

УДК 543.544

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ УДЕРЖИВАНИЯ АНИОНОВ В ДВУХКОЛОНОЧНОЙ ИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Е.В. Шляпунова, Г.М. Сергеев

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Химический факультет
603950, ГСП-20, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
Shlena@bk.ru

Поступила в редакцию 12 января 2008 г.

Изучена взаимосвязь количественных характеристик удерживания F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} и SO_4^{2-} - ионов с молярной массой, энтальпией гидратации и поляризуемостью анионов в классическом варианте двухколоночной ионной хроматографии. Использовали аниониты "ANIEKS-N" с различной обменной емкостью, карбонатный буферный раствор в качестве элюента и кондуктометрическое детектирование. Установленные закономерности позволяют детализировать некоторые особенности механизма анионного обмена. Впервые показано, что существенный вклад в величину коэффициента емкости вносят структурные эффекты гидратации анионов. Немаловажное значение имеют поверхностная плотность заряда ионита и поляризуемость сорбата.

Ключевые слова: ионная хроматография, закономерности удерживания анионов.

Шляпунова Елена Валерьевна – аспирант химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов: ионная хроматография питьевых вод.

Автор 9 статей.

Сергеев Геннадий Михайлович – д.х.н., доцент, профессор кафедры аналитической химии химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов: вещественный анализ объектов окружающей среды и современных технологий; ионная хроматография, проточно-инжекционный анализ.

Автор около 150 публикаций.

В ионной хроматографии (ИХ) удерживание сорбата обусловлено, главным образом, противоположными знаками зарядов хроматографируемого иона и ионогенных групп сорбента. Указанное взаимодействие определяется размерами ионов, степенью их гидратации, поляризуемостью и строением [1-5]. Кроме этого, нельзя исключить силы Ван-дер-Ваальса, а также "ситовый" эффект матрицы ионообменника.

Селективность разделения за счет ионного обмена – достаточно сложное явление. Известно [6], что если пренебречь специфической сорбцией, селективность анионного обмена можно оценить с помощью трех факторов. Среди них – сольватация и степень десольватации аниона; образование ионных пар между анионом и катион-анионообменным участком сорбента; неспецифические электростатические взаимодействия.

Растворитель, также как и противоионы элюента, играет существенную роль в процессе термодинамического распределения сольватированного аниона между двумя фазами [1]. Вклад сольватационных эффектов зависит от энтальпии гидратации [7]. Влияние электростатического силового поля сорбента на удерживание анионов связано с их поляризуемостью. В свою очередь, поверхностная плотность заряда ионогенных групп определяется обменной емкостью сорбента. Специфическая сорбция во многом объясняется особенностями строения ионов.

Имеется обширный материал, позволяющий расчетным путем прогнозировать основные параметры хроматограмм при разделении смеси анионов [8-12]. Вместе с тем, в литературе отсутствуют сведения о взаимосвязи количественных характеристик удерживания

с энтальпией гидратации и поляризуемостью анионов, а также о влиянии обменной емкости однотипных сорбентов. На практике – это может быть легко реализуемая задача в классическом двухколоночном варианте ИХ с изократическим элюированием F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} и SO_4^{2-} -ионов карбонатным буферным раствором и кондуктометрическим детектированием.

Такая информация расширяет представления о механизме удерживания анионов в ионной хроматографии и позволяет оптимизировать условия разделения. Изучению этих вопросов и посвящена данная работа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Измерения проводили на ионном хроматографе «Цвет-3006» снабженным кондуктометрическим детектором. Использовали базовый вариант ИХ с карбонатным элюентом (2,8 мМ $NaHCO_3$ / 2,0 мМ Na_2CO_3 ; 3 мл/мин) и "стандартную" смесь анионов: F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} и SO_4^{2-} . Концентрацию анионов в рабочих растворах, приготовленных из первичных внутрилабораторных стандартов (натриевые или калиевые соли квалификации ос.ч.), изменяли следующим образом. Для фторида – от 0,1 до 50; хлорида – (0,2–100); бромиды, моногидрофосфата и сульфата – (0,5–100); нитрата и нитрита – (1,5–100) мг/л. Применяли деионизованную воду, характеризующуюся величинами удельной электропроводности менее 50 мкС/м, с содержанием искомым аналитов ниже пределов обнаружения. Карбонатный элюент предварительно дегазировали.

