



UDK.159.9(575.1)

Iskandarxon SAIDOV,
Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti
E-mail: iskandarxon55@gmail.com
Gulnoza TURSUNOVA,
Samarqand davlat universiteti dotsenti
Maftuna TOJIBOYEVA,
Samarqand davlat universiteti magistranti
Xamza TROBOV,
Samarqand davlat universiteti professori

Samarqand davlat universiteti professori, k.f.d E.Abdurahmonov taqrizi asosida

SEPARATION OF MULTICOMPONENT SYSTEMS IN ANIONITE ARA-5P BY IONITE-EXTRACTION METHOD

Annotation

In the ionite-extraction method, hydrochloric acid and its salts were completely separated from multicomponent mixtures by anionite ARA-5P. The separation process was thermodynamically explained. Based on the results of the experiments, it was established that the efficiency of the separation process depends on the flow rate of the mixture, the diameter and height of the column, the concentration of the components in the mixture, and the amount of cross-links in the anionite.

Keywords: Ion exchange column, anionite, separation process, acid, salts, concentration, amount.

РАЗДЕЛЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ НА АНИОНИТА АРА-5П ИОНИТНО-ЭКСТРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация

С использованием ионитно-экстракционного метода на анионите АРА-5П из многокомпонентной смеси полностью извлечены соляная кислота и различные её соли. Процесс разделения термодинамически обосновано. Экспериментальными результатами доказано, что эффективность процесса разделения зависит от высоты и диаметра ионообменной колонки, скорости потока смеси, концентрации компонентов в смеси и количества поперечных связей анионита.

Ключевые слова: Ионообменная колонка, анионит, процесс разделения, кислоты, соли, концентрация, количество вещества.

IONIT-EKXTRAKTSION USULDA KO'P KOMPOONENTLI SISTEMALARNI ANIONIT ARA-5P DA AJRATISH

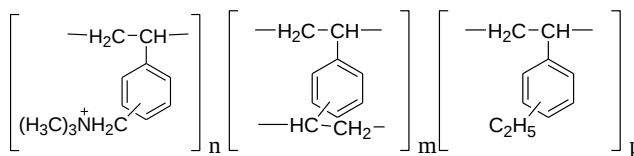
Annotatsiya

Ionit-ekstraksiyon usulda anionit ARA-5P da ko'p komponentli aralashmalardan xlorid kislota va uning tuzlari to'liq ajratish olingan. Ajratish jarayoni termodinamik jihatdan yoritilgan. Tajribalar natijalari asosida ajratish jarayoning samaradorligi aralashma oqimining tezligiga, kolonka diametri va balandligiga, komponentlarning aralashma tarkibidagi konsentratsiyasiga, anionitning ko'ndalang bog'lar miqdoriga bog'liq ekanligi asoslangan.

Kalit so'zlar: Ion almashinish kolonkasi, anionit, ajratish jarayoni, kislota, tuzlar, konsentratsiya, miqdor.

Kirish. Dunyoda sanoat korxonalarida ionitlarni sorbent sifatida ishlatilgandan so'ng, ularni qayta ishlatish uchun regeneratsiya qilinadi. Regeneratsiya jarayonida qo'shimcha reagentlarning ishlatilishi ion almashinishning unumdorligini pasaytiradi. Bu muammolarni hal qilish uchun aralashmalarni ajratishning reagentsiz usullari ishlab chiqilgan. Shulardan biri eksklyuzion xromatografiyasi bo'lib, dastlab Harch amfoter ionitlarda «ionlarning ushlanib qolishi» usulida oqova suvlarni tuzsizlantirgan [1]. Keyinchalik [2] ishda reagentsiz usulning yangi «kislotalarning ushlab qolinishi» (acid-retardation) (ya'ni kislota o'zining tuzlariga nisbatan kolonka bo'ylab sekin harakatlanadi) ko'rinishi batafsil yoritilgan va bu usul hozirgi vaqtgacha sanoatning barcha sohalarida qo'llanilmoqda. Mualliflar ilmiy izlanishlarida [3, 4] anionit AB-17x8 foydalanib, tarkibida fenilalanin va triptofan bo'lgan aminokislotalar aralashmasini reagentsiz usulda ajratganliklarini qayd etganlar. Purolite International Ltd. (Buyuk Britaniya) firmasi tomonidan ishlab chiqariladigan o'tatikilgan polistirol asosida olingan nanog'ovak sorbent Nano Net-381 (NN-381) ni qo'llab, preparativ frontal eksklyuzion xromatografiya usuli bilan ammoniy tuzlarini ajratishning o'ziga xos tomonlarini mualliflar [11] ko'rsatib o'tganlar. Yuqoridagi mulohazalarga tayangan holda mazkur maqolada ionit-ekstraksiyon usulda kuchli asosli anionit ARA-5P da aralashmalar tarkibidan xlorid kislota va turli tuzlarni «acid-retardation» ajratishning mohiyati termodinamik jihatdan yoritilgan.

