

УДК 543:543.054:536.7:543.544-414

А. Н. Чеботарёв, Е. М. Гузенко

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра аналитической химии, ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина
e-mail: alexch@ukr.net, guzenkodom@yandex.ua

КИНЕТИКА И ТЕРМОДИНАМИКА СОРБЦИИ КОМПЛЕКСОВ ХРОМА С 1,5-ДИФЕНИЛКАРБАЗИДОМ И КАРМОАЗИНОМ ИОНИТАМИ КУ-2-8 И АВ-17-8

С помощью динамических и кинетических кривых, учитывающих изменение функции заполнения гранул ионообменника во времени, а также критерия Био и значений сорбционной обменной ёмкости проведена оценка механизма формирования адсорбционного слоя при извлечении комплексов (КС) дифенилкарбазоната хрома(III) и кармоазоната хрома (III) (КАОН-Сг(III)) поверхностью ионообменников КУ-2-8 и АВ-17-8, соответственно. Рассчитанные термодинамические параметры при извлечении КАОН-Сг(III) указывают на преобладание хемосорбционного механизма сорбции, сопровождающееся эффектом переориентации КС относительно поверхности ионита.

Ключевые слова: хром(VI), 1,5-дифенилкарбазид, кармоазин, сорбция, кинетика, термодинамика.

Сорбция микрокомпонентов различной природы в динамических условиях, как и любой физико-химический процесс массообмена, характеризуется кинетическими (КП) и термодинамическими параметрами (ТП) [1–5]. В тоже время, комплексный подход к исследованию термокинетики гетерогенных систем (ГС), содержащих в качестве сорбата органические вещества или комплексные соединения (КС) металлов с органическими лигандами и органополимерные иониты представляет особый интерес. Полученная информация используется при разработке методов выделения, разделения и очистки веществ, даёт возможность уточнить лежащие в основе теоретических представлений природу и механизм процессов сорбции, а также соответствие их структурным и сорбционным особенностям поверхности ионитов. При этом существенное влияние на достижение равновесия в системе оказывает режим извлечения вещества, т. е. статическое или динамическое концентрирование. На практике для описания реализующихся процессов учитывают, какой именно вклад оказывают все составляющие подобных сорбционных систем: масса ионита и его фракционный состав, объём и концентрация раствора сорбата, время его контакта с поверхностью ионита и т. д. При изучении сорбции в динамическом режиме с целью получения более полной и достоверной информации необходимо использовать максимально возможное число характеристических параметров процесса массопереноса [6]. Например, расчёт критерия Био (Bi) и построение кинетических кривых ионного обмена помогают охарактеризовать специфику заполнения гранул ионита молекулами КС во времени, а также выяснить: внешний или внутренний массоперенос определяет в конкретных условиях опыта кинетику адсорбции, т. е. отношение внутреннего сопротивления массопереносу в зерне адсорбента к внешнему сопротивлению массопереносу из жидкости путём диффузии через пограничный вязкий слой к поверхности зерна

[1–2, 6]. Кроме того, при обработке и интерпретации экспериментальных данных нужно учитывать природу извлекаемого вещества. Так, при извлечении «простых» неорганических ионов в ГС реализуются процессы, описание которых возможно с помощью классических подходов теории и практики ионного обмена [1, 5, 6]. При сорбции сложных органических (комплексных) ионов [7] необходимо принимать во внимание не только их химическую природу и наличие заряженных центров, но и структурно-пространственные размеры сорбируемых частиц. В связи с этим, изучение КП и ТП позволяет оценить эффективность сорбции и сделать выводы о характере и механизме сорбции, а также оптимизировать процесс. С точки зрения аналитической химии результаты таких исследований могут быть положены в основу разработки тест-систем, работающих в проточном режиме при обнаружении веществ токсикантов, содержащихся в водах различных категорий.

