

Кинетические закономерности сорбции анилинов на активированном углеродном волокне

Г. Ф. Фазылова, Э. Р. Валинурова, Ф. Х. Кудашева

Изучена адсорбция производных анилина из водных растворов на активированном углеродном волокне, марки УВИС-АК и активных углях марок БАУ-А, СПДК-27МД. Построены изотермы адсорбции, рассчитаны емкости монослоя, константы сорбционного равновесия, степени извлечения сорбатов. Установлено, что процесс адсорбции нитроанилинов активированным углеродным волокном описывается кинетическим уравнением псевдвторого порядка, а лимитирующей стадией является внутренняя диффузия в порах адсорбента.

Ключевые слова: активированное углеродное волокно, анилин, изотерма адсорбции, кинетические закономерности сорбции.

Введение

В особую группу высокотоксичных органических соединений выделяют анилины. Их широкая распространённость связана с хорошей растворимостью в воде и активным промышленным использованием. Нитроанилины находят широкое применение в качестве сырья для получения компонентов лакокрасочных и полимерных материалов, анилиновых красителей, лекарственных препаратов [1, 2]. Хлоранилины образуются в естественных условиях при гидролитической и биохимической деструкции пестицидов и антисептиков. Высокая токсичность анилинов обусловлена специфическим воздействием на центральную нервную систему, и способностью вызывать образование метгемоглобина в крови. Значительная токсичность анилинов и низкие значения предельно допустимых концентраций (ПДК) (0,01– 0,2 мг/дм³) требуют совершенствования методов очистки воды.

Среди физико-химических методов очистки сточных вод, загрязненных органическими веществами, эффективным методом является адсорбция. Для адсорбционного извлечения органических веществ применяют активные угли [3 – 7], угольно-минеральные композиты [8, 9], природные материалы [9, 10], различные отходы [11 – 17].

Экспериментальная часть

В работе в качестве адсорбента использовали активированное углеродное гидратцеллюлозное волокно (АУВ) марки УВИС-АК и для сравнения были взяты промышленные угли: зеренный березовый активированный уголь — БАУ-А (с размером зерен $d = 0,25 - 0,5$ мм), порошкообразный древесный уголь СПДК-27МД. Характеристика адсорбентов приведена в табл. 1.

Сорбционные исследования проводили в статических условиях при $pH = 6 - 7$. В водные растворы

Таблица 1

Основные характеристики адсорбентов

Адсорбент	Средний диаметр пор по Стекли, Å	Удельная поверхность, м ² /г	Предельная сорбционная емкость по парам, см ³ /г			
			воды	бензола	гептана	этанола
АУВ	3,6	1288	0	0,59	0,62	0,48
СПДК-27МД	2,7	747	0,25	0,34	0,46	0,39
БАУ-А	11,5	740 – 840	0,27	0,33	0,34	0,32

производных анилина с концентрациями 0,02 – 0,8 мг/мл помещали адсорбенты массой 0,0200 г, перемешивали, выдерживали до установления равновесия при температуре 22 ± 2 °С.

Величину адсорбции a (мг/г), степень извлечения анилинов R (%) рассчитывали по формулам:

$$a = \frac{C_0 - C_p}{q} \cdot V,$$

$$R = \frac{C_0 - C_p}{C_0} \cdot 100\%,$$

где C_0 , C_p — исходная и равновесная концентрация анилинов, соответственно, мг/мл; q — масса навески адсорбента, г; V — объем анализируемого раствора, мл.

Адсорбционные характеристики адсорбентов определяли с помощью уравнения мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра [6 – 8]:

$$a = a_m \frac{KC_p}{1 + KC_p},$$

где a_m — емкость монослоя, мг/г, K — константа сорбционного равновесия.