Tajribaviy qism. Barcha tajribalar [12-14] ishlarda keltirilgan usuldan foydalanib bajarildi. Sorbent sifatida anionit ARA-5P ishlatildi. Tajribalarda balandligi 1000 mm, diametri 6 mm bo'lgan silindrsimon ion almashinish kolonkasi qo'llanildi, u orqali eritmalarning o'tish tezligi 4-10 ml/min ga teng bo'ldi. Anionitning dinamik almashinish sig'imi 1385 mg-ekv ni tashkil etdi. Anionit ARA-5P ning tuzilishi 1-rasmda va solishtirma kattaliklari 1-jadvalda keltirilgan. Deyarli barcha aralashmalarda elektrolitlar konsentratsiyalari yuqoriligi tufayli kolonkaga aralashma pastdan yuqoriga yuborildi. Ajralish jarayonlarida ion almashinish xromatografiyasining siqib chiqarish va frontal usullaridan foydalanildi.



1-rasm. Kuchli asosli anionit APA-5II tuzilishi.

Jadval-1

Kuchli asosli anionit ARA-5P ning solishtirma kattaliklari.

Ion ko'rinishi	m_{AR}/E , g/mg-ekv	V_{AR}/E , ml/mg-ekv	ρ_i , g/ml
Cl^-	0,28	0,24	1,17
NO_3^-	0,31	0,26	1,19

Bu yerda: m_{AR} - anionit massasi, E - anionit almashinish sig'imi, V_{AR} - anionit hajmi, ρ_i - anionit zichligi.**Olingan natijalar tahlili.**

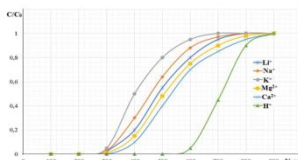
Ko'p komponentli sistemalardan HCl ni ionit-ekstraksiya usulda ajratib olishdan oldin dastlab muayyan hajmga (60 ml) ega bo'lgan kolonkada ARA-5P ning Cl^- shaklida turli elektrolitlarning sorbsiya jarayoni o'rganildi. Anionitning dinamik almashinish sig'imi 58,24 mg-ekv ga, kolonka orqali critmalarning o'tish tezligi 2 ml/min ga teng bo'ldi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

Jadval-2

ARA-5P Cl^- shaklida turli elektrolitlar sorbsiya jarayoni natijalari.

T/r	1	2	3	4	5	6	7	8
C_n	0,05	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00
$Q_{\text{mg-ekv}}(\text{LiCl})$	1,96	4,49	8,72	20,61	45,82	96,32	143,30	198,06
$Q_{\text{mg-ekv}}(\text{KCl})$	1,90	4,25	8,66	19,08	43,79	91,76	136,44	192,08
$Q_{\text{mg-ekv}}(\text{CaCl}_2)$	1,08	3,44	9,12	19,56	42,24	93,26	139,48	195,28
$Q_{\text{mg-ekv}}(\text{HCl})$	2,42	5,12	10,76	20,92	49,54	106,84	168,22	224,74