Одним из известных токсикантов, оказывающим негативное влияние на живые организмы и окружающую среду в целом, является хром (VI). Для его обнаружения часто применяют различные органические реагенты (ОР), при этом в растворе образуются КС, которые используются в виде аналитических форм, как источники аналитического сигнала. В работах [8, 9] изучены особенности массообменных процессов извлечения хрома (VI) в виде его комплексных соединений с редокс-реагентами 1,5-дифенилкарбазидом (ДФК) и кармозином (КАН), используемых в качестве аналитических форм хрома (VI): дифенилкарбазонат хрома(III) (ДФКАТ-Cr(III)) и кармоазонат хрома (III) (КАОН-Cr(III)); носителями указанных форм служат органополимерные иониты – сильнокислотный катионообменник КУ-2-8 и сильноосновный анионообменник АВ-17-8. Выбор последних обусловлен зарядом извлекаемых КС, а также возможностью разработки методик, основанных на твёрдофазно-спектроскопическом детектировании аналитического сигнала в вариантах спектроскопии диффузного отражения и визуальной колориметрии.

С учётом выше изложенного настоящие исследования посвящены изучению влияния температуры на специфику заполнения гранул ионита комплексами хрома во времени, а также оценке термодинамических и кинетических параметров массопереноса в гетерогенных системах: (I) – КУ-2-8 – ДФКАТ-Cr(III) и (II) – АВ-17-8 – КАОН-Cr(III).

Экспериментальная часть

Водные растворы комплексов ДФКАТ-Cr(III) и КАОН-Cr(III), готовили согласно методикам приведенным в [8, 9], с начальной концентрацией ($c_{\text{нач}}$) хрома(VI), изменяющейся в диапазоне от 0,10 до 0,65 мкг/мл. Концентрацию хрома (VI) в растворе контролировали фотометрически на КФК-2 при $\lambda = 540$ нм для ДФКАТ-Cr(III) и $\lambda = 590$ нм для КАОН-Cr(III) в кюветах с толщиной оптического слоя $l = 5$ см.

Изучение динамики сорбции проводили в сорбционной колонке (СК) с внутренним диаметром 10 мм, содержащей катионит КУ-2-8 (Н-форма) и анионит АВ-17-8 (СI-форма) с диаметром зёрен (d_3) различных фракций, полученных ситовым отбором (0,33÷0,40 мм; 0,40÷0,43 мм; 0,43÷0,50 мм; 0,50÷0,75 мм; 0,75÷1,00 мм). Через слой сорбента пропускали растворы комплексов ДФКАТ-Cr(III) и КАОН-Cr(III), регистрируя остаточную концентрацию ($c_{\text{ост}}$) на выходе из СК фотометрическим методом. Исследования в системе I проводились при следующих условиях: $c_{\text{нач}} = 0,10 \div 0,30$ мкг/мл, массе сорбента $m_c = 0,5$ г, объёмная скорость

пропускания раствора сорбата $V_{об} = 8,0$ мл/мин. Для системы II: $c_{нач} = 0,43 \pm 0,65$ мкг/мл, $m_c = 1,0$ г, $V_{об} = 6,0$ мл/мин. Для обеих систем температура (T) варьировалась от 293К до 313К (шаг 5К).

При расчёте критерия Био использовали формулу $Bi = \frac{\beta \cdot R_0^2 \cdot c_{ост}}{c_{нач} \cdot D}$,

где β – массообменный коэффициент, c^{-1} ; R_0 – радиус гранулы ионита, мм; D – коэффициент диффузии ионов в растворе, m^2/c [6].

Численные значения функции заполнения гранул ионитов (F) и безразмерного времени ($T_{безр.}$) рассчитывались по ниже приведенным формулам [10].

$$F = \begin{cases} 1 - \left(0,5 + \sin \left[\frac{\arcsin(1 - 12 \cdot T_{безр.})}{3} \right] \right)^3, & \text{при } T_{безр.} \leq \frac{1}{6} \\ 1, & \text{при } T_{безр.} \geq \frac{1}{6} \end{cases} \quad (1)$$

$$T_{безр.} = \frac{t_0 \cdot D}{R_0^2 (1 + \Gamma_{распр.})} \quad (2)$$

$$\Gamma_{распр.} = \frac{Q \cdot m_c}{c_{нач} \cdot V_{сорб} \cdot \varepsilon}, \quad (3)$$

где t_0 – время выхода на плато, с; $\Gamma_{распр.}$ – коэффициент распределения; Q – количество сорбированного вещества в фазе сорбента, мг/г; $V_{сорб}$ – объём сорбента в сорбционной колонке, л; ε – порозность слоя ионита; m_c – масса ионита, г.

Для построения изотерм адсорбции в координатах $A = f(c_p)$ (A – адсорбция, моль/г; c_p – равновесная концентрация сорбата в растворе, моль/л), проводили обработку соответствующих выходных кривых, полученных при разных температурах, а затем рассчитывали термодинамические параметры адсорбции по участкам изотерм [4], отвечающих уравнению Ленгмюра в линейной форме (4).

