

SUMMARY. For the first time the active carbon Filtrasorb 300 type was used for Direct Vermilion and Direct Claret dyes as well as for the cationic surfactant hexadecylpyridinium bromide adsorption removal. The time of adsorption equilibrium ascertainment for the studied adsorbates was stated. The adsorption isotherms were studied and analyzed, the adsorption equilibrium constants were found. The thermodynamic analysis adsorption process of the direct dyes and the cationic surfactant was made.

1. *Тарасевич Ю.И.* Природные сорбенты в процессах очистки воды. -Киев: Наук. думка, 1981.
2. *Когановский А.М.* Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. -Киев: Наук. думка, 1983.

3. *Кельцев Н.В.* Основы адсорбционной техники. -М.: Химия, 1984.
4. *Тимофеева С.С.* // Химия и технол. воды. -1991. -13, № 6. -С. 555—570.
5. *Лазарева Л.П., Лисицкая И.Г., Ватрогова Л.М., Горчакова Н.К.* // Там же. -1991. -13, № 11. -С. 1029—1032.
6. *Кац Б.М., Длубовский Р.М., Иоргов А.И.* // Вода и водоочистные технологии. -2002. -№ 1. -С. 37—45.
7. *Giles C.H., Smith D., Silva A.P., Easton I.A.* // J. Colloid and Interface Science. -1974. -47, № 3. -P. 766—778.
8. *Чобану М.М., Ропот В.М., Цымбалюк Н.И.* // Химия и технол. воды. -1989. -11, № 6. -С. 508—510.
9. *Скрылев Л.Д., Стрельцова Е.А.* // Коллоид. журн. -1980. -42, № 3. -С. 594—597.
10. *Soldatkina L.M., Purich A.N., Menchuk V.V.* // Adsorption Science and Technol. -2001. -19, № 4. -P. 267—272.

Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова

Поступила 25.11.2003

УДК 504.3.054 : 544.723.23 : 544.772 : 547-302:

М.С. Базилевская, В.И. Богилло

АДСОРБЦИЯ ГАЛОГЕНАЛКАНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МОДЕЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ТВЕРДЫХ АЭРОЗОЛЕЙ *

Методом обращенной газовой хроматографии при конечных концентрациях изучена адсорбция Cl-, Br- и I-замещенных алканов на поверхности силикагеля, углеродной сажи (карбонак) и карбонизованного силикагеля (карбосил), как моделей атмосферных минеральных и углеродсодержащих аэрозолей. Для описания экспериментальных изотерм предложен подход, основанный на локальном уравнении Лэнгмюра и прямоугольном распределении поверхности по энергиям адсорбции. Средние значения и дисперсии этих распределений сопоставлены с поляризуемостью сорбатов, их кислотно-основными характеристиками в шкале Абрахамса; показано влияние поляризуемости и кислотности центров поверхности модельных аэрозолей на эти адсорбционные характеристики.

Одними из наиболее важных органических примесей в атмосфере Земли являются легколетучие галогеналканы из природных и антропогенных источников [1, 2]. Фотолиз Cl- и Br-замещенных алканов в стратосфере вызывает каталитическое разрушение озонового слоя, тогда как в нижних слоях атмосферы их уровень контролирует содержание тропосферного озона над океанами, а фотолиз I-замещенных алканов приводит к образованию ядер конденсации облаков над океанами. Все эти соединения токсичны, а некоторые из них проявляют канцерогенные свойства. Перенос летучих примесей в атмосфере происходит как путем диффу-

зии, так и по адвекционному механизму, т.е. на поверхности твердых и жидких аэрозолей. Кроме того, стойкость этих примесей в атмосфере и характеристическое расстояние их переноса зависят от их сорбционных характеристик по отношению к поверхностям раздела фаз в окружающей среде [3]. Соотношения механизмов переноса и стока определяются коэффициентами распределения примесей между этими поверхностями и воздухом (K_p). Поэтому актуальной задачей гетерогенной химии окружающей среды является оценка этих коэффициентов и установление их зависимости от физико-химических характеристик примесей,

* Работа выполнена при поддержке Национального научного фонда США и Научно-технологического центра в Украине.