Jadval-2 da keltirilgan qiymatlardan ko'rinadiki, bir xil konsentratsiyalarda anionit tomonidan xlorid kislotasining sorbsiyasi tuzlarga nisbatan yuqori. Bunday natija aralashmalar tarkibidan HCl ni ajratib olishga imkon yaratadi va shu xulosaga asoslanib tajribalar bajarildi. Bir xil konsentratsiyali xlorid kislota va turli metall xloridlardan iborat ko'p komponentli aralashmalarni ionit-ekstraksiya usulda kuchli asosli anionit ARA-5P Cl^- shaklida ajratish jarayonida sorbsiya bosqichida olingan natijalar 2-rasm va 3-jadvalda keltirilgan.

2-rasm. Anionit ARA-5P- Cl^- shaklida bir xil konsentratsiyali xlorid kislota va turli metall xloridlardan iborat ko'p komponentli aralashmalarni ajratish jarayoni chiqish egri chiziqlari.

Jadval-3

Bir xil konsentratsiyali ko'p komponentli aralashmani ionit-ekstraksiya usulda anionit ARA-5P Cl^- shaklida ajratish jarayonining sorbsiya bosqichida olingan natijalar

T/r	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V , ml	100	200	300	400	500	600	700	800	900
C/C_0 , Li^+	-	-	0,02	0,20	0,55	0,80	0,95	1,00	1,00
C/C_0 , Na^+	-	-	0,03	0,30	0,64	0,88	0,97	1,00	1,00
C/C_0 , K^+	-	-	0,05	0,50	0,75	0,95	1,00	1,00	1,00
C/C_0 , Mg^{+2}	-	-	0,01	0,22	0,57	0,77	0,90	0,95	1,00
C/C_0 , Ca^{+2}	-	-	-	0,10	0,40	0,70	0,85	0,95	1,00
C/C_0 , H^+	-	-	-	-	-	0,05	0,45	0,90	1,00

2-rasm da muayyan miqdordagi anionit ARA-5P suspenziyasining Cl^- shaklida bir xil sharoitda olib borilgan bir necha tajribalar natijalarining birlashtirilgan holati keltirilgan. Olingan natijalardan ko'rinaduki, o'rganilgan barcha sistemalardagi aralashmalarda metall ionlarining bo'lishi anionit tomonidan xlorid kislotasini sorbsiyalanish jarayonini kuchaytiradi. Buning natijasida musbat gidratlanish hodisasi kuzatiladi. Yuqori zaryadga va kichik ion radiusga ega bo'lgan ionlar uchun bunday gidratlanish ta'luqli va ularga Ca^{+2} , Mg^{+2} , Li^+ , Na^+ , K^+ , H^+ lar (4-jadval) kiradi.

Jadval-4

Ba'zi kationlarning ion radiuslari va gidratlanish energiyalari [15].

T/r	Ion	Radius (Å)	Gidratlanish energiyasi (kJ/mol)
1	Li^+	0,68	502
2	Na^+	0,98	410
3	K^+	1,33	329
4	Mg^{+2}	0,74	1887
5	Ca^{+2}	1,04	1569

Undan tashqari sorbsiya jarayonini o'rganishga manfiy gidratlanishga ega bo'lgan I^- , Br^- , Cl^- , NO_3^- ionlar (5-jadval) ishlatildi. Olingan tajriba natijalari ionlar gidratlanishi ikki mexanizm bo'yicha borishini ko'rsatdi: kationlarning erituvchi bilan donor-akseptor, anionlarning vodorod bog' hosil qilishi. Shu sababli kationlarning gidratlanishi yuqori qiymatga ega bo'ladi va yuqori zaryadga va kichik ion radiusga ega bo'lgan kationlar anionit tomonidan kislota sorbsiyalanishiga katta ta'sir etadi.

Jadval-5

Ba'zi anionlarning ion radiuslari va gidratlanish energiyalari [15].