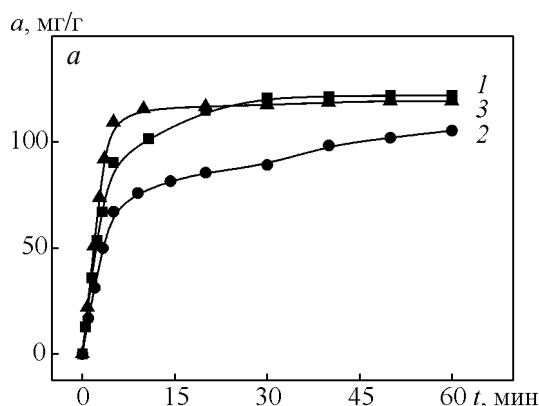
Для определения a_m и K , изотермы Лэнгмюра спрямляли в координатах уравнения:

$$\frac{C_p}{a} = \frac{C_p}{a_m} + \frac{1}{a_m K}.$$

Для расчета констант скоростей адсорбции анилинов использовали уравнения кинетических моделей псевдопервого и псевдвторого порядка:

$$\ln(a_{\text{равн}} - a) = \ln a_{\text{равн}} - k_1 t, \quad (1)$$

$$\frac{t}{a} = \frac{1}{k_2 a_{\text{равн}}^2} + \frac{t}{a_{\text{равн}}}, \quad (2)$$



где $a_{\text{равн}}$ — равновесная адсорбция, мг/г, t — время адсорбции, мин; k_1 — константа скорости адсорбции для модели псевдопервого порядка; k_2 — константа скорости адсорбции для модели псевдвторого порядка.

Исходные и равновесные концентрации анилинов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Анализ выполняли на жидкостном хроматографе Hewlett Packard (США) с диодно-матричным детектором HP 1090. Разделение компонентов проводили на колонке Hypersil ODS ($200 \times 2,1$ мм; размер частиц сорбента 5 мкм). Температура термостатирования колонки составляла 40 °С; объем вводимой пробы — 2 мкл. В качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрила и воды (60:40 об. %), расход элюента — 0,3 мл/мин. Хроматограммы регистрировали при длине волны 230 – 254 нм. Концентрации анилинов определяли методом абсолютной градуировки.

Обсуждение результатов

Известно [3], что адсорбция органических соединений на углеродных адсорбентах состоит из трех стадий: 1 — стадия переноса сорбата из раствора к поверхности адсорбента (пленочная, внешнедиффузионная кинетика); 2 — стадия внутренней диффузии сорбата в порах адсорбента (гелевая, внутридиффузионная кинетика); 3 — стадия установления сорбционного равновесия.

Кинетические и диффузионные закономерности сорбции анилинов изучали на примере сорбции нитроанилинов из водных растворов с концентрацией 1 мг/мл при комнатной температуре. На рис. 1 приведены кинетические зависимости сорбции *м*-нитроанилина. Из рисунка видно, что сорбционное равновесие между растворами анилинов и АУВ уста-

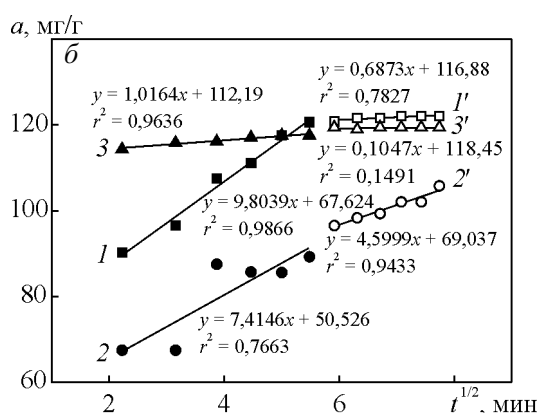


Рис. 1. Временные зависимости адсорбции *м*-нитроанилина на углеродных адсорбентах: 1, 1' — АУВ, 2, 2' — БАУ-А, 3, 3' — СПДК-27МД, в координатах: а — $a(t)$, б — $a(t^{1/2})$. r — коэффициент линейной корреляции.

навливается в 3–4 раза быстрее, чем на зерненном угле БАУ-А. Данный факт можно объяснить тем, что АУВ относится к микропористым сорбентам, с открытыми щелевидными микропорами, в то время как угли, в том числе БАУ-А, содержат микропоры, закрытые для сорбции, так как находятся внутри макропор [5].