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_\infty} + \frac{1}{A_\infty K} \cdot \frac{1}{c_p}, \quad (4)$$

где A_∞ – предельная адсорбция, моль/г; K – константа адсорбционного равновесия, г/моль.

Значения дифференциальных стандартных термодинамических функций рассчитывались по уравнениям (5).

$$\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K; \quad \Delta H^\circ = RT^2 \frac{d \ln K}{dT}; \quad \Delta S^\circ = \frac{\Delta H^\circ - \Delta G^\circ}{T}. \quad (5)$$

Результаты и их обсуждения

Как указано в работах [1, 2, 6] кинетические кривые выражаются зависимостями функции заполнения гранул ионитов молекулами комплексов от безразмерного времени при фиксированных фракциях сорбента, которым отвечают соответствующие значения критерия Био. При $Bi \rightarrow \infty$ – процесс внутридиффузионный, при

$Bi \rightarrow 0$ – внешнедиффузионный. Зависимость критерия Bi от радиуса гранулы ионита в первую очередь позволяет экспериментально отличить внешнедиффузионное торможение от стадии стока ионов в твердую фазу. При относительно больших значениях Bi внешняя диффузия оказывает заметный вклад в кинетику процесса. Как видно из приведенных в табл. 1 значений Bi процесс, реализующийся в исследуемых сорбционных системах, контролируется только внешней диффузией, а значения критерия Bi колеблются в диапазоне $0,13 \div 1,32$.

Таблица 1

Численные значения критерия Био от диаметра зёрен гранул сорбента

Система	Bi	d_p , мм				
		0,33÷0,40	0,40÷0,43	0,43÷0,50	0,50÷0,75	0,75÷1,00
I		0,13	0,29	0,59	0,92	1,32
II		0,24	0,46	0,77	1,08	1,28

Необходимо отметить, что проведенные ранее исследования в системах I и II [8, 9] позволили выбрать оптимальные параметры (m_c , d_p , $V_{об}$) при которых осуществляли дальнейшие исследования. Построение кинетических кривых проводили путём обработки соответствующих выходных кривых с помощью формул (1–3). Графические зависимости, построенные в координатах $F = f \sqrt{T_{безр.}}$, позволяют оценить, каким образом проходит процесс заполнения гранул ионита комплексными ионами во времени с учётом специфики режима концентрирования. Для понимания физического смысла $T_{безр.}$ проведена аналогия с объёмом раствора сорбата, необходимого для достижения динамического равновесия в гетерогенных системах (рис. 1).