© М.С. Базилевская, В.И. Богилло, 2005

природы аэрозолей и подстилающих поверхностей. Необходимо отметить, что разработанные до настоящего времени способы оценки значений K_p основаны на уравнениях адсорбции на однородной поверхности (Генри и Лэнгмюра), т.е. не учитывают зависимость K_p от ее заполнения; предполагают, что эти коэффициенты не зависят от природы поверхности аэрозолей, а определяются давлением насыщенных паров либо коэффициентом распределения *n*-октанол—воздух сорбатов, и пренебрегают изменением K_p с температурой [3—5].

В настоящей работе для определения этих коэффициентов использован метод проявительной обращенной газовой хроматографии при конечных концентрациях [6]. Цель исследования — установление закономерностей между параметрами адсорбции серии галогеналканов из газовой фазы на поверхности модельных атмосферных минеральных и углеродсодержащих аэрозолей и дескрипторами структуры этих молекул.

В качестве сорбатов использовали следующие галогеналканы: CCl_4 , CH_2Cl_2 , $CHCl_3$, $1,2-C_2H_4Cl_2$, CH_2Br_2 , $CHBr_3$, $1,2-C_2H_4Br_2$, *n*- C_4H_9Br и CH_3I (Merck, Германия). Их физико-химические константы и дескрипторы структуры молекул взяты из работ [7, 8].

Так как основными источниками минеральных аэрозолей в тропосфере Земли являются пустыни Северной Африки и Центральной Азии, основной составляющей которых служит кремнезем [9], то, как модель минерального аэрозоля мы применили силикагель S60 (Fluka), имеющий удельную адсорбционную поверхность, $S_A = 335.6 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$. Как модели углерод-

содержащих аэрозолей использовали углеродную сажу "карбопак" (Carbopack S, Supelco) с $S_A = 9.6 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ и исходный силикагель, модифицированный низкотемпературной карбонизацией ацетилацетона (35 % C по весу) [10], "карбосил" с $S_A = 100 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$. Выбор последнего сорбента обусловлен тем, что углеродсодержащие аэрозоли, образующиеся при сжигании твердого топлива, содержат значительное количество кремнезема в частицах [11]. Колонки, заполненные этими сорбентами, предварительно прогревали в токе гелия при 200°C в течение 12 ч перед измерениями для удаления физически адсорбированной воды с поверхности.

Эксперименты выполнялись на хроматографе ЛХМ-80 с детектором по теплопроводности, сопряженным с ПК. Использовали стальные колонки $40 \text{ см} \times 3 \text{ мм}$. Скорость газа-носителя (гелия) была $30\text{--}40 \text{ см}^3 \cdot \text{мин}^{-1}$. Объем жидких проб составлял 0.1, 0.5, 1.0 и 2.0 мкл (микрошприцы "Hamilton"). Адсорбцию галогеналканов изучали в интервале от 100 до 160°C , при 4-х значениях температур с интервалом 10°C . Температура дозатора и детектора была 200°C . Расчет давления паров сорбатов и заполнения поверхности сорбентов из данных профиля хроматографических пиков (400—2000 точек) выполнялся по формулам, приведенным в работе [6].

Как следует из полученных хроматографических данных, для адсорбции галогеналканов на всех сорбентах наблюдаются зависимости времени выхода максимума пика от объема вводимой в хроматограф пробы сорбата. Такая зависимость для CH_3I на силикагеле продемонстрирована на рис. 1. *a*. Это свидетельствует о нели-

