

УДК 544.723.2; 544-971; 544.03

СОРБЦИЯ НИТРОФЕНОЛОВ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД ПОЛИМЕРНЫМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА

П.Т. Суханов*, А.А. Кушнир

(Воронежский государственный университет инженерных технологий;
*e-mail: pavel.suhanov@mail.ru)

В статических условия изучена сорбция нитрофенолов полимерными сорбентами на основе N-пирролидона. Рассчитаны константы и энергетические характеристики сорбции. Установлен механизм и корреляционные зависимости между коэффициентами распределения и гидрофобностью сорбатов. Обоснован вклад гидрофобных и специфических взаимодействий в механизм сорбции. Изученные полимеры рекомендованы для концентрирования и извлечения нитрофенолов из водных растворов.

Ключевые слова: нитрофенол, сорбция, полимерный сорбент, N-винилпирролидон.

Нитрофенолы (НФ) – известные экотоксиканты [1, 2], применяющиеся как промежуточный продукт в производстве многих органических веществ. Это метаболиты пестицидов (паратиона, нитрофена, метилпараоксона и др.). Кроме того, ди-, тринитрофенолы – полупродукты и основные компоненты в промышленном и кустарном производстве бризантных веществ, поэтому их контроль важен для криминалистической экспертизы в антитеррористической деятельности государственных служб [3]. Поскольку существует возможность присутствия НФ в сточных водах, смывах и водоемах на уровне микро- и ультрамикрочконцентраций, возникла необходимость разработки способов концентрирования, в том числе с применением полимерных сорбентов.

В последние годы для сорбции НФ из водных сред применяют глинистые материалы. Повышенный интерес к ним объясняется адсорбционными и структурными характеристиками (удельной площадью поверхности, большим объемом микропор, широким спектром поверхностных функциональных групп) [4]. НФ сорбируются углеродными микропористыми адсорбентами (активные угли и сорбенты на его основе) [5, 6]. Такие сорбенты рекомендуются USEPA для извлечения органических веществ, в частности фенола и его производных, из жидких сред [7]. Тем не менее, применение активных углей и природных материалов ограничено их низкой механической прочностью, каталитической активностью и сложностью десорбции сорбата. В настоящее время предложены полимерные сорбенты, позволяющие осуществлять сорбционное концентрирование фенолов из водных сред. Например,

рекомендуются полимеры на основе полистирол-дивинилбензольной матрицы, модифицированной пирролидоновыми группами, для которых характерна высокая сорбционная способность по отношению к соединениям различной природы [8]. Широкое применение такие сорбенты нашли в основном за рубежом, в России их использование ограничено высокой стоимостью. В связи с этим перед исследователями встает актуальная задача – синтез и изучение новых полимерных сорбентов (ПС) с прогнозируемыми свойствами, не уступающих зарубежным аналогам.

Цель работы – установление закономерностей сорбции НФ полимерными сорбентами на основе N-винилпирролидона и расчет основных термодинамических характеристик для интерпретации механизма сорбции НФ.

Экспериментальная часть

Реагенты и материалы. 2-(2-НФ), 3-(3-НФ), 4-(4-НФ) нитрофенолы; 2,4-(2,4-ДНФ), 2,5-(2,5-ДНФ), 2,6-(2,6-ДНФ) динитрофенолы и 2,4,6-тринитрофенол (2,4,6-ТНФ) очищали перекристаллизацией коммерческих препаратов и идентифицировали по молярным коэффициентам в растворе этанола (табл. 1). Исходные растворы готовили растворением точных навесок в воде. Рабочие растворы получали разбавлением исходных непосредственно перед применением и хранили в стеклянной посуде с шлифованными пробками в темноте при +4 °С.

Для изучения сорбции НФ применяли сорбенты, полученные с помощью радикальной сополимеризации функционального мономера – N-винилпирролидона (ВП) и сшивающе-

го агента – этиленгликольдиметакрилата (ЭГДМА) в присутствии инициатора полимеризации (динитрил азобисизомаасляной кислоты) по методике [10] на кафедре химии высокомолекулярных соединений и коллоидов Воронежского государственного университета.