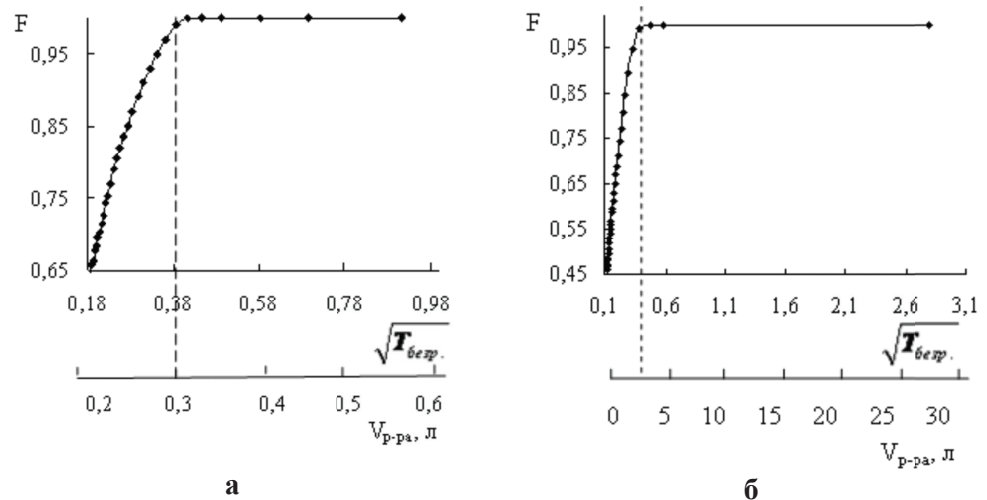
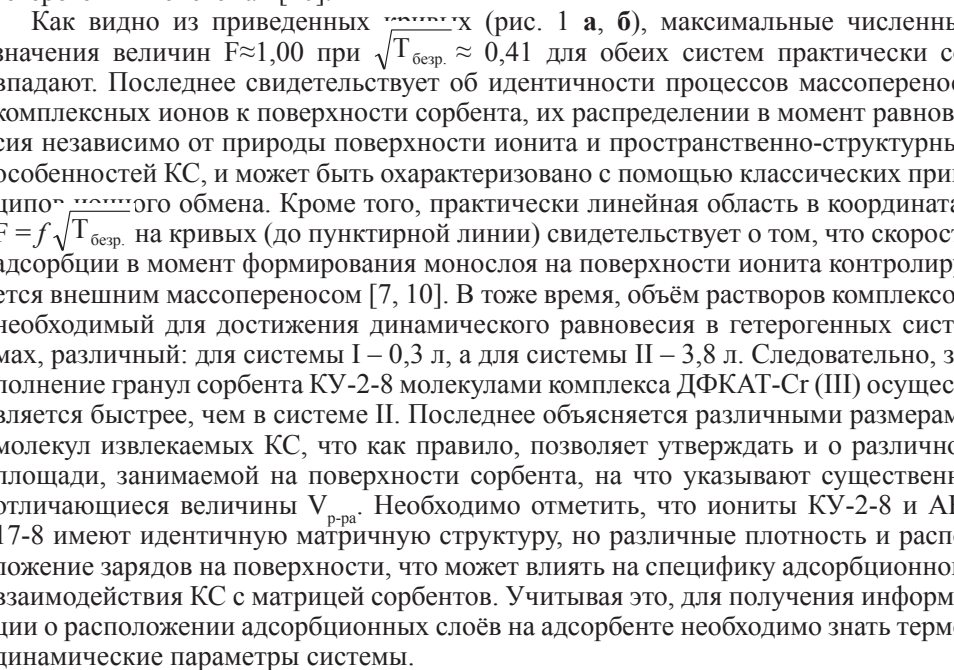
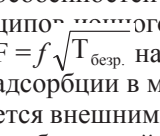


Рис. 1. Кинетические кривые: а – система I; б – система II.

Так как подобные зависимости $F = f \sqrt{T_{\text{безр.}}}$ при варьировании $c_{\text{нач}}$, $V_{\text{об}}$ и d_3 имеют идентичный вид, на рис. 1 представлены результаты только при фиксированных значениях указанных параметров. Необходимо отметить, что функция F является многофакторной, учитывающей, согласно формулам (1–3), влияние порядка десяти характеристических параметров оказывающих влияние на кинетику сорбции в гетерогенных системах [10].

Как видно из приведенных  (рис. 1 а, б), максимальные численные значения величин $F \approx 1,00$ при $\sqrt{T_{\text{безр.}}} \approx 0,41$ для обеих систем практически совпадают. Последнее свидетельствует об идентичности процессов массопереноса комплексных ионов к поверхности сорбента, их распределении в момент равновесия независимо от природы поверхности ионита и пространственно-структурных особенностей КС, и может быть охарактеризовано с помощью классических принципов  обмен. Кроме того, практически линейная область в координатах $F = f \sqrt{T_{\text{безр.}}}$ на кривых (до пунктирной линии) свидетельствует о том, что скорость адсорбции в момент формирования монослоя на поверхности ионита контролируется внешним массопереносом [7, 10]. В тоже время, объём растворов комплексов, необходимый для достижения динамического равновесия в гетерогенных системах, различный: для системы I – 0,3 л, а для системы II – 3,8 л. Следовательно, заполнение гранул сорбента КУ-2-8 молекулами комплекса ДФКАТ-Сг (III) осуществляется быстрее, чем в системе II. Последнее объясняется различными размерами молекул извлекаемых КС, что как правило, позволяет утверждать и о различной площади, занимаемой на поверхности сорбента, на что указывают существенно отличающиеся величины $V_{\text{р-ра}}$. Необходимо отметить, что иониты КУ-2-8 и АВ-17-8 имеют идентичную матричную структуру, но различные плотность и расположение зарядов на поверхности, что может влиять на специфику адсорбционного взаимодействия КС с матрицей сорбентов. Учитывая это, для получения информации о расположении адсорбционных слоёв на адсорбенте необходимо знать термодинамические параметры системы.

