



UDK:159.9(575.1)

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

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

DETERMINATION OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF CATIONITE KRS-2X2 IN MONOIONIC FORM

Annotation

The composition of ionites in equilibrium with electrolyte solutions was determined using the example of cationite KRS-2P. The activities and average activity coefficients of the components in the ionite were calculated using the mathematical apparatus of the heterophase model of the structure of polymer sorbents.

Key words: ionite, sorption, electrolyte solution, concentration, activity, amount of substance, activity coefficient.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВА МОНОИОННОЙ ФОРМЫ КАТИОНИТА КРС-2P

Аннотация

На примере катионита КРС-2П определено состав ионитов находящихся в равновесии с растворами электролитов. С помощью математического аппарата гетерофазной модели строения полимерных сорбентов рассчитаны активности и средний коэффициент активности компонентов в фазе ионита.

Ключевые слова: ионит, сорбция, раствор электролита, концентрация, активность, количество вещества, коэффициент активности.

MONOION KO'RINISHIDAGI KATIONIT KRS-2X2 NING TARKIBI VA XOSSALARINI ANIQLASH

Annotatsiya

Kationit KRS-2P misolida ionitlarning elektrolit eritmalari bilan muvozanat holatidagi tarkibi aniqlangan. Polimer sorbentlar tuzilishining geterofazaviy modeli matematik apparatidan foydalanib ionit tarkibidagi komponentlarning aktivliklari, o'rtaacha aktivlik koeffitsientlari hisoblangan.

Kalit so'zlar: ionit, sorbsiya, elektrolit eritmasi, konsentratsiya, aktivlik, modda miqdori, aktivlik koeffitsiyenti.

Kirish. Bugungi kunda ionitlar kimyo [1-3], metallurgiya [4,5] va sanoatning boshqa sohalarida [6-9] oqava suvlarni tuzsizlantirish va tozalash jarayonlarida, texnogen eritmalar tarkibidan kerakli komponentlarni ajratib olishda keng qo'llaniladi. Yuqori sorbsion va fizik kimyoviy xossalarga ega bo'lgan ionitlarni olish [10], ularni qo'llash uchun texnologik jarayonlarini yaratish, olingan ionitlarni ishlatish ko'rsatkichlarini ilmiy asoslarini o'rganish [11] eng dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Ma'lumki ion almashinish jarayoni natijasida ionit bilan eritma orasida muvozanat qaror topadi [12-14]. Bunday muvozanat holatini tekshirish katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lganligi sababli hozirgi vaqtda ko'p sonli ilmiy izlanishlarning manbai bo'lib kelmoqda. Ion almashinish jarayonlarida ionlar miqdoriy jihatdan to'la bir fazadan ikkinchi fazaga o'tmasdan, ma'lum nisbatlarda ikki faza orasida taqsimlanadilar. Ikki faza orasida ionlarning taqsimlanishini ilmiy jihatdan asoslash hozirgacha to'liq o'rganilmagan [15]. Shulardan kelib chiqqan holda, mazkur ishda kuchli kislotali kationit KRS-2P ning ba'zi elektrolitlar eritmalari bilan muvozanat holatida komponentlarning turli fazalarda taqsimlanishi o'rganilgan.

Nazariy qism

Elektrolit eritmasi bilan muvozanatda bo'lgan monoion ko'rinishdagi ionit uchun Gibbs-Dyugem tenglamasi [16] quyidagicha bo'ladi:

$$\bar{n}_w d\bar{\mu}_w + \bar{n}_{RA} d\bar{\mu}_{RA} = 0 \quad (1)$$

Bu yerda: $\bar{n}_w$ va $\bar{n}_{RA}$ lar ionit fazasidagi komponentlarning mol soni, $\bar{\mu}$ - ularning kimyoviy potentsiali.

Oddiy hisoblashlarda $\bar{n}_{RA} = 1$ deb olinadi. Ionit fazasi uchun hisoblashda chegaraviy soha deb elektrolitning cheksiz

suyultirilgan eritmasi qabul qilinadi. Natijada $\bar{a}_w = 1$, $\bar{a}_{RA} = 0$, $\bar{\gamma}_{RA} = 1$ bo'ladi. Bunday shartlardan so'ng (1) tenglama quyidagicha integrallanadi:

$$\ln \bar{a}_{RA} = - \int_{\bar{a}_w(m_{RA} \rightarrow 0)}^{\bar{a}_w(m_{RA})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w \quad (2)$$

Bu yerda: m – ionit fazasining molyal konsentratsiyasi.