Термостатировали ($20,0 \pm 0,2$ °C) разделяющую колонку (100×6 мм), заполненную пористо-привитым полиметакрилатным анионитом "ANIEKS-N" зернением 7-10 или 16-20 мкм, и подавляющую колонку (100×6 мм) с сильнокислотным сульфокатионитом "КУ-2×8" (50 ± 10 мкм). Кроме этого, поддерживали постоянную температуру кондуктометрического детектора (константа ячейки равна $3,1 \cdot 10^{-2}$ см⁻¹). Чтобы избежать попадания в детектор углекислого газа, который образуется в результате послеклоночной реакции (КУ-2×8), на выходе ячейки присоединяли дросселирующую колонку (50×6 мм) с инертным наполнителем.

Обменную емкость (ОЕ, мк-экв/мл) анионитов определяли в динамических условиях эксперимента по известной методике [3]. Для "ANIEKS-N-I" (7-10 мкм) величина ОЕ составила ($26 \pm 1,3$); для "ANIEKS-N-II" (16-20 мкм) ОЕ равна ($10,0 \pm 0,5$). Соответствующее отношение численных значений обменных емкостей анионитов (2,6) меньше отношения площадей поверхности ($\approx 4,5$) сферических гранул ионов, по-видимому, вследствие экранирования зарядов рядом расположенными функциональными группами четвертичного аммониевого основания.

В каждом случае для построения градуировочных зависимостей использовали 5-7 растворов (3-5 измерений для каждого). Массовую концентрацию анионов в пробе (петлевой дозатор объемом 50 мкл) рассчитывали по площади хроматографических пиков, применяя программную обработку результатов. Пределы обнаружения ($C_{\text{мин}}$) вычисляли, исходя из утроенного стандартного отклонения сигнала фона с учетом соответствующих коэффициентов чувствительности [13]. Суммарная относительная погрешность для концентраций анионов на уровне (0,1-2) мг/л составляла 15-20 %; в диапазоне (10-100) мг/л: 5-10 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенность ионной хроматографии в ряду других процессов ионного обмена заключается в ее целевом назначении. Для анализа анионного состава питьевых вод наиболее важным является избирательность определения низких концентраций токсичных F^- , Br^- , NO_3^- и NO_2^- - ионов на фоне высоких содержаний матричных компонентов (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}). При работе с микропримесями следует применять хроматографические системы, обеспечивающие высокую

разрешающую способность ($R_s = 1,2-1,5$), селективность ($\alpha > 1,2$) и относительно низкие значения коэффициентов емкости ($\bar{k}_{\text{емк.}} = 1-10$) [14]. Следует отметить, что эффективность колонки, оцениваемая числом теоретических тарелок N , меньше влияет на разрешение ($R_s \sim \sqrt{N}$), чем ее селективность и коэффициент емкости.