Кинетические зависимости в координатах $a(t^{1/2})$ имеют два прямолинейных участка ($1-3$ и $1'-3'$), крутизна которых характеризует процесс диффузии в приграничной области адсорбента и внутри его пор. Первый прямолинейный участок ($1-3$) кинетических зависимостей имеет больший наклон, чем второй ($1'-3'$). Высокая скорость адсорбции на начальном этапе процесса (внешняя диффузия) обусловлена градиентом концентраций сорбата в растворе и приграничной области адсорбента, а также сорбцией в доступные поры адсорбентов. Затем молекулы сорбата постепенно проникают в мезо- и микропоры адсорбента, и устанавливается сорбционное равновесие. Следовательно лимитирующей стадией процесса сорбции нитроанилинов на углеродных адсорбентах является внутренняя диффузия. Угол наклона второго линейного участка характеризует константу скорости адсорбции внутри пор адсорбента (внутреннюю диффузию). Кроме того, линейный отрезок зависимости $a = K_{id} \sqrt{t} + b$ (K_{id} — константа скорости внутри пор адсорбента) не проходит через начало координат. Отсечение на оси абсцисс (b) характеризует толщину диффузионного слоя в приграничной области адсорбента, который зависит от параметров пористой структуры. Чем больше объем микропор адсорбента, тем больше толщина диффузионного слоя. Величина внешнего приграничного слоя увеличивается в ряду: БАУ-А < АУВ < СПДК-27МД.

Для анализа полученных кинетических кривых адсорбции нитроанилинов на углеродных сорбентах были применены две кинетические модели [9–15]: псевдопервого (модель Лагергрена) и псевдовторого порядка.

Из полученных данных (табл. 2) следует, что для всех углеродных адсорбентов значения равновесной адсорбции ($a_{\text{равн}}$), рассчитанные с помощью уравнения (1) заметно отличаются от экспериментально определенных величин, что не позволяет применить эту модель для описания кинетики сорбции анилинов. Значения равновесной адсорбции анилинов, рассчитанные по уравнению (2), близки к экспериментально определенным параметрам. При этом значения величин коэффициента линейной корреляции также достаточно высоки ($r = 0,999$). Следовательно, кинетическое уравнение псевдовторого порядка

