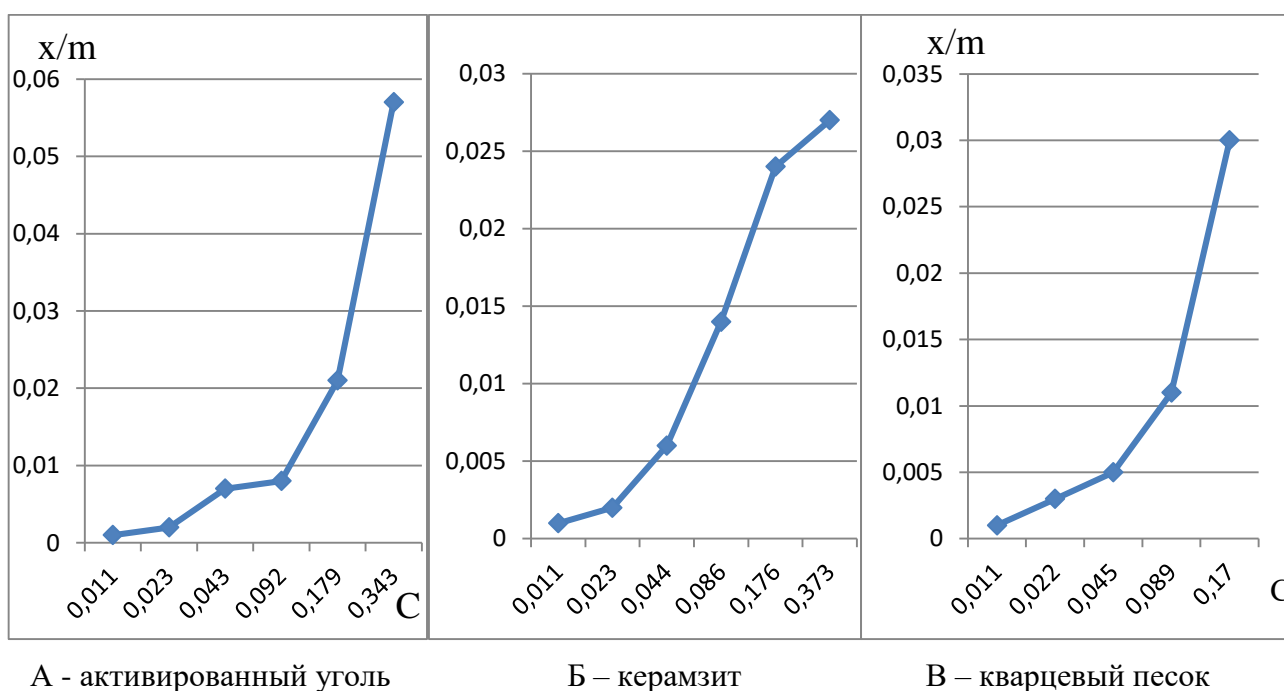


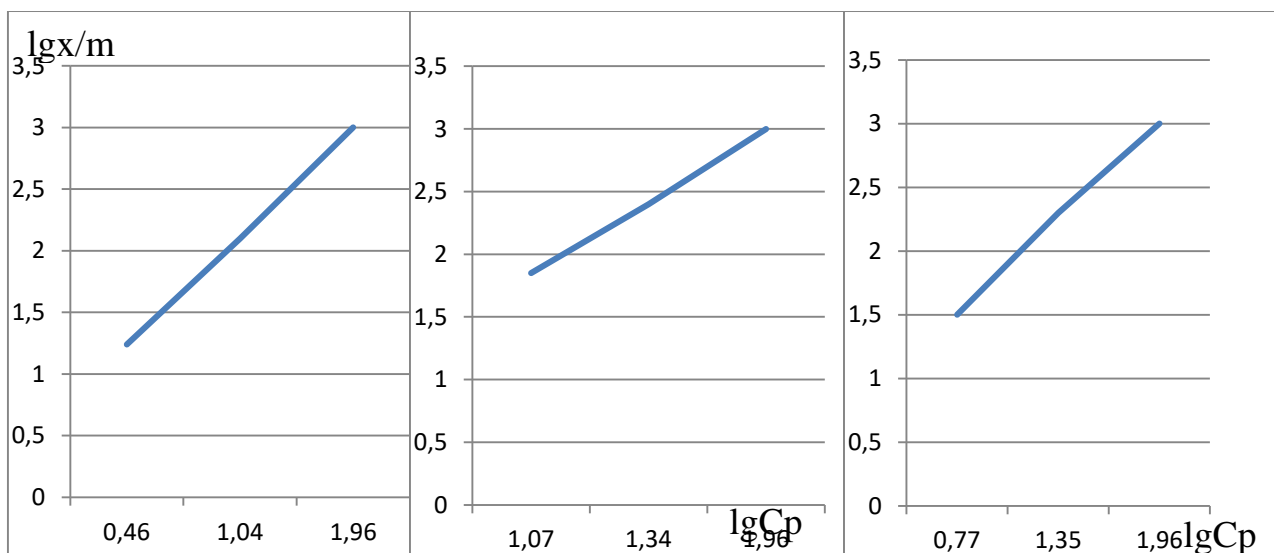
Рисунок 1. Зависимость поглощения CH_3COOH от природы адсорбента

На рис. 1 видно, что при увеличении концентрации уксусной кислоты увеличивается степень адсорбции данного поглотителя. Если прологарифмировать данные значения, мы получаем график прямой Фрейндлиха, который также подтверждает предыдущее (рис. 2.).

Для каждого отдельно взятого природного материалы в соответствии с данными табл. 2 и рис. 2 были рассчитаны соответствующие физико-химические адсорбционные характеристики, по которым в дальнейшем проведено сравнение выбранных адсорбентов. Эти характеристики составили:

- Для активированного угля: $\lg a=0,72$; $a= 10^{0,72}$; $a=5,25$; $n=\text{tg } \alpha=4/7=0,57$.

- Для керамзита: $\lg a=1,18$; $a= 10^{1,18}$; $a=15,1$; $n=\operatorname{tg} \alpha=3/7=0,43$.
- Для кварцевого песка: $\lg a=1,0$; $a= 10^1$; $a=10$; $n=\operatorname{tg} \alpha=3/6=0,5$.



А - активированный уголь

Б – керамзит

В – кварцевый песок

Рисунок 2. Логарифмическая зависимость поглощения CH_3COOH от природы адсорбента

Основываясь на данных, полученных экспериментальным путём можно сделать следующие **выводы** о проделанной работе:

1. При построении графиков было выявлено, что поглощающая способность исследуемых природных адсорбентов имеет слабовыраженные расхождения в значениях.