В табл. 1 представлена сравнительная характеристика удерживания анионов и селективность колонок для анионитов "ANIEKS-N" с различной обменной емкостью. Указывается [15, 16], что регулирование этого параметра – перспективное направление в развитии ионной хроматографии. Если состав элюента не изменяется, время удерживания (t'_R) определяется константами ионного обмена и емкостью ионита. Расчет констант ионного обмена ($K_{\text{и.о.}}$) осуществляли по методике [3]. Коэффициент емкости $k_{\text{емк.}} = t'_R/t_0$, являясь безразмерной величиной, наиболее удобен для описания процесса хроматографирования. Он зависит от отношения объемов неподвижной и подвижной фаз. Параметр селективности (или относительное удерживание) $\alpha_{ji} = k_j/k_i = t'_{R,j}/t'_{R,i}$ определяется термодинамическими факторами [14]; на него влияют природа хроматографируемых компонентов, а также тип сорбента и состав элюента. На рис. 1 представлена зависимость коэффициента емкости от молярной массы анионов для колонки "ANIEKS-N-I". Наблюдается линейная корреляция ($r = 0,98$) указанных параметров за исключением нитрат- и моногидрофосфат- ионов. Нитрат-ион имеет плоскостное строение [17], вследствие чего он гидратирован в меньшей степени по сравнению с другими анионами. Поэтому для него характерно повышенное сродство к сорбенту. Моногидрофосфат, как относительно объемная частица, слабо удерживается анионитом в силу структурных особенностей. Аналогичный порядок выхода анионов наблюдается для анионита "ANIEKS-N-II" с меньшей обменной емкостью. Однако в этом случае отклонение от линейной корреляции кроме вышеуказанных ионов имеется и для нитрита. По-видимому, NO_2^- -ион в более слабом электростатическом поле функциональных групп менее поляризован и имеет большую молярную массу кластерного гидрата [17]. К сожалению, в отличие от катионов, надежные данные по величинам радиусов гидратированных анионов в литературе отсутствуют.

Таблица 1

Сравнительная характеристика параметров удерживания анионов и селективности колонок для анионитов "ANIEKS-N" с различной обменной емкостью (ОЕ)

Анионит (ОЕ, мк-экв/мл)	Параметр	Ион							
		F^-	Cl^-	HPO_4^{2-}	NO_2^-	Br^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	
"ANIEKS-N-I" ($26 \pm 1,3$)	t'_R , МИН	0,63	4,13	6,61	8,37	11,5	16,3	21,8	
	$K_{\text{и.о.}}$	0,07	0,5	0,3	1,0	1,6	0,5	2,6	
	$k_{\text{емк.}}$	0,47	3,1	5,0	6,3	10,1	12,2	16,3	
	α		6,6	1,6	3,4	1,3	1,4	1,4	1,3
"ANIEKS-N-II" ($10 \pm 0,5$)	t'_R , МИН	0,60	2,40	3,40	7,70	8,60	9,40	11,9	
	$K_{\text{и.о.}}$	0,2	0,7	0,6	2,4	2,6	0,9	3,6	
	$k_{\text{емк.}}$	0,40	1,8	2,5	5,8	6,4	7,0	8,9	
	α		4,0	1,4	2,3	1,1	1,1	1,3	

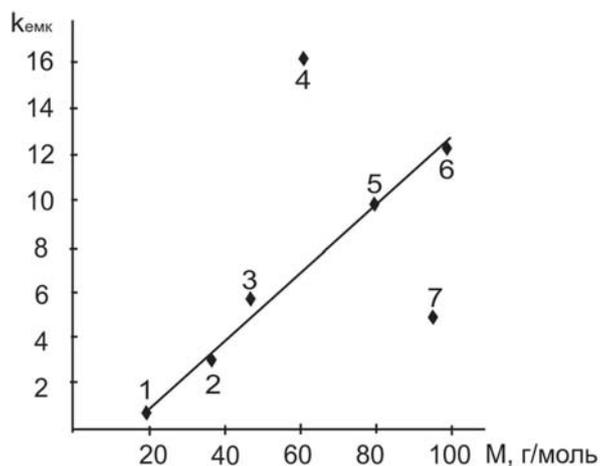


Рис. 1. Зависимость коэффициента емкости от молярной массы анионов для колонки "ANIEKS-N-I": 1 - F⁻; 2 - Cl⁻; 3 - NO₂⁻; 4 - NO₃⁻; 5 - Br⁻; 6 - SO₄²⁻; 7 - HPO₄²⁻

Взаимодействие анионов с растворителем, сопровождающееся образованием кластерных сольватов, обладает большей специфичностью, чем взаимодействие катионов. С другой стороны – устойчивость ионных пар между ионогенными группами анионита и хроматографируемыми анионами зависит от степени гидратации сорбата. В ряду: NO₃⁻>Br⁻>NO₂⁻>Cl⁻>F⁻>SO₄²⁻ увеличивается энтальпия гидратации анионов [7]. В свою очередь, энтальпия гидратации ионов ($\Delta H_{гидр}^0$) определяется энтальпией образования изолированного сольвата с соответствующим координационным числом.