Сорбцию в статических условиях осуществляли в термостатируемых сосудах вместимостью 10 см^3 , растворы с сорбентами перемешивали на вибросмесителе «Microvibro» (Польша) с частотой колебаний 140 об/мин.

Оптические плотности и pH растворов измеряли соответственно на спектрофотометре «UV 1240» («Shimadzu», Япония) при $\lambda_{\text{макс}}$, нм нитрофенолов: 380 (2-НФ), 414 (3-НФ), 400 (4-НФ), 360 (2,4-ДНФ), 430 (2,5-ДНФ), 430 (2,6-ДНФ), 355 (2,4,6-ТНФ) в кварцевых кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см и потенциометре «рН-150 М» (стеклянный и хлоридсеребряный электроды).

Для изучения сорбции навеску сорбентов ($0,010 \pm 0,001 \text{ г}$) помещали в термостатируемые сосуды, добавляли 10 см^3 (V) раствора исследуемого вещества с начальной концентрацией (c_0) и перемешивали до установления сорбционного равновесия при $(22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C})$. После этого сорбент отделяли от раствора декантацией и определяли концентрацию исследуемого соединения в равновесной водной фазе фотометрическим методом [11].

По полученным экспериментальным данным проводили расчет количественных характеристик сорбции нитрофенолов в статических условиях. Определяли степень извлечения (R , %), коэффициент распределения (D , $\text{см}^3/\text{г}$) и сорбцию (a_p , ммоль/г) по уравнениям:

$$R = 100 \times (c_0 - c) / c_0,$$

$$D = R V / [(100 - R) m],$$

$$a_p = [(c_0 - c) \times V] / m,$$

где c_0 и c – концентрация определяемого соединения в исходном растворе до и после сорбции соответственно (ммоль/см³); V – объем водного раствора (см³); m – масса сорбента (г).

В целях изучения термодинамики процесса сорбцию НФ проводили при 288, 303, 328 и 343 К. По изотермам сорбции строили изостеры и изостерическим методом устанавливали теплоту сорбции (q , Дж/моль) [12].

Результаты и их обсуждение

Ранее [10, 13] по совокупности кинетических характеристик (меньшее время достижения сорбционного равновесия и большая скорость образо-

вания связей сорбат–сорбент) для сорбции НФ в статических условиях выбраны сорбенты с оптимальным соотношением

$$\text{ВП:ЭГДМА} = 1:1 \text{ (ПС-1, растворитель – } \text{CH}_3\text{OH)},$$

$$\text{ВП:ЭГДМА} = 1:15 \text{ (ПС-2, растворитель – } \text{CH}_3\text{OH)},$$

$$\text{ВП:ЭГДМА} = 1:30 \text{ (ПС-3, растворитель – } \text{CH}_3\text{OH)},$$

$$\text{ВП:ЭГДМА} = 1:30 \text{ (ПС-4, растворитель – } \text{CHCl}_3\text{)}.$$

Оценку сорбционной способности выбранных полимерных сорбентов на основе N-винилпирролидона по отношению к НФ проводили по изотермам сорбции, полученным при $\sim \text{pH } 3$ (сорбция мононитрофенолов, подкисление хлороводородной кислотой) и $\sim \text{pH } 5$ (сорбция ди- и тринитрофенолов без дополнительного подкисления) [11], и времени установления сорбционного равновесия (30–50 мин (ПС-2, ПС-3, ПС-4) или 60 мин (ПС-1)) [13].

Изотермы сорбции НФ изученными сорбентами (рисунок) принадлежат по классификации ИЮПАК к изотермам 1-го типа. По мере увеличения концентрации сорбция достигает насыщения и выходит на плато. Перегиб на изотерме может быть обусловлен изменением ориентации молекул сорбируемого растворенного вещества или образованием второго слоя сорбата. Анализ изотерм показывает, что поверхность сорбентов насыщается молекулами НФ при низкой равновесной концентрации, что свидетельствует о высоком сродстве сорбатов к исследуемым полимерам.