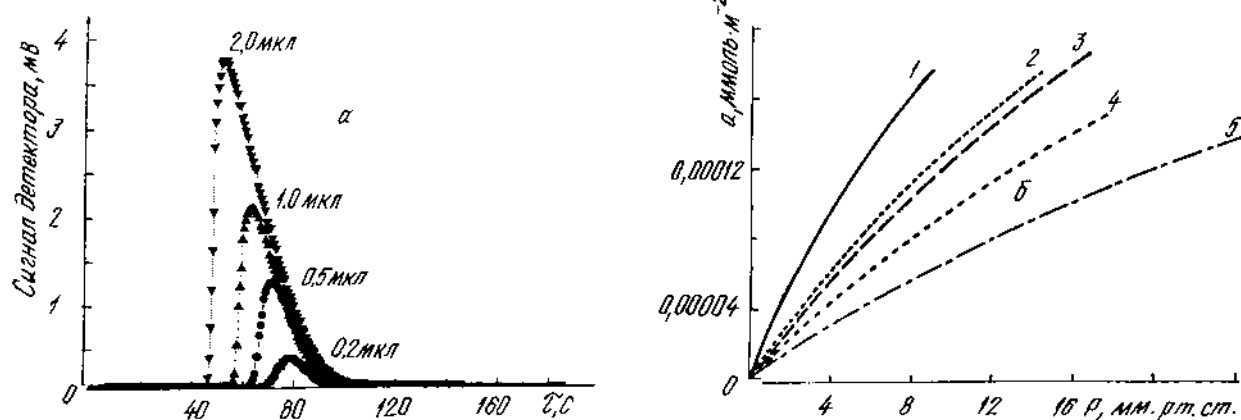


Рис. 1. Адсорбция CH_3I на поверхности силикагеля в хроматографических условиях: хроматографические пики при различных размерах пробы в колонке (*a*); изотермы адсорбции, рассчитанные из профиля пиков при 373 (1); 383 (2); 393 (3); 403 (4) и 413 К (5) (*б*).

нейности изотермы адсорбции в изученном диапазоне концентраций сорбатов. Построенные по этим данным изотермы адсорбции имеют форму, выпуклую по отношению к оси заполнений (рис. 1, б). Такая форма изотермы характерна для энергетически неоднородной поверхности твердых тел. Поэтому более корректно описывать адсорбцию галогеналканов на поверхности изученных сорбентов с помощью подхода, учитывающего эту неоднородность, а не на основании термодинамических функций адсорбции в области Генри, пригодных только для линейных изотерм.

Уравнение адсорбции соединения из газовой фазы на энергетически неоднородной поверхности твердого тела можно записать в общем виде как [12]:

$$\Theta(P, T) = \int_{E_{A \min}}^{E_{A \max}} \theta(P, T) \rho(E_A) dE_A, \quad (1)$$

где $\Theta(P, T) = a/a_m$ — общая степень заполнения поверхности при давлении сорбата P и температуре T ; a — заполнение поверхности при P и T ; a_m — емкость монослоя; $\theta(P, T)$ — степень заполнения локального участка поверхности с энергией адсорбции E_A ; $\rho(E_A)$ — нормализованная дифференциальная функция распределения поверхности по E_A ($E_{A \min}$ и $E_{A \max}$ — нижний и верхний пределы этого распределения).

Предположим, что заполнение локального участка поверхности описывается изотермой Лэнгмюра:

$$\theta(P, T) = \frac{P \cdot K_0^{-1} \exp(E_A/RT)}{1 + P \cdot K_0^{-1} \exp(E_A/RT)}, \quad (2)$$

где R — универсальная газовая постоянная, а K_0 — константа Лэнгмюра при нулевой энергии адсорбции, которую можно определить из следующего выражения [12]:

$$K_0 = P_S \exp(\Delta H_V/RT). \quad (3)$$

В уравнении (3) P_S — давление насыщенных паров сорбата при T , H_V — его теплота конденсации.