Фторид- и сульфат-ионы характеризуются "положительной" гидратацией, так как они упрочняют структуру воды за пределами первого гидратного слоя. К структуроразрушающим ионам относятся нитрат, бромид, нитрит и хлорид, для которых имеет место "отрицательная" гидратация [18]. На рис. 2 показана взаимосвязь коэффициента емкости от энтальпии гидратации структуроразрушающих анионов (коэффициент корреляции 0,97). Аналогичная линейная зависимость наблюдается и для анионита "ANIEKS-N-II".

Полученные результаты подтверждают существенную роль и "предсказательную" способность структурных эффектов гидратации на сорбционную активность анионов.

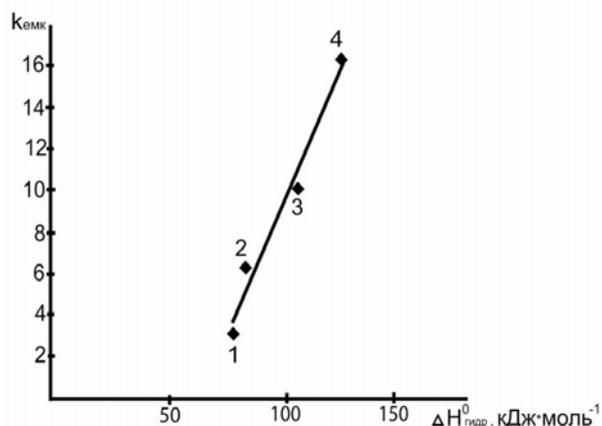


Рис. 2. Влияние энтальпии гидратации структуроразрушающих анионов на величину коэффициента емкости для колонки "ANIEKS-N-I": 1 - Cl⁻; 2 - NO₂⁻; 3 - Br⁻; 4 - NO₃⁻

Высокая поляризуемость анионов (SO₄²⁻>Br⁻>NO₂⁻>Cl⁻>F⁻ [19]) способствует их локализации близи поверхности ионита и, как следствие, приводит к увеличению коэффициента емкости (рис. 3). Для нитрата, вследствие особенностей его гидратации, отмечается большая величина удерживания, чем можно было ожидать по полученной корреляционной зависимости. Эффект поляризуемости оказывает меньшее влияние (примерно в 1,6 раза) на удерживание для колонки с анионитом "ANIEKS-N-II", обменная емкость которого составляет ~ 1/3 от величины ОЕ для "ANIEKS-N-I".

Параметр α является мультипликативной функцией, вклад в которую вносят все вышеперечисленные факторы. Одновременное действие структурных эффектов гидратации, массы, заряда и поляризуемости анионов предопределяет селективность колонки в принятых условиях хроматографирования.

Установленные нами закономерности позволяют детализировать некоторые особенности механизма анионного обмена и подтверждают общие положения теории сорбционных процессов с участием ионитов.

Колонка с анионитом "ANIEKS-N-I" характеризуется лучшей селективностью по отношению к некоторым трудно разделяемым ионам: "нитрит-бромид"; "бромид-сульфат".