Для этого на первом этапе получены выходные динамические кривые типа $c_{\text{ост}} = f(V_{\text{р-ра}})$ при изменении температуры проведения процесса концентрирования. В связи с тем, что независимо от $c_{\text{нач}}$ форма выходных кривых постоянна, на рис. 2 приведены данные, полученные только при одной $c_{\text{нач}}$ соответствующих КС и разных температурах.

На всех выходных кривых наблюдается два плато, кроме кривой 1 на рис. 2 (б) – с одним плато. Наличие второго плато у всех остальных выходных кривых можно объяснить следующим образом – уже при возрастании температуры на 5К, увеличивается скорость диффузии молекул КС в растворе и как следствие, время достижения поверхности сорбента этими молекулами значительно уменьшается. Вероятно, в случае адсорбции таких объёмных комплексов, как КАОН-Сг(III), число активных центров на поверхности сорбента, принимающих участие в адсорбционном взаимодействии, будет резко возрастать при увеличении температуры, что связано с переориентацией распределения молекул КС относительно поверхности ионита с планарного расположения в вертикальное. Так, при +293К молекулы комплекса КАОН-Сг(III) блокируют часть активных центров на поверхности сорбента, что приводит к сокращению времени формирования монослоя. При +298К и выше появление двух плато позволяет утверждать об образовании монослоя комплекса, сопровождающееся постепенной переориентацией КС на поверхности анионообменника АВ-17-8 во времени.

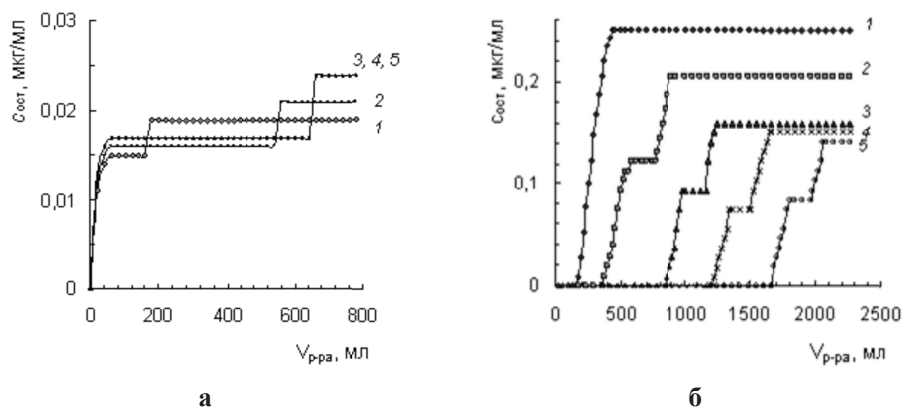


Рис. 2. Выходные кривые, полученные при разных температурах проведения процесса концентрирования Т, К: 1 – 293; 2 – 298; 3 – 303; 4 – 308; 5 – 313; а – система I; б – система II.

При дальнейшем сравнительном анализе выходных кривых видно, что исследуемые системы достигают динамического равновесия при разных $V_{\text{р-ра}}$, прошедших через слой сорбента. Например, в системе I при $c_{\text{нач}} = 0,10$ мкг/мл выход на второе плато при температуре +293К осуществляется при объёме 180 мл, для +298К – 560 мл, а начиная с +303К и дальнейшее повышение температуры приводит к совпадению выходных кривых (рис. 2 а, кривые 3-5), что соответствует $V_{\text{р-ра}} = 600$ мл. В системе II, при +293К образуется только одно плато при объёме 460 мл, а при повышении температуры на 5К, на выходных кривых наблюдается два плато: первое – при 580 мл, а второе – 900 мл, при +303К первое плато – 1000 мл, второе – 1240 мл и т. д. Аналогичная закономерность наблюдалась для всех исследуемых концентраций. Так, изменение объёма ΔV ($\Delta V = V_{\text{T2}} - V_{\text{T1}}$, где V_{T1} и V_{T2} – объёмы растворов КС в момент динамического равновесия в системе, т. е. начало формирования второго плато, полученные при изменении температуры на 5К) для системы I находится в пределах $100 \div 380$ мл, а для системы II $340 \div 440$ мл, что подтверждает влияние стереометрических факторов на специфику формирования адсорбционного слоя на поверхности ионита. В то же время известно, что повышение температуры ускоряет хемосорбцию и замедляет физическую соответственно [3, 4]. Кроме того, сдвиг образования второго плато в область больших объёмов при увеличении температуры указывает на преобладание хемосорбционного взаимодействия между поверхностью сорбента и соответствующим комплексным ионом.