Наиболее простым из возможных распределением поверхности по E_A , позволяющим получить аналитическое решение интегрального уравнения (1) является прямоугольное распределение, приводящее к линейному снижению E_A с ростом заполнения поверхности:

$$\rho(E_A) = \begin{cases} \frac{1}{E_{A \max} - E_{A \min}} & E_{A \min} \leq E_A \leq E_{A \max} \\ 0 & E_A < E_{A \min}; E_A > E_{A \max} \end{cases} \quad (4)$$

Введя новую переменную $x = E_A/RT - \ln(K_0)$, получим следующее решение уравнения (1) с локальной изотермой Лэнгмюра и с прямоугольным распределением по E_A :

$$a = \frac{a_m}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot \ln \left\{ \frac{1 + P \exp(x_{\max})}{1 + P \exp(x_{\min})} \right\}. \quad (5)$$

Все параметры уравнения (5) (a_m , $x_{\max} = E_{A \max}/RT - \ln(K_0)$, $x_{\min} = E_{A \min}/RT - \ln(K_0)$) и соответствующие параметры распределения (4) могут быть рассчитаны методами нелинейной оптимизации на основании параметров изотерм адсорбции.

Если в количественных соотношениях структура—активность для процессов адсорбции на однородной поверхности функциями служит мольная свободная энергия или мольная энтальпия адсорбции в области Генри [4], то, как показано в работе [13], в качестве таких функций для процессов адсорбции на неоднородной поверхности выступают кумулянты распределений поверхности по свободным энергиям или по энергиям адсорбции. Соответствующие кумулянты первого и второго порядка прямоугольного распределения поверхности (4) по E_A (среднее (K_I) и дисперсия (K_{II})) записываются так:

$$K_I = \frac{E_{A \max} + E_{A \min}}{2},$$

$$K_{II} = \frac{E_{A \max}^3 - E_{A \min}^3}{3(E_{A \max} - E_{A \min})} - K_I^2.$$

Как показано в работах [4, 14], адсорбция летучих органических соединений на поверхности многих твердых материалов в области Генри хорошо описывается следующим уравнением:

$$-\Delta H_A = K_H \cdot \alpha_e + \alpha_{S(H)} \cdot \Sigma \beta_2^H + \beta_{S(H)} \cdot \Sigma \alpha_2^H + \zeta_H, \quad (6)$$

где ΔH_A — мольная энтальпия адсорбции в области Генри; α_e — молекулярная деформационная поляризуемость вещества; $\Sigma \beta_2^H$ и $\Sigma \alpha_2^H$ — эффективные основность и кислотность вещества в водородной связи в шкале Абрахамса, константа K_H характеризует поляризуемость центров поверхности, константы $\alpha_{S(H)}$ и $\beta_{S(H)}$

Т а б л и ц а 1

Дескрипторы молекул галогеналканов и кумулянты первого (K_I , кДж·моль⁻¹) и второго порядка (K_{II} , кДж²·моль⁻²) распределений поверхности сорбентов по энергиям адсорбции этих соединений из газовой фазы

Соединение	Дескрипторы молекул			Карбопак		Силикагель		Карбосил	
	α_e	$\Sigma\alpha_2^H$	$\Sigma\beta_2^H$	K_I	K_{II}	K_I	K_{II}	K_I	K_{II}
<i>n</i> -C ₄ H ₉ Br	13.9	0	0.12	50.6	0.006	35.6	130.6	45.4	174.4
CHBr ₃	11.8	0.15	0.09	44.3	0.427	37.5	115.5	39.1	191.0
CCl ₄	10.5	0	0	42.2	0.027	28.6	102.8	36.2	155.8
CHCl ₃	8.5	0.15	0.02	41.8	0.046	30.2	102.7	34.6	155.7
1,2-C ₂ H ₄ Br ₂	11.3	0.10	0.17	45.8	0.139	33.0	127.8	41.0	167.1
CH ₂ Br ₂	9.3	0.10	0.10	36.1	23.0	30.1	126.7	35.1	151.0
1,2-C ₂ H ₄ Cl ₂	8.0	0.10	0.11	38.1	38.8	36.9	77.9	38.1	168.5
CH ₂ Cl ₂	6.5	0.10	0.05	28.0	107.8	31.3	99.6	33.0	144.0
CH ₃ I	8.0	0	0.13	25.5	124.2	26.4	129.9	30.6	141.7

определяют кислотность и основность центров поверхности в водородной связи с сорбируемым веществом, а ζ_H — постоянная для данной поверхности.