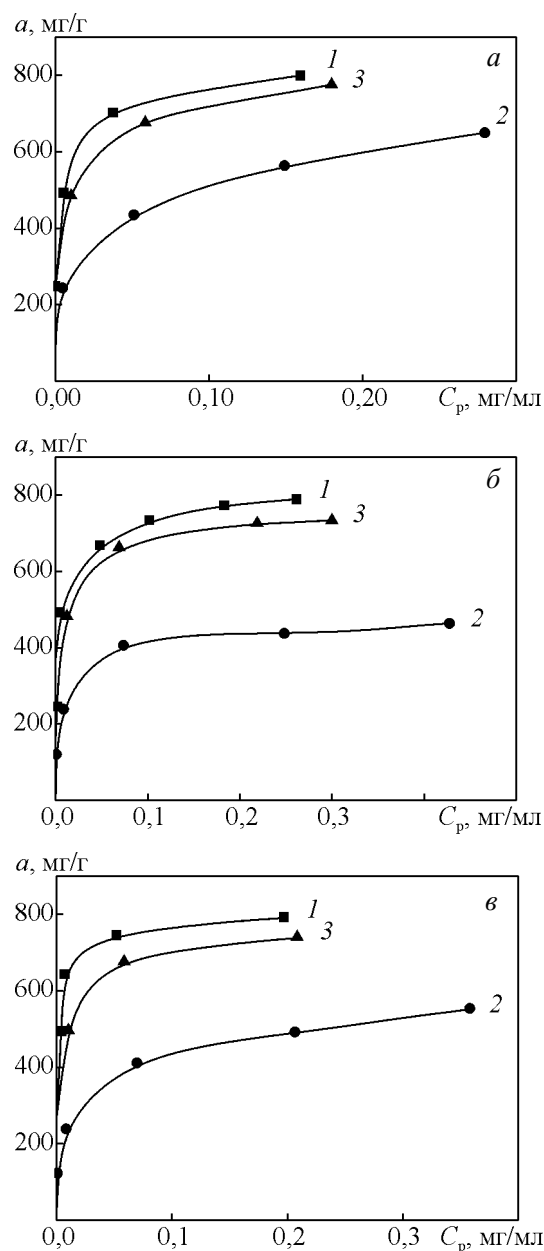


Рис. 2. Изотермы сорбции: а — *м*-нитроанилина, б — *п*-нитроанилина, в — *о*-нитроанилина на углеродных сорбентах: 1 — АУВ, 2 — БАУ-А, 3 — СПДК-27МД.

применимо для описания кинетики адсорбции анилинов из водных растворов на углеродных сорбентах.

Кинетические кривые, приведенные на рис. 1 свидетельствуют о высокой скорости адсорбции *м*-нитроанилина в первые 10 минут эксперимента. Последующие изменения величины адсорбции незначительны, а через 60 минут практически незаметны. Поэтому для построения изотерм адсорбции произ-

Таблица 2

Кинетические константы адсорбции нитроанилинов, определенных в рамках моделей псевдопервого и псевдоторгового порядка

Сорбент	Эксперимент	Модель кинетики					
		$\ln(a_{\text{равн}} - a) = \ln a_{\text{равн}} - k_1 t$			$\frac{t}{a} = \frac{1}{k_2 a_{\text{равн}}^2} + \frac{t}{a_{\text{равн}}}$		
	мг/г	$k_1, \text{ мин}^{-1}$	$a_{\text{равн}}, \text{ мг/г}$	r^2	$k_2 \cdot 10^{-3}, \text{ г/(мг} \cdot \text{мин)}$	$a_{\text{равн}}, \text{ мг/г}$	r^2
<i>n</i> -Нитроанилин							
АУВ	996	0,10	144	0,9949	1,7	1000	0,9999
СПДК-27МД	1001	0,061	12	0,9188	12,5	1000	0,9999
БАУ-А	960	0,068	71	0,9836	2,2	1000	0,9999
<i>o</i> -Нитроанилин							
АУВ	486	0,16	38	0,9994	14,1	500	0,9999
СПДК-27МД	491	0,39	—	—	103,7	476	0,9998
БАУ-А	478	0,033	17	0,7589	6,3	500	0,9999
<i>m</i> -Нитроанилин							
АУВ	122	0,12	77	0,9477	3,4	128	0,9994
СПДК-27МД	119	0,043	6	0,9551	18,5	114	0,9999
БАУ-А	106	0,049	54	0,9493	1,7	120	0,9994

водных анилина на исследуемых адсорбентах было выбрано время контакта сорбент – сорбат 1 час.

На рис. 2 приведены изотермы адсорбции нитроанилинов на углеродных адсорбентах. Изотермы адсорбции нитроанилинов сильно изогнуты к оси

адсорбции, что свидетельствует о микропористости адсорбентов.

Изотермы сорбции идентичны и по классификации Брунауэра – Эммета – Тейлора (БЭТ) относятся к изотермам первого типа.