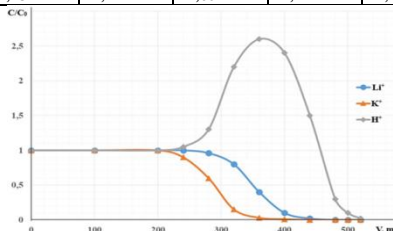
T/r	Ion	Radius (Å)	Gidratlanish energiyasi (kJ/mol)
1	NO_3^-	2,57	301,1
2	SO_4^{+2}	2,95	1016,2
3	ClO_4^-	2,36	238,6
4	I^-	2,20	263,2
5	Br^-	1,96	301,0
6	Cl^-	1,81	363,3

Ion almashinish xromatografiyasining frontal usulidan foydalanib ko'p komponentli aralashmani anionit ARA-5P bilan muvozanatga keltirilgandan so'ng (sorbsiya jarayoni 2-rasmga qarang), siqib chiqarish usuli yordamida desorbsiya jarayoni olib borildi (elyuent suv). Olingan natijalardan ba'zilar 3,4-rasmlarda va 6,7-jadvallarda keltirilgan.

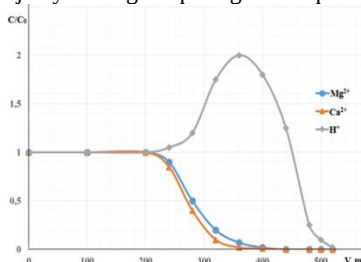
Jadval-6

Anionit ARA-5P bilan muvozanatda bo'lgan LiCl-KCl-HCl tarkibli aralashmadan HCl ni ajratib olish jarayoni natijalari.

T/r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V, ml	200	240	280	320	360	400	440	480	500	520
C/C ₀ , Li ⁺	1,00	1,00	0,96	0,80	0,40	0,12	0,02	0	0	0
C/C ₀ , K ⁺	1,00	0,92	0,64	0,15	0,03	0,01	0	0	0	0
C/C ₀ , H ⁺	1,00	1,05	1,28	2,22	2,60	2,42	1,48	0,34	0,12	0,02



3-rasm. Bir xil konsentratsiyali LiCl-KCl-HCl tarkibli aralashmadan anionit ARA-5P Cl-shaklida HCl ni ajratib olish jarayonining chiqish egri chiziqlari.



4-rasm. Bir xil konsentratsiyali MgCl₂-CaCl₂-HCl tarkibli aralashmadan anionit ARA-5P Cl-shaklida HCl ni ajratib olish jarayonining chiqish egri chiziqlari.

Jadval-7

Anionit ARA-5P bilan muvozanatda bo'lgan MgCl₂-CaCl₂-HCl tarkibli aralashmadan HCl ni ajratib olish jarayoni natijalari.

T/r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V, ml	200	240	280	320	360	400	440	480	500	520
C/C ₀ , Mg ²⁺	1,00	0,90	0,50	0,24	0,07	0,02	0	0	0	0
C/C ₀ , Ca ²⁺	1,00	0,85	0,40	0,12	0,02	0,01	0	0	0	0
C/C ₀ , H ⁺	1,00	1,08	1,22	1,75	2,00	1,82	1,25	0,25	0,08	0,01

Xulosa. Reagentsiz usulda ionitlar yordamida aralashmalarni ajratish hozirgi kungacha to'liq o'rganilmagan. Buning sababi sorbentlarning har xil tabiatga ega bo'lishi, ular tarkibidagi funksional guruhlarining, qarshi ionlarning, ko'ndalang bog'larning turlicha bo'lishi, shuningdek ionitlarning kationit, anionit va poliamfolitlarga bo'linishidir. Shuning uchun har xil tabiatli ionitlarni reagentsiz usulda qo'llash uchun, avvalambor ularning sorbsion xususiyatlarini, almashinish sig'imlarini u yoki bu metall kationlariga, kislota qoldig'i anionlariga moyilligini, aralashmadagi komponentlarning ionit va muvozanatdagi eritma fazalariga taqsimlanishini bilish zarur. Tajribalarda olingan natijalarga aslanib ionit-ekstraksiya usulda aralashmalarni ajratish ayni paytda sanoat korxonalarida iqtisodiy jihatdan arzon va ekologik jihatdan toza usul ekanligini qayd etish mumkin. LiCl-KCl-HCl va MgCl₂-CaCl₂-HCl tarkibli aralashmalardan xlorid kislotani ionit-ekstraksiya usulda ajratish «kislotalarning ushlab qolinishi» (acid-retardation) usulini ko'p komponentli sistemalarda qo'llash mumkinligini isbotladi.