В настоящей работе для описания термодинамики адсорбции на неоднородной поверхности вместо $-\Delta H_A$ в уравнении (6), в соответствии с выводами работы [13], использовали кумулянты K_I и K_{II} распределений поверхности по E_A .

В табл. 1 приведены усредненные по 4-м значениям температур кумулянты распределений поверхности изученных материалов по энергиям адсорбции галогеналканов. Можно видеть, что, в отличие от почти однородной поверхности углеродной сажи, при переходе к силикагелю и к карбосилу дисперсии распределений сильно возрастают.

Эти кумулянты на каждом из сорбентов были сопоставлены с дескрипторами молекул галогеналканов. Результаты регрессионного анализа представлены в табл. 2. Как следует из этих данных, средняя поляризуемость центров поверхности изученных сорбентов возрастает в ряду: карбопак > карбосил > силикагель. Аналогичное снижение коэффициента K_H при переходе от углеродсодержащих к кремнеземным материалам наблюдалось нами ранее [14] при анализе данных по адсорбции летучих органических соединений в области Генри. Более низкие значения коэффициентов, полученные в настоящей работе (3.5 и 0.9 по сравнению с (3.2—

5.8) и (1.5—2.3) [14]), обусловлены тем, что на основании хроматографических данных в области Генри можно определить характеристики только наиболее активных центров поверхности твердого тела, тогда как эксперимент в области конечных концентраций дает возможность рассчитать средние характеристики центров во всей области заполнения монослоя. Для смешанного углерод-кремнийсодержащего сорбента можно предположить, что поляризуемость центров его поверхности соответствует сумме поляризуемостей его компонентов с учетом их массовой доли в сорбенте. Соответствующая оценка дает $K_H=1.68$, что близко к значению 1.65 для карбосила из табл. 2.

Средняя кислотность центров поверхности в водородной связи с галогеналканами ($\alpha_{S(H)}$) снижается в ряду: силикагель > карбосил > карбопак. Хотя этот коэффициент в случае карбопака отрицателен, исключение дескриптора $\Sigma\beta_2^H$ из уравнения (6) для этого сорбента приводит к незначительному снижению коэффициента корреляции на 0.01. Найденный ряд изменения средней кислотности центров поверхности объясняется снижением концентрации гидроксильных групп и их активности на поверхности кремнезема при увеличении степени ее покрытия углеродом.

Неожиданным, судя по коэффициентам ($\beta_{S(H)}$), является порядок изменения средней основности центров поверхности в водородной свя-

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты количественных соотношений структура—активность между кумулянтами первого (K_I , кДж·моль⁻¹) и второго порядка (K_{II} , кДж²·моль⁻²) распределений поверхности по энергиям адсорбции галогеналканов на поверхности сорбентов и дескрипторами структуры этих молекул (уравнение (6))

Дескриптор структуры	Коэффициент уравнения (6)	Карбопак		Силикагель		Карбосил	
		K_I	K_{II}	K_I	K_{II}	K_I	K_{II}
	ζ_H	4.66	220.8	19.96	78.53	19.4	95.24
α_e	K_H	3.48	-19.27	0.866	2.84	1.646	5.61
$\Sigma\alpha_2^H$	$\beta_{S(H)}$	38.8	-342.0	33.37	-61.73	10.84	127.1
$\Sigma\beta_2^H$	$\alpha_{S(H)}$	-27.4	299.7	13.50	127.6	11.21	13.6
Коэффициент корреляции		0.924	0.885	0.712	0.672	0.881	0.869

зи в ряду: карбопак > силикагель > карбосил. Одной из причин такой последовательности может быть слабое изменение параметра $\Sigma\alpha_2^H$ в ряду галогеналканов. Поэтому для изучения характеристик основных центров поверхности этих сорбентов необходимо применение дополнительных "тестовых" молекул сорбатов с более значительным диапазоном изменения этого параметра.