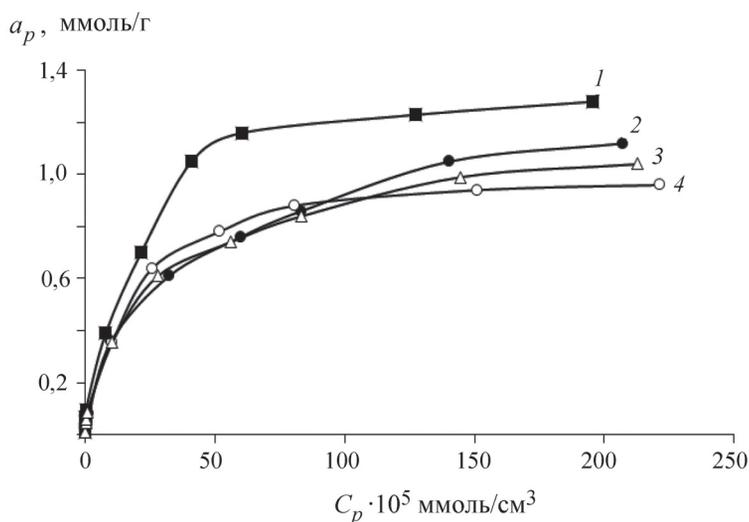
Параметры уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха [6] получали линеаризацией экспериментальных данных в обратных или логарифмических координатах.

Наибольшие коэффициенты корреляции ($r^2 = 0,990\text{--}0,999$) установлены при представлении изотерм сорбции в координатах уравнения Ленгмюра, в дальнейшем его применяли для описания начального участка изотермы сорбции нитрофенолов. Используя значения константы сорбционного равновесия (K_r), рассчитывали изменение энергии сорбции ($-\Delta_s G$) по уравнению:

$$-\Delta_s G = R'' \cdot T \cdot \ln K_r,$$

где $-\Delta_s G$ – изменение энергии сорбции, Дж/моль; R'' – молярная газовая постоянная, Дж/моль·К; T – температура, К.

Рассчитанные значения предельной сорбции ($a_p^{\text{макс}}$), константы сорбционного равновесия



Изотермы сорбции 3-НФ при 298 К сорбентами ПС-4 (1), ПС-2 (2), ПС-3 (3), ПС-1 (4) ($t = 60$ мин, $V = 10$ см³, $m = 0,01$ г, pH 3–5)

(K_r) и изменение энергии сорбции приведены в табл. 1. Независимо от природы НФ величина a_p^{max} возрастает по мере увеличения содержания этиленгликольдиметакрилата в полимере и степени его набухания [10]. В образце ПС-3 содержание сшивающего агента выше, чем в образце ПС-2, а значение a_p^{max} меньше, что может

быть обусловлено возможностью значительного проявления π - π -электронного взаимодействия между сорбируемым соединением и матрицей сорбента, вследствие большей удельной поверхности ПС-2.

Для сорбентов с близкой химической природой поверхности различия в значениях $-\Delta_s G$, обуслов-

Таблица 1

Молярные коэффициенты светопоглощения $\epsilon \cdot 10^{-3}$, л/(моль·см) и характеристики сорбции НФ в статических условиях: константа сорбционного равновесия (K_r), изменение энергии сорбции ($-\Delta_s G$), предельная сорбция (a_p^{max}); $t = 60$ мин, $V = 10$ см³, $m = 0,01$ г, pH ~3–5