Таким образом, из анализа полученных выходных кривых можно высказать предположение об идентичности механизма сорбции в системах I и II с учётом кинетики формирования монослоя соответствующих КС во времени. Для подтверждения последнего проведена сравнительная характеристика значений сорбционной обменной ёмкости (СОЁ) систем I и II, а также оценка термодинамических параметров системы II (табл. 2). Необходимо отметить, что предпринятые попытки расчёта ТП для системы I с помощью уравнения Ленгмюра не представлялось возможным, что вероятно связано с наличием вклада различных сил взаимодействия между комплексными ионами и поверхностью ионита.

Таблица 2

Термодинамические параметры системы II и численные значения СОЁ систем

Т, К	Значения СОЁ, моль/г		Термодинамические параметры системы II			
	Система		K·10 ⁻³ , л/ммоль	ΔG°, кДж/моль	ΔS°, Дж/(моль·К)	ΔH°, кДж/моль
	I	II				
293	2,2	2,5	0,11	-28,2	505	119
298	5,2	5,0	0,19	-30,1	503	119
303	6,0	9,0	0,36	-32,2	502	119
308	6,0	12,0	0,38	-35,9	500	119
313	6,0	18,0	1,24	-33,5	489	119

Как видно из табл. 2, с повышением температуры наблюдается увеличение значений СОЁ до достижения некоторого постоянного значения (для системы I), что связано с завершением переориентации КС ДФКАТ-Cr(III) относительно поверхности КУ-2-8 и отсутствием свободных активных центров, принимающих участие в дальнейшем адсорбционном процессе, а также наличием смешанного механизма сорбции. Для системы II при увеличении температуры процесс переориентации молекул КС КАОН-Cr(III) от планарного до вертикального характеризуется появлением большего количества активных сорбционных центров, сопровождающееся преобладанием хемосорбционных взаимодействий и значительным увеличением СОЁ. Указанные отличия, кроме размеров комплексных ионов, можно объяснить различной локализацией зарядов, а именно внешнесферного в КС КАОН-Cr(III), внутрисферного в КС ДФКАТ-Cr(III), что объясняется наличием для последнего смешанных сил взаимодействий, участвующих в формировании адсорбционного слоя.

Анализируя данные термодинамических расчётов для системы АВ-17-8 – КАОН-Cr(III) (табл. 2), можно сделать вывод о реализации самопроизвольного процесса, сопровождающегося увеличением упорядоченности в ГС. Кроме того, положительные и достаточно большие значения энтальпии свидетельствуют о достаточно сильном и необратимом процессе, характеризующем преобладание хемосорбционного механизма взаимодействия. Последнее утверждение находится в полном согласии с изложенными ранее рассуждениями о специфике формирования адсорбционных слоёв в системе II.

Таким образом, рассмотренные в данной работе кинетические критерии (F , $\sqrt{T_{\text{безр.}}}$), динамические ($c_{\text{нач}}$, $c_{\text{ост}}$, $V_{\text{p-ра}}$ и др.) и термодинамические (K , ΔG° , ΔS° , ΔH°) параметры позволили сделать вывод о механизме сорбционного взаимодействия комплексов дифенилкарбазоната хрома(III) и кармоазоната хрома(III) с органополимерными ионитами КУ-2-8 и АВ-17-8. Необходимо отметить, что существенное влияние на указанные процессы оказывают такие факторы как: заряд и размер комплексного иона, а также число и расположение активных центров на поверхности носителя [8–10]. С учётом сказанного, всё же можно утверждать, что подобие механизмов массопереноса в системах КУ-2-8 – ДФКАТ-Cr(III) и АВ-17-8 – КАОН-Cr(III) в целом будет определяться соответствием плотности зарядов поверхности сорбента к плотности зарядов извлекаемых комплексов.