Как следует из полученных данных, предложенный подход позволяет оценить также зависимость дисперсии поверхности по энергиям адсорбции галогеналканов от дескрипторов их структуры. Величина дисперсии распределения определяется как химической неоднородностью поверхности, так и характером ее топографии [6]. Наиболее легко интерпретировать коэффициенты этого соотношения в случае карбосила, для которого все коэффициенты в линейном соотношении положительны. Видно, что увеличение каждого из дескрипторов уравнения (6) приводит к уширению распределения поверхности по E_A . Для силикагеля наблюдается аналогичная закономерность, за исключением коэффициента $\beta_{S(H)}$, отрицательный знак которого может быть связан с причиной, указанной выше. В случае карбопака для большинства галогеналканов наблюдаются довольно узкие распределения поверхности по E_A , возрастающие при переходе к CH_2Cl_2 и к CH_3I (табл. 1). Можно предположить, что дисперсия распределения поверхности по E_A снижается при возрастании посадочной площадки молекул. Действительно, такая зависимость наблюдается для карбопака, и она описывается эмпирическим уравнением:

$$K_{II} = 1.91 \cdot 10^{10} \exp\left(-\frac{\sigma_m}{9.142}\right); \quad R = 0.954,$$

σ_m — посадочная площадка сорбата, м²·ммоль⁻².

Полученную закономерность можно объяснить "пятнистым" характером топографии центров поверхности карбопака [6]. Для силикагеля и карбосила, напротив, наблюдается тенденция возрастания K_{II} при увеличении σ_m сорбатов, что свидетельствует в пользу преимущественно "случайной" топографии центров поверхности этих сорбентов [6].

Таким образом, из полученных в работе данных следует, что адсорбция галогеналканов на поверхности модельных атмосферных твердых аэрозолей не подчиняется уравнениям адсорбции на однородной поверхности. В качестве иллюстрации на рис. 2 приведены зависимости

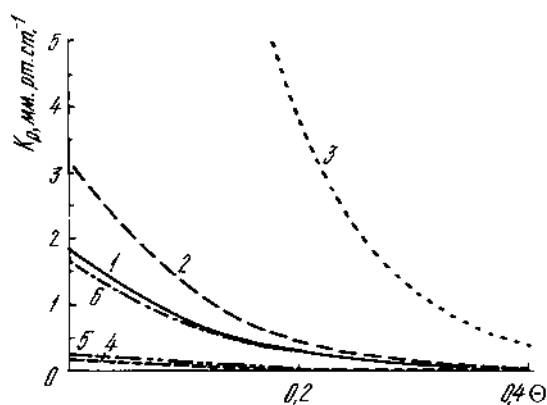


Рис. 2. Зависимости рассчитанных коэффициентов распределения (K_p) CH_3I на поверхности карбопака (1), силикагеля (2) и карбосила (3) при 253 К, а также карбопака (4), силикагеля (5) и карбосила (6) при 293 К.

коэффициентов распределения поверхность—газовая фаза для CH_3I на изученных сорбентах от степени заполнения поверхности (α), рассчитанные по данным табл. 1 для 293 и 253 К, т.е. для типичного диапазона изменения температур при переносе примесей в тропосфере из регионов умеренных широт в полярные регионы. Видно, что эти коэффициенты экспоненциально падают с ростом заполнения при $\Theta < 0.4$. Снижение температуры на 40° приводит к значительному росту коэффициентов распределения (на 1—3 порядка), и этим изменением нельзя пренебрегать при моделировании адвективного переноса и стока атмосферных примесей в полярных регионах. Предложенный в работе подход позволяет при использовании формул (2)—(5) оценивать влияние температуры на эти коэффициенты и на поверхностную концентрацию примесей на аэрозолях.

Авторы признательны проф. Р. Лебоде (химический факультет Университета им. М. Склодовской-Кюри, Люблин, Польша) за предоставленный им образец карбосила.