Ma'lumki, ionit suv bilan muvozanatda bo'lsa, uning konsentratsiyasi minimumga teng bo'ladi. Shuning uchun integrallashning barcha sohasi ikki qismga bo'linadi:

$\bar{a}_w(\bar{m}_{RA} \rightarrow 0)$ dan $\bar{a}_w(\bar{m}_{RA} \rightarrow \bar{m}_{\min})$ gacha va $\bar{a}_w(\bar{m}_{RA} \rightarrow \bar{m}_{\min})$ dan $\bar{a}_w(\bar{m}_{RA})$ gacha;

U holda (2) tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$\ln \bar{a}_{RA} = - \left[\int_{\bar{a}_w=1(\bar{m}_{RA} \rightarrow 0)}^{\bar{a}_w(\bar{m}_{RA}=\bar{m}_{\min})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w + \int_{\bar{a}_w(\bar{m}_{RA}=\bar{m}_{\min})}^{\bar{a}_w(\bar{m}_{RA})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w \right] \quad (3)$$

Barcha ionitlar uchun ko'ndalang bog'lar miqdori o'zgaras kattalik bo'lgani uchun (3) tenglamadagi birinchi hadi ham o'zgaras bo'ladi. Bu S_o bilan belgilansa, u holda (3) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\ln \bar{a}_{RA} = -S_o - \int_{\bar{a}_w(\bar{m}_{RA}=\bar{m}_{\min})}^{\bar{a}_w(\bar{m}_{RA})} \frac{\bar{n}_w}{\bar{n}_{RA}} d \ln \bar{a}_w \quad (4)$$

(4) tenglama yordamida ionit bilan muvozanatda turgan elektrolit eritmasidagi suvning aktivligini bilgan holda qutbiy gurlarning aktivliklarini hisoblash mumkin bo'ladi [41].

Shuningdek, (I.13-I.19) tenglamalardan foydalanib, sorbsiyalangan elektrolitning ionit fazasidagi miqdorini va termodinamik parametrlarini tajriba natijalari asosida hisoblash mumkin.

$$\bar{a}_{el} = \bar{m}_{el} \bar{m}_{\Sigma} \bar{\gamma}_{\pm}^2 \quad (5)$$

$$\bar{m}_{el} = \frac{\bar{n}_{el} W}{\bar{n}_w} \quad (6)$$

$$\bar{\gamma}_{el\pm} = \bar{\gamma}_{el\pm}^{bin} \frac{\bar{m}_{el}^{bin}}{\bar{m}_{\Sigma}} \quad (7)$$

Bu yerda: $\bar{a}_{el}$ -elektrolitning ionit fazasidagi aktivligi, $\bar{m}_{el}$ - elektrolitning ionit fazasidagi molyal konsentratsiyasi, $\bar{\gamma}_{el\pm}$ - elektrolitning ionit fazasidagi o'rtacha aktivlik koeffitsienti.

Tajribaviy qism

Barcha tajribalar ionit tuzilishining geterofazaviy modeliga asoslanib bajarildi. Silindr shaklidagi balandligi 600 ml bo'lgan shishali ion almashinish kolonkasida K^+ - va H^+ - ko'rinishlaridagi kationit KRS-2x2 da tajribalar olib borildi. Har xil konsentratsiyali kuchli kislotalar va kaliy tuzlarining eritmaları ishlatildi. Kationit KRS polistirol va divinilbensolning sopolimerlanishida natijasida olingan bo'lib, donador g'ovaksimon hisoblanadi. Kationitning dinamik almashinish sig'imi 345 mg-ekvivalentga teng bo'ldi. Tajribalar quyidagicha olib borildi: muayyan (H^+ yoki K^+) ko'rinishdagi kationit suspenziyasi orqali 2-4 ml/min tezlik bilan ketma-ket turli konsentratsiyali kolonkaga muvozanat qaror topguncha elektrolit eritmaları o'tkazildi. Ajralib chiqayotgan eritma o'lchov idishlariga yig'ib olinib, ionlar bo'yicha analiz qilindi.