Характеристики		Сорбаты						
		2-НФ	3-НФ	4-НФ	2,4-ДНФ	2,5-ДНФ	2,6-ДНФ	2,4,6-ТНФ
$\epsilon \cdot 10^{-3}$ [9]		6,0* (272)	9,2*(230)	11,06* (312)	9,2* (293)	4,0* (430)	5,3* (430)	14,0* (357)
a_p^{max} , ммоль/г	ПС-1	0,93	0,96	0,86	0,94	0,84	0,62	0,54
	ПС-2	1,11	1,12	1,08	1,07	1,10	1,11	0,68
	ПС-3	0,94	1,04	0,91	0,93	1,06	1,03	0,74
	ПС-4	1,31	1,35	1,25	1,07	1,38	1,29	0,76
$K_r \cdot 10^3$, дм ³ /моль	ПС-1	1,63	6,22	2,23	1,76	4,62	1,14	1,02
	ПС-2	1,10	8,50	1,09	1,04	2,11	0,71	0,42
	ПС-3	2,40	11,10	2,13	3,26	5,90	1,30	1,07
	ПС-4	2,3	25,7	2,44	4,03	8,21	1,27	1,18
$-\Delta_s G$, кДж/моль	ПС-1	17,4	20,7	18,3	18,1	19,9	16,7	15,5
	ПС-2	17,4	22,4	17,4	17,2	18,6	16,2	14,9
	ПС-3	19,3	23,3	18,9	20,0	21,5	17,8	17,2
	ПС-4	19,2	25,1	19,3	20,6	22,3	17,7	17,5

* В скобках указаны длины волн (нм), при которых измеряли оптические плотности растворов НФ в этаноле и устанавливали значения ϵ .

ленные структурными характеристиками полимеров, изменяются следующим образом:

$$\text{ПС-4} > \text{ПС-3} > \text{ПС-1} > \text{ПС-2}.$$

Необычное сорбционное поведение ПС-1 может быть обусловлено особенностями строения объемного полимерного каркаса, связанными со способом получения и свойствами полярных групп.

Степень извлечения нитрофенолов (табл. 2) уменьшается по мере снижения параметра гидрофобности (параметр Ганча-Лео, ($\lg P$)) в рядах НФ (в скобках приведены значения $\lg P$, рассчитанные при рН 3 для моонитрофенолов и при рН 5 для остальных НФ с помощью программы $\lg P$ (@ ACD, Toronto, Canada):

$$\begin{aligned} &3\text{-НФ} (1,90) > 2,5\text{-ДНФ} (1,79) > 4\text{-НФ} (1,67); \\ &2,4\text{-ДНФ} (1,70) > 2\text{-НФ} (1,67) > \\ &> 2,6\text{-ДНФ} (1,60) > 2,4,6\text{-ТНФ} (-0,63) [\text{ПС-1 и} \\ &\text{ПС-2}]; \end{aligned}$$

$$3\text{-НФ} > 2,5\text{-ДНФ} > 2,4\text{-ДНФ} > 4\text{-НФ}; 2\text{-НФ} > > 2,6\text{-ДНФ} > 2,4,6\text{-ТНФ} [\text{ПС-3 и ПС-4}].$$

Для всех нитрофенолов, за исключением 2,4,6-ТНФ установлена линейная зависимость $\lg D - \lg P$ (в скобках указаны коэффициенты корреляции):

$$\begin{aligned} \text{ПС-4} \quad \lg D &= 4,67 \lg P - 4,52 (0,98), \\ \text{ПС-3} \quad \lg D &= 3,42 \lg P - 2,56 (0,96), \\ \text{ПС-2} \quad \lg D &= 3,37 \lg P - 2,53 (0,94), \\ \text{ПС-1} \quad \lg D &= 2,93 \lg P - 1,94 (0,94). \end{aligned}$$

Угловый коэффициент при сорбции НФ полимером ПС-4 наибольший, соответственно и гидрофобные взаимодействия проявляются в большей степени, однако реализуются и специфические взаимодействия. Уменьшение наклона линейных зависимостей в ряду ПС-4 > ПС-3 > ПС-2 > ПС-1 может быть вызвано нивелированием гидрофобного вклада на фоне более сильных специфических