2. Исходя из этого, можно утверждать, что все три природных адсорбента одинаково применимы в той или иной сфере, напрямую связанной с их свойствами.

3. Основываясь на полученные результаты, проведенной работы при определенных условиях (лабораторных) адсорбентом, обладающим

максимальной степенью поглощения, является активированный уголь, в виду наибольшей впитывающей поверхности (пористости).

В ходе исследований была определена зависимость эффективного поглощения полярных органических примесей от природы поглощающего материала. Выявлено, что активированный уголь вследствие своей неполярной природы, атомной решётки и большой пористости проявляет наилучшую поверхностную адсорбционную активность по отношению к поглощению уксусной кислоты. В то время как, близкие по природе керамзит и кварцевый песок, структура которых обусловлена наличием ковалентных связей и молекулярной решетки, имеют уменьшенную адсорбционную активность.

Список литературы

1. Пестова Н.Ю. Лабораторные работы по физической и коллоидной химии: учебно-методические рекомендации. - Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н.Ульянова», 2017. - 22 с.
2. Мдивнишвили О.М. Кристаллохимические основы регулирования свойств природных сорбентов. - Тбилиси: Мицниереба, 1983. - 266 с.
3. Руссу В.И., Окопная Н.Т., Стратулай Г.В., Ропот В.М. Исследование адсорбционных процессов и адсорбентов. - Ташкент: Фан, 1979. - 257 с.
4. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. - М.: Мир, 1984. 89 с.