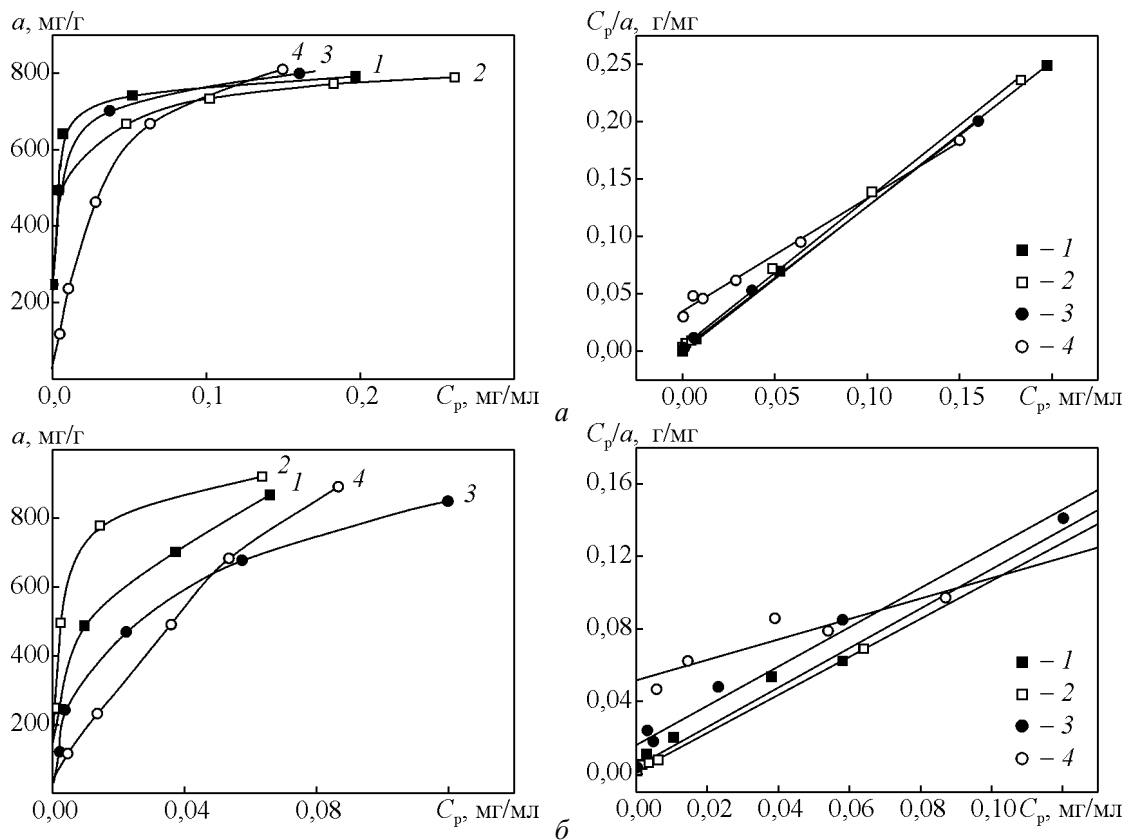


Рис. 3. Изотермы сорбции в координатах $a(C_p)$ и $C_p/a(C_p)$: а – нитроанилинов: 1 – *o*-нитроанилин, 2 – *n*-нитроанилин, 3 – *m*-нитроанилин, 4 – 2,4-динитроанилин; б – хлоранилинов: 1 – *o*-хлоранилин, 2 – *n*-хлоранилин, 3 – *m*-хлоранилин, 4 – 3,5-дихлоранилин на АУВ.

Таблица 3

Параметры сорбции нитроанилинов на углеродных адсорбентах									
Адсорбент	<i>o</i> -Нитроанилин			<i>m</i> -Нитроанилин			<i>p</i> -Нитроанилин		
	a_m , мг/г	r^2	K	a_m , мг/г	r^2	K	a_m , мг/г	r^2	K
АУВ	769	0,999	650	833	0,999	400	909	0,984	183
СПДК-27МД	769	0,999	433	769	0,998	260	714	0,999	280
БАУ-А	555	0,995	90	666	0,990	75	476	0,999	105

На рис. 3а, б приведены изотермы сорбции нитро- и хлоранилинов на активированном углеродном волокне и их спрямление в координатах уравнения Лэнгмюра. Рассчитанные параметры сорбции производных анилина из спрямленных изотерм представлены в табл. 3, 4.