Таблица 2

Степени извлечения (R , %) и коэффициенты распределения ($\lg D$) нитрофенолов в статических условиях ($t = 60$ мин, $V = 10$ см³, $m = 0,01$ г, рН 3–5)

Сорбат	ПС-1		ПС-2		ПС-3		ПС-4	
	R , %	$\lg D$						
2-НФ	53	3,01	62	3,19	64	3,22	69	3,33
3-НФ	82	3,60	90	3,87	91	3,90	96	4,38
4-НФ	56	3,05	63	3,21	66	3,24	67	3,30
2,4-ДНФ	53	3,03	54	3,12	62	3,17	69	3,33
2,5-ДНФ	68	2,29	78	3,48	81	3,58	86	3,79
2,6-ДНФ	31	2,63	42	2,77	44	2,82	49	2,94
2,4,6-ТНФ	24	2,45	29	2,55	33	2,58	36	2,75

Таблица 3

Значения дифференциальной теплоты сорбции (Q , кДж/моль) в начальной области заполнения активных центров полимера ПС-2

Сорбат	Дифференциальная теплота сорбции				
	$a_p = 1,0 \cdot 10^6$	$a_p = 2,0 \cdot 10^6$	$a_p = 5,0 \cdot 10^6$	$a_p = 15,0 \cdot 10^6$	$a_p = 35,0 \cdot 10^6$
4-НФ	3,86	3,09	2,84	2,83	2,83
2,4-ДНФ	4,96	4,63	3,86	3,85	3,85
2,5-ДНФ	5,85	5,54	5,10	5,10	5,09
2,6-ДНФ	4,22	3,45	3,18	3,18	3,18
2,4,6-ТНФ	6,67	6,12	5,61	5,61	5,61

Т а б л и ц а 4

Сравнение предельной сорбции ($a_p^{\text{макс}}$), времени достижения сорбционного равновесия (t), начальных исследуемых концентраций (c_0) и соотношения сорбент/раствор (m_c/V_p) при сорбции нитрофенолов сорбентами различной природы

Сорбат	Сорбент	c_0 , мг/дм ³	m_c/V_p , г/дм ³	t , мин	$a_p^{\text{макс}}$, мг/г	Литература
2-НФ	полимерный сорбент на основе N-винилпирролидона (ФМ) и этиленгликольдиметакрилата (СА)	1–600	1	45	182	настоящая работа
3-НФ					188	
4-НФ					174	
2,4-ДНФ					197	
2,4,6-ТНФ					174	
4-НФ	глинистый материал	100	20 мг	30	138	[4]
4-НФ	активный уголь на основе какао-бобов	50–400	1,6	35	167	[5]
4-НФ	магнитный активный уголь на основе Fe ₃ O ₄	50–500	2	20	125	[6]
2,4,6-ТНФ	магнитный активный уголь	23–230	1	240	70–74	[16]
2,4-ДНФ	молекулярно-импринтированный полимер	–	–	–	139	[17]
4-НФ	полимерный сорбент на основе полииминоэтилена (ФМ) и диэпоксисилкила (СА)	100–1000	2	480	156	[18]
4-НФ	полимерный сорбент на основе метакриловой кислоты (ФМ) и этиленгликольдиметакрилата (СА)	14–834	2	150	58	[19]
4-НФ	полимерный сорбент на основе 3-аминопропилтриэтоксисилана (ФМ) и этиленгликольдиметакрилата (СА)	14–1251	2	90	129	[20]
2-НФ	глинистый материал	1–500	0,5	24 ч	225	[21]
3-НФ	карбонизированный материал Com/cial	–	–	–	20	[22]

О б о з н а ч е н и я: ФМ – функциональный мономер, СА – сшивающий агент.

π - π -взаимодействий между сорбируемым соединением и матрицей сорбента, а также донорно-акцепторных взаимодействий между кислородом и азотом (в молекуле НФ) и акцепторными фрагментами сорбентов.