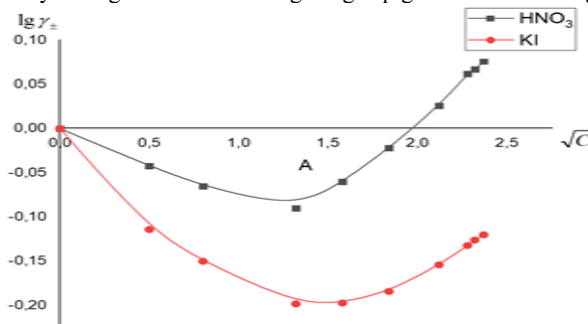
Olingan natijalar tahlili. Geterofazali model asosida kolonkadagi kationit KRS-2x2 ning asosiy parametrlari aniqlangandan so'ng, tekshirilayotgan moddalar eritmaları bilan ketma-ket tajribalar o'tkazildi. Eritma konsentratsiyasi va uning kolonkada egallagan hajmi o'rtasidagi bog'liqlikni o'rnatish uchun filtrat o'lchov kolbalariga yig'iladi va tahlil qilindi. Ionit va elektrolit eritmasi orasida muvozanat qaror topgandandan so'ng kolonkadagi elektrolit miqdori aniqlandi. Undan keyin olingan natijalardan foydalanib, ionit tuzilishining geterofazali modeli matematik apparati yordamida ionit fazasidagi erituvchi va elektrolitlarning miqdori, aktivligi, aktivlik koeffitsienti kabi kattaliklari hisoblandi. Shunday natijalardan biri 1-jadvalda keltirilgan.

Jadval-1

KPC-2P – H^+ - HCl sistemasida ionit fazasida komponentlar miqdori

T/r	Q, mg-ekv, HCl	$\bar{a}_w$	$\bar{m}_{el}^{bin}$, mol/kg H ₂ O	$\bar{\gamma}_{el\pm}^{bin}$	$\bar{n}_w^i$, mol/g-ekv qutb.gur.	$\bar{n}_{el}$, g-ekv/g-ekv qut. gur.
1	1748	0,871	2,80	1,268	12,54	0,18
2	1886	0,802	3,96	1,781	8,85	0,23
3	2246	0,771	4,54	2,135	7,69	0,25
4	2849	0,728	5,22	2,552	6,84	0,28
5	3628	0,696	5,54	2,868	6,40	0,31
6	4232	0,670	5,98	3,243	6,04	0,35
7	4846	0,644	6,42	3,664	5,71	0,38

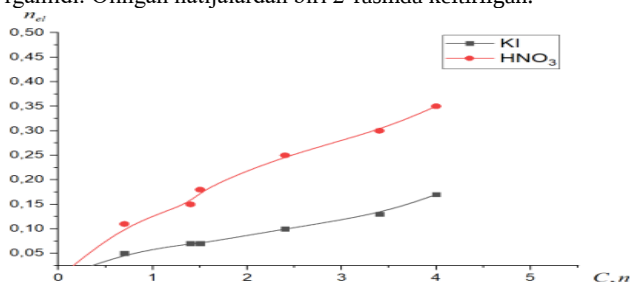
Shuningdek, KRS-2x2 ning H^+ - va K^+ - ko'rinishlarida kationit fazasidagi kation va anionlar o'rtacha aktivlik koeffitsientlarining eritma konsentratsiyasining ildiz ko'rsatkichiga bog'liqligi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. HNO_3 va KI elektrolitlarning kationit fazasidagi o'rtacha aktivlik koeffitsientlarining muvozanatdagi eritma konsentratsiyasi ildiz ko'rsatkichiga bog'liqligi.

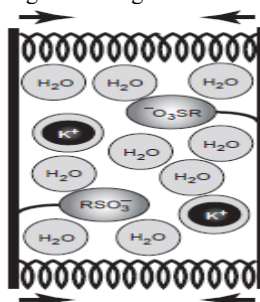
KRS-2P tomonidan yutilgan suv miqdori (suv izotermasi) muayyan haroratda ionit bilan muvozanatda bo'lgan elektrolit eritmasi konsentratsiyasiga, suvning aktivligiga, shuningdek ionitning qarshi ionlari tabiatiga bog'liqligi olib borilgan tajribalarda aniqlandi. Undan tashqari, Kationit KRS-2P ning muayyan elektrolit eritmasi bilan muvozanat holatida berilgan elektrolit va erituvchining

taqsimlanish konstantalarini bilgan holda ularning ionit va eritma fazalariga taqsimlanishini aniqlash mumkinligi tajriba natijalari asosida isbotlandi. Kationit KRS-2P tomonidan sorbirlangan elektrolitlar miqdorlarining muvozanatdagi tashqi eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi o'rganildi. Olingan natijalardan biri 2-rasmda keltirilgan.



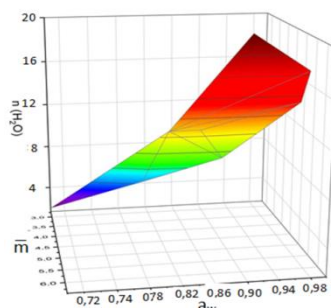
2-rasm. Kationit KRS-2P tomonidan sorbirlangan HNO₃ va KI elektrolitlar miqdorlarining muvozanatdagi eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi.