РЕЗЮМЕ. Методом оберненої газової хроматографії при кінцевих концентраціях вивчена адсорбція Cl-, Br- та I-заміщених алканів на поверхні силікагелю, вуглецевої сажі (карбопак) та карбонізованого силікагелю (карбосил) як моделей атмосферних мінеральних та вуглецевмісних аерозолів. Щоб описати експериментальні ізотерми запропоновано підхід, що базується на локальному рівнянні Ленгмюра та прямокутному розподілу поверхні по енергіях адсорбції. Середні значення та дисперсії цих розподілів корельовані з поляризованістю сорбатів, їх кислотно-основними характеристиками в шкалі Абрахамса; показано вплив поляризованості та кислотності центрів поверхні модельних аерозолів на ці адсорбційні характеристики.

SUMMARY. The adsorption of Cl-, Br- and I-substituted alkyl halides on surface of silica gel, carbon black

(Carbopack) and carbonized silica gel (Carbosil), as the models of atmospheric mineral and carbonaceous aerosols, has been studied by inverse gas chromatography method at finite concentrations. An approach based on local Langmuir equation and the rectangular surface distribution on adsorption energy has been proposed to describe the experimental isotherms. The averages and dispersions of these distributions have been correlated with the sorbates polarizability, their acid-base characteristics in the Abraham's scale and impact of the polarizability and acidity of the surface sites of the model aerosols on those adsorption characteristics has been shown.

1. *Reactive halogen compounds in the atmosphere* / Eds. P. Fabian, O.N. Singh. -The Handbook of environmental chemistry. -Vol. 4. -Springer: Berlin, 1999.
2. *Гожик П.Ф., Богилло В.И., Базилевская М.С.* // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.* -2003. -№ 1. -С. 44—53.
3. *Базилевская М.С., Богилло В.И.* // Там же. -2003. -№ 4. -С. 76—88.
4. *Базилевская М.С.* // *Геолог. журн.* -2003. -№ 2. -С. 120—128.
5. *Богилло В.И., Базилевская М.С.* // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.* -2003. -№ 2. -С. 53—65.
6. *Bogillo V.I., Shkilev V.P., Voelkel A.* // *J. Materials Chem.* -1998. -8, № 9. -P. 1953—1961.
7. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 77th Ed. -Boca Raton, Cleveland: CRC Press, 1996.
8. *Abraham M.H., Andonian-Haftvan J., Whiting G.S., Leo A.* // *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2.* -1994. -P. 1777—1791.
9. *Ginoux P., Chin M., Tegen I. et al.* // *J. Geophys. Res.* -2001. -106. -P. 20255—20273.
10. *Turov V.V., Leboda R., Bogillo V.I., Skubishewskaya Zieba J.* // *Langmuir.* -1997. -13, № 5. -P. 1237—1244.
11. *Pokrovskiy V.A., Bogillo V.I., Dabrowski A.* // *Adsorption and its application in industry and environmental protection* / Ed. by A. Dabrowski. -Elsevier: Amsterdam, 1999. -P. 571—634.
12. *Jaroniec M., Madey R.* *Physical adsorption on heterogeneous solids.* -Elsevier: Amsterdam, 1988.
13. *Dabrowski A., Bogillo V.I., Shkilev V.P.* // *Langmuir.* -1997. -13, № 5. -P. 936—944.
14. *Bazylevska M.S., Bogillo V.I.* // *Bull. Ukrainian Antarctic Center.* -2002. -4. -P. 173—176.

Институт геологических наук НАН Украины, Киев

Поступила 08.10.2003

УДК 541.18.043:541.18.048

Г.О. Тураш, Т.С. Сліпенюк, В.В. Нечипорук

ДОСЛІДЖЕННЯ ФЛОКУЛЯЦІЙНОГО СТРУКТУРУВАННЯ В ЛАТЕКСІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ

Досліджено вплив етонію, водорозчинних полімерів поліакриламід у та поліетиленоксиду на процеси регулювання агрегативної та седиментаційної стійкості латексу полівінілхлориду. Кількісно оцінено вклад

© Г.О. Тураш, Т.С. Сліпенюк, В.В. Нечипорук, 2005