Для получения информации о состоянии сорбированных молекул и энергетике (термодинамике) процесса строили изостеры сорбции. Построение изостер при разной степени заполнения поверхности адсорбента позволяет установить изменение дифференциальной теплоты сорбции, которую рассчитывали по их углам наклона в соответствии с уравнением Клаузиуса–Клайперона [14]

При сорбции НФ дифференциальная теплота сорбции уменьшается. При сильном взаимодействии сорбированных молекул друг с другом в начальной области заполнения сорбционной емкости (до $5 \cdot 10^6$ моль/г) образуется пик локального увеличения теплоты сорбции (табл. 3): в первую очередь молекулы сорбтива сорбируются на самых активных местах поверхности сорбента, характеризующихся наибольшей величиной сорбционного поля.

Термодинамика сорбции НФ подтверждает заполнение сорбента на поверхности активных центров. Вначале сорбция происходит на наиболее активных центрах с высокой энергией взаимодействия (образуется монослой), затем по мере заполнения самых активных мест сорбционной поверхности в процесс вступают все менее активные центры, поэтому дифференциальная теплота сорбции по мере заполнения сорбционного пространства сорбента постепенно снижается. В интервале значений a_p , равных 5–35 моль/г, теплота сорбции не зависит от этого параметра, что характерно для процессов первичного за-

полнения поверхности сорбента без образования конденсированной фазы и равномерного распределения активных центров по поверхности [11]. Активными центрами, вероятно, являются полярные группы полимера, с которыми возможно образование водородной связи.

В связи с тем, что для взаимодействия сорбат–сорбент характерны малые значения $a_p^{\text{макс}}$, а стандартная энергия сорбции находится в интервале $-\Delta_s G \approx 15\text{--}25$ кДж/моль, можно сделать вывод о физическом механизме сорбции [15]. Установленная корреляционная зависимость между коэффициентами распределения НФ и параметром гидрофобности сорбатов позволяет сделать вывод о вкладе гидрофобных и специфических π - π -взаимодействий в процесс сорбции.

Предельная сорбция ($a_p^{\text{макс}}$) и начальная концентрация исследуемых (c_0) нитрофенолов полимерным сорбентом на основе N-винилпирролидона (ПС-4) превосходят аналогичные величины при сорбции полимерными сорбентами разной природы (табл. 4). При сорбции 2-НФ глинистым материалом [21] величина $a_p^{\text{макс}}$ в 1,2 раза больше, чем у ПС-4, время достижения сорбционного равновесия (t) значительно выше. Несмотря на схожие величины $a_p^{\text{макс}}$ при сравнении сорбции 4-НФ активным углем [6], сорбция ПС-4 предпочтительна за счет его меньшего расхода и большей начальной концентрации. Таким образом, изученные полимерные системы на основе N-винилпирролидона могут быть рекомендованы для концентрирования микроколичеств нитрофенолов из водных сред в статических условиях.

Коллектив авторов выражает благодарность доценту Е.В. Чуриловой и профессору Г.В. Шаталову за помощь в синтезе полимерных сорбентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Feng X., Zhang Q., Cong P., Zhu Z. // Anal. Methods. 2013. Vol. 5. N 19. P. 5286.
2. Kim T.S., Kim J.K., Choi K., Stenstrom M.K., Zoh K.D. // Chemosphere. 2006. Vol. 62. P. 926.
3. Janz D.M. Dinitrophenols, In encyclopedia of toxicology (Third Edition). Oxford, 2014. P. 177.
4. Burstein F., Borisover M., Lapides I., Yariv S. // J. Therm. Anal. Calorim. 2008. Vol. 92. N 1. P. 35.
5. Faisal A., Ashri W.M., Wan Daud Azmier Ahmad M., Radzi R. // Chem. Eng. J. 2011. Vol. 178. P. 461.
6. Bastami T.R., Entezari M.H. // Chem. Eng. J. 2012. Vol. 210. P. 510.
7. Mukherjee S., Kumar S., Misra A.K., Fan M. // Chem. Eng. J. 2007. Vol. 129. P. 133.
8. Waters Chromatography Columns and Supplies Catalog. 2009–2010. P. 15.
9. Коренман И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. М., 1975.
10. Чурилова Е.В., Кушнир А.А., Суханов П.Т., Шаталов Г.В. // Журн. аналит. химии. 2015. Т. 70. № 2. С. 138.
11. Чурилова Е.В., Кушнир А.А., Суханов П.Т., Мاستюкова Т.В., Шаталов Г.В., Зарытовских О.А. // Журн. общей химии. 2013. Т. 83. № 11. С. 1835.
12. Афонина Т.Ю., Дударев В.И., Ознобихин Л.М., Сырых Ю.С. // Журн. физ. химии. 2007. Т. 81. № 3. С. 432.
13. Суханов П.Т., Кушнир А.А., Бондарева Л.П., Чурилова Е.В., Богдаев А.А., Шаталов Г.В. // Сорбц. и хроматограф. проц. 2015. Т. 15. № 2. С. 224.