Таблица 4

Параметры сорбции производных анилина на активированном углеродном волокне			
Сорбаты	a_m , мг/г	K	pK_a [3]
<i>n</i> -Хлоранилин	1000	333	3,97
<i>o</i> -Хлоранилин	909	183	2,64
<i>m</i> -Хлоранилин	909	55	3,50
<i>n</i> -Нитроанилин	909	183	2,50
<i>o</i> -Нитроанилин	769	650	-0,29
<i>m</i> -Нитроанилин	833	400	1,10
2,4-Динитроанилин	1000	25	-4,40
3,5-Дихлоранилин	1666	12	—
2,6-Диметиланилин	769	216	3,89

Сравнение констант сорбционного равновесия показывает, что нитроанилины эффективнее извлекаются из воды АУВ (табл. 3). Причем, полнота и скорость извлечения зависит от распределения электронной плотности в молекулах адсорбатов и их степени ионизации. Анилины проявляют свойства слабых органических оснований, переходя в кислых средах в ионы анилина. В интервале $pH = 6 - 7$ анилины в большей степени находятся в неионизированной форме, что обуславливает их большую сорбируемость на углеродных адсорбентах [3]. Адсорбция анилинов зависит от разности энергии взаимодействия молекул сорбатов с поверхностью адсорбента и энергии взаимодействия с молекулами воды. Чем больше присутствует в молекулах сорбатов, структурных фрагментов, образующих с молекулами растворителя водородные связи, тем ниже величина константы сорбционного равновесия (табл. 4).

Выводы

1. Адсорбция анилинов на активированных углеродных адсорбентах происходит за счет дисперсионных физических взаимодействий и зависит от пористой структуры адсорбентов, строения молекул сорбатов. Волокнистые и порошкообразные

активированные углеродные адсорбенты обладают лучшими сорбционными характеристиками по отношению к нитро- и хлор-производным анилина. Степень извлечения производных анилина углеродными адсорбентами составляет 99%.

2. Процесс адсорбции нитроанилинов активированным углеродным волокном описывается кинетическим уравнением псевдоторгового порядка. Лимитирующей стадией является гелевая кинетика-внутренняя диффузия сорбата.

Литература

1. Николаев Ю.Г., Якубсон А.М. Анилин. М.: Химия, 1984, 148 с.
2. Степанов Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей. М.: Химия, 1984, 592 с.
3. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Киев: Наук. думка, 1983, 240 с.
4. Клименко Н.А., Когановский А.М. Развитие исследований в области адсорбции и адсорбционной техники. Химия и технология воды, 1998, т. 20, № 1, с. 32 – 41.
5. Власенко Е.В., Годунов И.А., Лапин С.Н. и др. Сравнительный анализ структурных характеристик терморасширенных графитов и активных углей в очистке воды от органических веществ. Вестник Московского университета, Серия Химия, 2005, т. 46, № 4, с. 231 – 235.
6. Lorenc-Grabowska E., Gryglewicz G. Adsorption characteristics of Congo Red on coal-based mesoporous activated carbon. Dyes and Pigments, 2007, v. 74, no. 1, p. 34 – 40.
7. Фазылова Г.Ф., Валинурова Э.Р., Хатмуллина Р.М., Кудашева Ф.Х. Сорбционные параметры производных фенолов на различных углеродных материалах. Сорбционные и хроматографические процессы, 2013, т. 13, № 5, с. 55 – 60.
8. Руденко В.М., Тарасевич Ю.И., Иванова З.Г. Кинетика и динамика адсорбции анионных красителей на угольно-минеральном сорбенте. Химия и технология воды, 1993, т. 15, № 11 – 12, с. 715 – 718.
9. Тарасевич Ю.И. Физико-химические основы и технологии применения природных и модифицированных сорбентов в процессах очистки воды. Химия и технология воды, 1998, т. 20, № 1, с. 42 – 51.
10. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды от растворенных органических веществ. Киев: Наук. думка, 1981, 208 с.