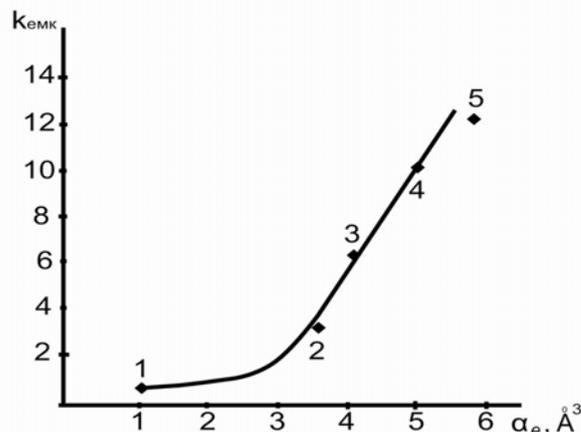


Рис. 3. Зависимость коэффициента емкости от поляризуемости анионов для колонки "ANIEKS-N-I": 1 - F⁻; 2 - Cl⁻; 3 - NO₂⁻; 4 - Br⁻; 5 - SO₄²⁻

В тоже время, меньшая обменная емкость анионита "ANIEKS-N-II" и "задаваемая" этим свойством поверхностная плотность заряда сорбента меньше влияет на структуру гидратной оболочки анионов, что способствует улучшению селективности разделения объемной частицы моногидрофосфата и достаточно легко поляризуемого нитрит - иона.

Вместе с тем, разрешение R_s хроматографических сигналов зависит не только от селективности α_{ij}, но определяется также коэффициентом емкости $\bar{k}_{емк} = (k_i + k_{i+1})/2$ и числом теоретических тарелок N [14]:

$$R_s = \frac{\alpha_{ij} - 1}{\alpha_{ij} + 1} \cdot \frac{\bar{k}_{емк}}{1 + \bar{k}_{емк}} \cdot \frac{\sqrt{N}}{2}$$

Следовательно, на разрешение влияет совокупность трех факторов, которые до некоторой степени можно рассматривать как независимые. Кроме параметра α_{ij} для оптимизации селективности желательно приведение коэффициента емкости к определенным пределам: $1 < \bar{k}_{емк} < 10$. В принятых нами

условиях эксперимента для колонок "ANIEKS-N-I" и "ANIEKS-N-II" величины \bar{K} изменяются в диапазонах 2-14 и 1-8 соответственно. Если значения $\bar{K}_{\text{емк.}}$ и α_{ij} позволяют использовать колонки с небольшими значениями N (в наших примерах: 2500 – 16000 /м), то это приводит к уменьшению времени анализа. В табл. 2 приведены величины R_s , угловые коэффициенты градуировочных зависимостей (а) и пределы обнаружения ($c_{\text{мин}}$) анионов для колонок "ANIEKS-N" с различной обменной емкостью. Как и следовало ожидать, для мелкодисперсного сорбента при прочих одинаковых условиях достигается лучшее разрешение хроматографических пиков.

Регистрируемый сигнал пропорционален концентрации выходящего из колонки хроматографируемого компонента: $h = S/\sigma\sqrt{2\pi}$, где h и S – высота и площадь пика соответственно, σ – стандартное отклонение (ширина гауссовой кривой).

Высоту хроматографического пика можно увеличить путем ввода больших объемов анализируемого раствора, уменьшения свободного объема колонки, большого числа теоретических тарелок при меньшем коэффициенте емкости. Известно [14] основное уравнение для оптимизации чувствительности хроматографического определения. Если считать $h = C_{\text{макс.}}$, тогда:

$$C_{\text{макс.}} = \frac{C_{\text{анал.}} \cdot V_{\text{пр.}}}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{\sqrt{N}}{V_{\text{св.}} \cdot (1+k_i)}$$

где $C_{\text{анал.}}$ – концентрация определяемого компонента в анализируемом растворе; $V_{\text{пр.}}$ и $V_{\text{св.}}$ – объем вводимой пробы и свободный объем колонки; N – число теоретических тарелок; k_i – коэффициент емкости искомого аналита.

В свою очередь, предел обнаружения тем меньше, чем больше высота аналитического сигнала. Поэтому в одинаковых условиях эксперимента должна наблюдаться обратно пропорциональная зависимость между величинами $c_{\text{мин}}$ определяемых анионов и $\frac{\sqrt{N}}{1+k_i}$.