14. Помазкина О.И., Е.Г. Филатова, Пожидаев Ю.Н. // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. Т. 50. № 3. С. 262.
15. Schumak L., Chow A. // Talanta. 1987. Vol. 34. N 11. P. 957.
16. Mohan D., Sarawat A., Singh V. K., Alexandre-Franco M., Pittman Jr. C.U. // Chem. Eng. J. 2011. Vol. 172. N 2–3. P. 1111.
17. Fang M., Lei F., Zhou J., Wu Y., Gong Z. // Chin. Chem. Lett. 2014. Vol. 25. N 11. P. 1492.
18. An F.Q., Gao B.J., Feng X.Q. // J. Appl. Polym. Sci. 2012. Vol. 125. N 4. P. 2549.
19. Mehdinia A., Baradaran Kayyal T., Jabbari A., Ovais Aziz-Zanjani M., Ziaei E. // J. Chromatogr. A. 2013. Vol. 1283. P. 82.
20. Mehdinia A., Dadkhah S., Baradaran Kayyal T., Jabbari A. // J. Chromatogr. A. 2014. Vol. 1364. P. 12.
21. Koubaissy B., Joly G., Magnoux P. // Ind. Eng. Chem. Res. 2008. Vol. 47. P. 9558.
22. Ioannou Z., Simitzis J. // J. Hazard. Mater. 2009. Vol. 171. N 1–3. P. 954.

Поступила в редакцию 12.09.2018
Получена после доработки 10.10.2018
Принята к публикации 15.11.2018

SORPTION OF NITROPHENOL FROM WATER MEDIA BY POLYMERIC SORBENTS BASED ON N-VINYLPYRROLIDONE

P.T. Sukhanov*, A.A. Kushnir

*(Voronezh State University of Engineering Technology, 1Department of physical and analytical chemistry, Department of organic technology synthesis and high-molecular compounds; *e-mail: pavel.suhanov@mail.ru).*

In static conditions, the sorption of nitrophenols on polymeric sorbents, based on N-pyrrolidone, has been studied. The constants and energy characteristics of sorption are calculated, the mechanism of sorption of nitrophenols is established. Correlation dependencies between the distribution coefficients of nitrophenols and hydrophobicity of sorbates are established. The contribution of hydrophobic and specific interactions to sorption mechanism is substantiated. Based on the results obtained, the polymers studied are recommended for the concentration and extraction of nitrophenols from aqueous solutions.

Key words: nitrophenol, sorption, polymeric sorbent, N-vinylpyrrolidone.

Сведения об авторах: *Суханов Павел Тихонович* – профессор кафедры физической и аналитической химии факультета экологии и химической технологии Воронежского государственного университета инженерных технологий, докт. хим. наук (pavel.suhanov@mail.ru); *Кушнир Алексей Алексеевич* – доцент кафедры технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений факультета экологии и химической технологии Воронежского государственного университета инженерных технологий, канд. хим. наук (kushnir_aleksei@mail.ru).