11. Солодовник Т.В., Унрод В.И. Сорбция растворимых красителей на хитинсодержащих материалах. Химия и технология воды, 2003, Т. 25, № 4, с. 342 – 349.
12. Janos P., Buchtova H., Ryznarova M. Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash. Water Res., 2003, v. 37, no. 20, p. 4938 – 4944.
13. Сагайдак Е.В., Солдаткина Л.М., Больбот И.В., Менчук В.В. Способ очистки воды от катионных красителей. Патент №31913 Украина, МПК C02F 1/28. Оpubл. 25.04.2008, Бюл. № 8.
14. Gupta V.K., Ali I., Mohan S., Mohan D. Equilibrium uptake and sorption dynamics for the removal of basic dye using low cost adsorbents. J. Colloid and Interface Sci, 2003, v. 26, no. 5, p. 257 – 265.
15. Никифоров А.Ф., Локай О.В., Верхановский В.Г., Пушкарев В.В. Кинетика сорбции синтетических красителей гидролизным лигнином. Химия и технология воды, 1984, Т. 6, № 4, с. 304 – 307.
16. Валинурова Э.Р., Фазылова Г.Ф., Хатмуллина Р.М., Кудашева Ф.Х., Рафикова З.Т., Габдуллина У.Т. Сорбция анилинов из воды углеродными материалами. Вестник Башкирского университета, 2010, т. 15, № 3, с. 604 – 606.
17. Валинурова Э.Р., Фазылова Г.Ф., Кудашева Ф.Х. Исследование поверхности модифицированных углеродных волокон методом инверсионной газовой хроматографии. Вестник Башкирского университета, 2014, т. 19, № 2, с. 443 – 448.
8. Rudenko V.M., Tarasevich Ju.I., Ivanova Z.G. Kinetika i dinamika adsorbicii anionnyh krasitelej na ugol'no-mineral'nom sorbente [Kinetics and dynamics of adsorption of anionic dyes on carbon-mineral sorbents]. *Ximija i tehnologija vody – Chemistry and technology of water*, 1993, vol. 15, no 11 – 12, pp.715 – 718.
9. Tarasevich Ju.I. Fiziko-himicheskie osnovy i tehnologii primenenija prirodnyh i modifitsirovannyh sorbentov v processah ochistki vody [Physico-chemical principles and application technology of natural and modified sorbents in water treatment processes]. *Ximija i tehnologija vody – Chemistry and technology of water*, 1998, vol. 20, no. 1, pp. 42 – 51.
10. Tarasevich Ju.I. *Prirodnye sorbenty v processah ochistki vody ot rastvorenyh organicheskikh veshhestv* [Natural sorbents in water treatment processes of dissolved organic matter]. Kiev, Naukova dumka, 1981, 208 p.
11. Solodovnik T.V., Unrod V.I. Sorbcija rastvorimyh krasitelej na hitinsoderzhashhih materialah [Sorption of soluble dyes on chitin-containing materials]. *Ximija i tehnologija vody – Chemistry and technology of water*, 2003, vol. 25, no. 4, pp. 342 – 349.
12. Janos P., Buchtova H., Ryznarova M. Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash. Water Res., 2003, vol. 37, no. 20, pp. 4938 – 4944.
13. Sagajdak E.V., Soldatkina L.M., Bol'bot I.V., Menchuk V.V. *Sposob ochistki vody ot kationnyh krasitelej* [Method of water purification from cationic dyes]. Patent no. 31913 Украина, МПК S02F 1/28. Publ. 25.04.2008, Bull. no. 8.
14. Gupta V.K., Ali I., Mohan S., Mohan D. Equilibrium uptake and sorption dynamics for the removal of basic dye using low cost adsorbents. J. Colloid and Interface Sci, 2003, vol. 260, no. 5, pp. 257 – 265.
15. Nikiforov A.F., Lokaj O.V., Verhanovskij V.G., Pushkarev V.V. Kinetika sorbcii sinteticheskikh krasitelej gidroliznym ligninom [Sorption kinetics of synthetic dyes hydrolytic lignin]. *Ximija i tehnologija vody – Chemistry and technology of water*, 1984, vol. 6, no 4, pp. 304 – 307.
16. Valinurova Je.R., Fazylova G.F., Hatmullina R.M., Kudasheva F.H., Rafikova Z.T., Gabdullina U.T. Sorbcija anilinov iz vody uglerodnymi materialami [Sorption of water anilines carbon materials]. *Vestnik Bashkirskogo universiteta – Bulletin of the Bashkir University*, 2010, vol. 15, no 3, pp. 604 – 606.
17. Valinurova Je.R., Fazylova G.F., Kudasheva F.H. Issledovanie poverhnosti modifitsirovannyh uglerodnyh volokon metodom inversionnoy gazovoj hromatografii [Study of the surface modified carbon fibers by stripping gas chromatography]. *Vestnik Bashkirskogo universiteta – Bulletin of the Bashkir University*, 2014, vol. 19, no. 2, pp. 443 – 448.