Действительно (рис. 4), при уменьшении численного значения отношения $\frac{\sqrt{N}}{1+k_i} \approx$ в 3 раза (4,5-1,4) предел

обнаружения увеличивается от 0,06 (для Cl^-) до 0,2 мг/л (Br^-).

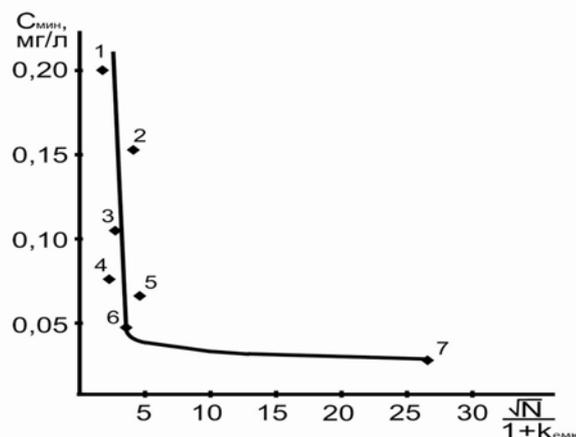


Рис. 4. Влияние параметра $\frac{\sqrt{N}}{1+k_{\text{емк.}}}$ на величину предела обнаружения анионов: 1 - Br^- ; 2 - NO_2^- ; 3 - NO_3^- ; 4 - SO_4^{2-} ; 5 - Cl^- ; 6 - HPO_4^{2-} ; 7 - F^-

Таким образом, рассчитаны параметры удерживания и пределы обнаружения F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} и SO_4^{2-} - ионов в ионохроматографических системах: "ANIEKS-N" с различной обменной емкостью – карбонатный элюент. Установленные закономерности сорбции и элюирования указанных ионов позволяют детализировать некоторые особенности механизма ионного обмена. Представляется возможным научное прогнозирование коэффициента емкости в изученных системах и выбор оптимального сорбента для решения конкретных прикладных задач.

ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние молярной массы, энтальпии гидратации и поляризуемости F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} и SO_4^{2-} -ионов на характеристики их удерживания анионитами "ANIEKS-N" с различной обменной емкостью в двухколоночном варианте ионной хроматографии.

2. Изучено влияние молярной массы, энтальпии гидратации и поляризуемости F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} и SO_4^{2-} -ионов на характеристики их удерживания анионитами "ANIEKS-N" с различной обменной емкостью в двухколоночном варианте ионной хроматографии. Показано, что существенный вклад в величину коэффициента емкости сорбатов вносят структурные эффекты гидратации анионов.

Таблица 2

Разрешение хроматографических пиков (R_s), угловые коэффициенты градуировочных зависимостей (а) и пределы обнаружения ($c_{\text{мин}}$) анионов для колонок "ANIEKS-N"

Анионит	Параметр	Ион						
		F^-	Cl^-	HPO_4^{2-}	NO_2^-	Br^-	SO_4^{2-}	NO_3^-
ANIEKS-N-I	R_s		2,7	1,3	1,1	1,8	1,1	1,4
	а	33,0±0,7	8,8±0,2	11,4±0,3	3,2±0,1	3,4±0,1	9,0±0,2	6,9±0,2
	$C_{\text{мин}}$, мг/л	0,02	0,06	0,04	0,2	0,2	0,07	0,1
ANIEKS-N-II	R_s		1,3	1,0	1,1	0,6	1,0	1,1
	а	11,5±0,2	6,71±0,05	5,13±0,02	3,34±0,07	2,30±0,05	4,64±0,07	1,02±0,06
	$C_{\text{мин}}$, мг/л	0,07	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,7