Литература

1. Веницианов Е. В., Ковалев И. Б., Цизин Г. И. Оптимизация динамического сорбционного концентрирования в аналитической химии. – Теор. и пр. сорбц. процессов. Межвузовский сб. науч. трудов. – 1998. – № 23. – С. 24.
2. Корольков Н. М., Михайлов Ю. А. Массообменные процессы химической технологии. Жидкостная сорбция. – Рига.: Наука, 1976. – 246 с.
3. Полтораки О. М. Термодинамика в физической химии. – М.: Высш. шк. 1991. – 319 с.
4. Фролов Ю. Т. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: Химия, 1988. – 464 с.
5. Бондарёва Л. П., Перегудов Ю. С., Овсянникова Д. В. и др. Тепловые эффекты сорбции на ионообменных материалах (обзор) // Сорбционные процессы. – 2009. – Т. 9, Вып. 4. – С. 477–498.
6. Сенявин М. М., Рубинштейн Р. Н., Веницианова Е. В. и др. Основы расчёта и оптимизации ионообменных процессов. – М.: Наука, 1972. – 170 с.
7. Когановский А. М., Клименко Н. А., Левченко Т. М., Рода И. Г. Адсорбция органических веществ из воды. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
8. Чеботарёв А. Н., Гузенко Е. М., Ефимова И. С. Основные закономерности сорбции комплекса хрома(VI) с кармозином на анионообменнике АВ-17-8. – Вопросы химии и хим. технологии. – 2007. – № 5. – С. 10–14.
9. Чеботарёв О. М., Гузенко О. М., Щербакова Т. М. Вивчення кінетики сорбції комплексу дифенілкарбазонату хрому (III) на катіоніті КУ-2-8 // Вісник ОНУ. Серія Хімія. – 2002. – Т. 6. – Вип. 7–8. – С. 73–78.
10. Колышкин А. С. Кинетика ионного обмена на неорганических ионитах: дис. ... кандидата хим. наук: 02.00.04 / Антон Сергеевич Колышкин. – Пермь, 2005. – 144 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.12

О. М. Чеботарёв, О. М. Гузенко

Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова,
кафедра аналитической химии, вул. Дворянская, 2, Одеса, 65026, Україна
e-mail: alexch@ukr.net, guzenkodom@yandex.ua

КІНЕТИКА ТА ТЕРМОДИНАМІКА СОРБЦІЇ КОМПЛЕКСІВ ХРОМУ З 1,5-ДИФЕНІЛКАРБАЗИДОМ І КАРМОАЗИНОМ ІОНІТАМИ КУ-2-8 ТА АВ-17-8

Резюме

За допомогою динамічних і кінетичних кривих, що враховують зміну функції заповнення гранул іонообмінника у часі, а також критерію Біо й значень сорбційної обмінної ємності проведена оцінка механізму формування адсорбційного шару при вилученні комплексів (КС) дифенілкарбазонату хрому(III) і кармоазонату хрому(III) (КАОН–Cr(III)) поверхнею іонообмінників КУ-2-8 і АВ-17-8, відповідно. Розраховані термодинамічні параметри при вилученні КАОН–Cr(III) указують на перевагу хемосорбційного механізму сорбції, що супроводжується ефектом переорієнтації КС відносно поверхні іоніту.

Ключові слова: хром(VI), 1,5-дифенілкарбазид, кармоазин, сорбція, кінетика, термодинаміка.

A. N. Chebotaryov, H. M. Guzenko

Odessa I. I. Mechnikov National University, Department of analytical chemistry,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65026, Ukraine
e-mail: alexch@ukr.net, guzenkodom@yandex.ua

**THE KINETIC AND THERMODYNAMIC OF CHROMIUM
COMPLEXES SORPTIONS' WITH DIPHENYLCARBAZID AND
CARMOAZINE USING ION-EXCHANGE RESINS CU-2-8 AND AV-17-8**

Summary

There was organized estimation of the shaping sorption layer mechanism at extraction of coordination compounds (CC) chromium (III) diphenylcarboazone and chromium(III) carboazone (CAON-Cr(III)) by ion-exchanger resins CU-2-8 and AV-17-8 surface, by using dynamic and kinetic curves, that consider functions of the filling the granules ion-exchange resins' change at time, Biot number and sorption exchanging capacity value. The calculated thermodynamic parameters at CAON-Cr(III) extraction point to chemisorption sorption's mechanism prevalence, that is accompanied by the reorientations CC effect for ion-exchangers resins' surfaces.

Keywords: chromium(VI), 1,5-diphenylcarbazide, carmoazine, sorption, kinetics, thermodynamics.