ADABIYOTLAR

1. Zagorodni A.A. Ion exchange materials: properties and applications, Elsevier, 2007. 478 p.
2. Brown C.J., Russer A., Sheedy M., Newionexchange possesses orbrinepurification, 8 the World Salt Symposium, by R.M.Geertman, 2000, V.1. P.342-356.
3. Хамизов Р.Х., Крачак А.Н., Власовских Н.С., Груздева А.Н. Метод удерживания кислоты и его модифицированные варианты для разделения компонентов в многокомпонентных кис-лых растворах // Сорбционные и хроматографические процессы. 2024. Т. 24, № 6. С. 820-846.
4. Markku Laatikainen, Tuomo Sainio.Cooperative sorption of weak and strong electrolytes in microporousadsorbents.Microporous and Mesoporous Materials. №239 .2017. P.86-95.
5. Tsyurupa M. P., Davankov V. A., Ferapontov N. B., Gruzdeva A. N., Strusovskaya N. L. Sorption of water and electrolytes by ion exchange resins and neutral sorbents with hypercrosslinked polystyrene matrix. // Ion exchange technology for today and tomorrow (Proceedings of IEX2004) (Ed. By M. Cox. SCI). 2004. P.339-346.
6. Tsyurupa M.P., Davankov V.A. Porousstructure of hypercrosslinked polystyrene: State-of-the-artmini-review //React. Funct. Polymers. 2006. V.66. №7 P.768-779.
7. Davankov V.A., TsyurupaM.P., Alexienko N.N. Selectivity inpreparative separations of inorganic electrolytesbysize exclusion chromatographyon hypercrosslinked polystyrene and microporouscarbons //J. Chromatogr. A. 2005. V.1100. №1 P.32-39.
8. Markku Laatikainen, Tuomo Sainio.Cooperative sorption of weak and strong electrolytes in microporousadsorbents.Microporous and Mesoporous Materials. №239 .2017. P.86-95.
9. M.Laatikainen, M.Sillanpaka, T.Sainio, Desalination Water Treat.2015.P.1-12,

10. M.Laatikainen, T.Sainio, V.Davankov, M.Tsyurupa, Z.Blinnikova, E.Paatero Modeling of size-exclusion chromatography of electrolytes on non-ionic nanoporous adsorbents. *Journal of Chromatography A*, 1149. 2007. P.245–253
11. Tsyurupa M. P., Blinnikova Z. K., Pavlova L. A., Davankov V. A., Advances in and perspectives for ion size exclusion chromatography of mineral electrolytes, IEX2008, Cambridge, 2008, Proceedings, p.77.
12. Тробов Х.Т. Равновесия между моноионными формами ионитов и растворами простых электролитов.// Дисс...к.х.н. М., МГУ, 1994.
13. Trobov X.T. Suvli eritmalardan quyimolekulyar elektrolitlarni ajratib olishda polimer sorbentlardan foydalanishning fizik-kimyoviy asoslari. Dokt.diss. 2019. 189 s.
14. Ферапонтов Н.Б. Модел для описания параметров растворов сшитых полиэлектролитов, её экспериментальная проверка и примечание: Дис.докт. хим. наук. М.: МГУ, 2001. 235 с.
15. Гагарин А.Н., Токмачев М.Г., Тробов Х.Т., Ферапонтов Н.Б. Влияние энергии гидратации ионов на степень набухания геля сшитого поливинилового спирта. *Ж.Ф.Х.*, 2020, том 94, № 1, с. 82–88.