References

1. Nikolaev Ju.G., Jakubson A.M. *Anilin* [Aniline]. Moscow, Khimiya Publ., 1984, 148 p.
2. Stepanov B.I. *Vvedenie v himiju i tehnologiju organicheskikh krasitelej* [Introduction to chemistry and technology of organic dyes.]. Moscow, Khimiya Publ., 1984, 592 p.
3. Koganovskij A.M. *Adsorbicija i ionnyj obmen v processah vodopodgotovki i ochistki stochnyh vod* [Adsorption and ion exchange processes under water and wastewater treatment]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1983, 240 p.
4. Klimenko N.A., Koganovskij A.M. *Razvitie issledovanij v oblasti adsorbicii i adsorbicijnoy tehniki* [Research in the area of adsorption and adsorption techniques]. *Himija i tehnologija vody – Chemistry and technology of water*, 1998, vol. 20, no. 1, pp. 32 – 41.
5. Vlasenko E.V., Godunov I.A., Lapin S.N. i dr. Sravnitel'nyj analiz strukturnyh harakteristik termorasshirenyh grafitov i aktivnyh uglej v ochistke vody ot organicheskikh veshhestv [Comparative analysis of the structural characteristics of expanded graphite and active carbon in water purification from organic substances]. *Vestnik Moskovskogo universiteta, Serija Himija – Bulletin of Moscow University, Series Chemistry*, 2005, vol. 46, no. 4, pp. 231 – 235.
6. Lorenc-Grabovska E., Gryglewicz G. Adsorption characteristics of Congo Red on coal-based mesoporous activated carbon. *Dyes and Pigments*, 2007, vol. 74, no. 1, pp. 34 – 40.
7. Fazylova G.F., Valinurova Je.R., Hatmullina R.M., Kudasheva F.H. Sorbcionnye parametry proizvodnyh

Статья поступила в редакцию 5.09.2014 г.

Фазылова Гульназ Фларитовна — Башкирский государственный университет (г. Уфа), аспирант, специализируется в области адсорбции и хроматографии. E-mail: gulnazf87@mail.ru.

Валинурова Эльвира Рафиковна — Башкирский государственный университет (г. Уфа), кандидат химических наук, доцент, специалист в области адсорбции и хроматографии. E-mail: valinurova_elvira@mail.ru.

Кудашева Флорида Хусаиновна — Башкирский государственный университет (г. Уфа), доктор химических наук, профессор, специалист в области адсорбции и хроматографии. E-mail: KudashevaFKh@mail.ru.

Kinetic patterns of aniline sorption on activated carbon fiber

G. F. Fazylova, E. R. Valinurova, F. H. Kudasheva

Adsorption of aniline derivatives from aqueous solutions on activated carbon fiber, grade UVIS-AK and activated carbon of BAU-A, SPDK-27MD grades is studied. Adsorption isotherm is constructed, monolayer capacity, sorption equilibrium constants, the degree of extraction of sorbates are calculated. It is stated that the process of nitroanilines adsorption by activated carbon fiber can be described with the kinetic equation of pseudo second order and the rate-limiting step is gel kinetics.

Key words: activated carbon fiber, aniline, an adsorption isotherm, kinetic patterns sorption.

Fazylova Gulnaz — The Bashkir State University, Ufa, Russia, post-graduated student of analytical chemistry department of. E-mail: gulnazf87@mail.ru.

Valinurova Elvira — The Bashkir State University, Ufa, Russia, PhD, associated professor of analytical chemistry department. E-mail: valinurova_elvira@mail.ru.

Kudasheva Florida — The Bashkir State University, Ufa, Russia, DrSci (Chem), professor of analytical chemistry department. E-mail: KudashevaFKh@mail.ru.