ЛИТЕРАТУРА

1. Риман, В. Ионнообменная хроматография в аналитической химии / В. Риман, Г. Уолтон. М.: Мир, 1973. 375 с.
2. Фритц, Дж.. Ионная хроматография / Дж. Фритц, Д. Гьерде, К.М. Поланд. М.: Мир, 1984. 224 с.
3. Долгоносков, А.Н. Ионный обмен и ионная хроматография / А.Н. Долгоносков, М.М. Сенявин, И.Н. Волощик. М.: Наука, 1993. 222 с.
4. Шпигун, О.А. Ионная хроматография и ее применение в анализе вод / О.А. Шпигун, Ю.А. Золотов. М.: Изд-во МГУ, 1990. 199 с.
5. Яшин Я.И. Закономерности удерживания в ионной хроматографии // Журн. физич. химии. 1993. Т. 67, № 4. С. 769-772.
6. Okada, T. Nonaqueous anion – exchange chromatography. 1. Role of solvation in anion-exchange resin / T. Okada // J. Chromatogr. A. 1997. V. 758, № 1. P. 19-28.
7. Крестов Г.А. Термодинамика ионных процессов в растворах. Л.: Химия, 1984. 272 с.
8. Обрезков, О.Н., Ионная хроматография анионов. Ионный обмен слабых кислот на сильноосновных анионообменниках / О.Н. Обрезков, Р.Н. Рубинштейн, О.А. Шпигун // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53, № 5. С. 498-503.
9. Долгоносков, А.М. Выбор оптимальных условий разделения смесей в ионной хроматографии // Журн. аналит. химии. 1990. Т. 45, № 2. С. 324-332.
10. Сенявин, Н.М. Расчет процесса разделения смесей методом ионной хроматографии / Н.М. Сенявин, Е.В. Веницианов, А.М. Долгоносков // Журн. аналит. химии. 1987. Т. 42, № 1. С. 82-88.
11. Долгоносков, А.М. Расчет условий хроматографического разделения смеси заданного состава / А.М. Долгоносков, Е.В. Веницианов // Журн. аналит. химии. 1988. Т. 43, № 6. С. 1073-1081.
12. Обрезков, О.Н. Ионная хроматография анионов. Априорный расчет времени удерживания / О.Н. Обрезков, Р.Н. Рубинштейн, О.А. Шпигун // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53, № 5. С. 504-507.
13. Доерфель, К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994. 268 с.
14. Схунмакерс, П. Оптимизация селективности в хроматографии. М.: Мир, 1989. 399 с.
15. Yamamoto, A. Capacity gradient anion chromatography with a borate complex as eluent / A. Yamamoto, Y. Inoue, S. Kodama, A. Matsunaga // J. Chromatogr. A. 1999. V. 850, № 1-2. P. 73-77.
16. Woodruff, A. Adjustable – capacity anion-exchange separator / A. Woodruff, A. Pohl Christopher, A. Bordunov, N. Avdalovic // J. Chromatogr. A. 2002. V. 956, № 1-2. P. 35-41.
17. Крестов, Г.А. Ионная сольватация / Г.А. Крестов, Н.П. Новоселов, И.С. Перелыгин и др. М.: Наука, 1985. 176 с.
18. Рабинович, В.А. Термодинамическая активность ионов в растворах электролитов. Л.: Химия, 1985. 176 с.
19. Справочник химика. Т. 1. Л.: Госуд. научно-техн. изд-во химич. литературы, 1963. С. 385.

SOME OF RETENTION PECULIARITIES OF ANIONS IN THE TWO-COLUMN ION-CHROMATOGRAPHY

E.V. Shljapunova, G.M. Sergeev

Correlation between retention characteristics of F^- , Cl^- , Br^- , NO_3^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} and SO_4^{2-} -ions and molar masses, hydration enthalpy and polarizability of anions in a classical variant of two-column ion-chromatography was studied. Anionites "ANIEKS-N" of different exchange capacity, the carbonate buffer eluent and conductivity detection were use. These regularities allowed to find out in detail some features of anion exchange mechanism. It was showed that structural effects of hydration of anions gave essential contributions into values of capacity coefficients. Charge density of the ionite and polarizability of the sorbate are also important.

Key words: ion chromatography, retention peculiarities of anions.