Olingan natijalardan ko'rinadiki, muvozanatdagi eritma konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo'lsa, berilgan haroratda kationit tomonidan sorbsiya izotermasi shunchalik katta bo'ladi. Bunday natija [17, 18] manbalarda qayd etilgan Donnan, Gregor modellari mos kelishini va geterofazaviy modelning adekvatligini ko'rsatadi.



3-rasm. Gregor modeli bo'yicha K⁺-ko'rinishidagi kationit fazasida komponentlarning taqsimlanishi [19].

Tajriba natijalaridan foydalanib, sorbsiya jarayonlarida kationit KRS tarkibidagi tikilgan polielektrolit eritmasi fazasidagi komponentlarning miqdori, yutilgan suv va elektrolitning molyal konsentratsiyasi, shuningdek muvozanat holatidagi tashqi eritmadagi suvning aktivligi kabi kattaliklarni bilgan holda uch o'lchamli (3D) sirt yuza massivi grafiklari tuzildi. Shunday grafiklardan biri 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. KRS-2P-K -KI sistemasida sorbirlangan suv miqdorining kationit fazasidagi elektrolitning molyal konsentratsiyasiga va muvozanatdagi eritma tarkibidagi suv aktivligiga bog'liqlik 3D sirt yuzasi.

Bunday sirt yuza massiv ko'rinishlaridan foydalanib, suvning sorbsiya izotermasini bilgan holda noma'lum eritmaning polielektrolit eritmasi fazasidagi konsentratsiyasini aniqlash imkoni yaratiladi.

Xulosa. Ionit bilan muvozanatda bo'lgan elektrolit eritmasidagi suvning aktivligi qanchalik katta bo'lsa, ionit fazasidagi suvning solishtirma miqdori shunchalik yuqori bo'lishi tajriba natijalarida qayd etildi. Shuningdek, ionit tomonidan yutilgan suvning miqdori polimer sorbentning ion ko'rinishiga bog'liq bo'lishi isbotlandi. Undan tashqari elektrolitlarning ionit fazasi va elektrolit eritmalaridagi aktivliklari turlicha qiymatlarga ega bo'lishi polimer sorbentlar tuzilishining geterofazaviy modeli matematik apparati yordamida hisoblanib tasdiqlandi.

ADABIYOTLAR

1. Коржов А.Н., Лоза С.А., Романюк Н.А., Шарафан М.В. Переработка кислотных сточных вод производства ванадия // Сорбционные и хроматографические процессы. 2024. Т. 24, No 5. С. 765-774.
2. Sarkar S., Sen-Gupta A.K., Prakash P. The Donnan membrane principle: opportunities for sustainable engineered processes and materials. *Environmental Science & Technology*, 2010. P.1161–1166.
3. Kaznacheev M.A., Tikhonov N.A., Khamizov R.Kh. (2023). Determination of the characteristics of a molecular sorption model using the example of separation of components of extraction phosphoric acid by the "retention" method on an ion exchanger. *Journal of Physical Chemistry*, Vol. 97, No. 8, p. 1161–1166.
4. Davankov V.A., Blinnikova Z.K., Pavlova L.A. (2019). Principles and perspective applications of preparative ion size exclusion chromatography on neutral hypercrosslinked polystyrene sorbents. *INEOS OPEN*, 2 (1), p.19–24

5. Токмачев М.Г., Ферапонтов Н.Б., Тробов Х.Т., Моделирование кинетики набухания гелей гидрофильных полимеров. “Учёные записки физического факультета московского университета” Москва, МГУ., 2018. №5. С.1830
6. Ni Yan, Paul D. R., Freeman B. D. Water and ion sorption in a series of cross-linked AMPS/PEGDA hydrogel membranes. *Polymer*. 2018.
7. Колотилина Н.К., Прудковский А.Г., Хамизов Р.Х. Самоподдерживающийся процесс умягчения –опреснения воды в простой двухкомпонентной системе. Экспериментальная проверка адекватности модели и расчет стационарного процесса в условиях эксперимента // Сорбционные и хро-матографические процессы. 2024. Т. 24, No 4. С. 438-447.
8. Аборнев Д.В. Динамические характеристики катионитных фильтров в процессе умягчение высокоминерализованных вод. Монография. Ставрополь: СКФУ. 2015. 120 С.
9. Nagasawa M. Physical chemistry of polyelectrolyte solutions. *Advances in chemical physics*. V.158. John Wiley & Sons, 2015, P.291
10. Жураев М. М. Юлдашева С. Х. Бекчанов Д. Ж., Мухамедиев М. Г. Физико - химические свойства нового сульфокатионита, полученного на основе пластика поливинилхлорида. *Узбекский химический журнал*, 2020, №2 62-71
11. Kh. Trobov, N. Ferapontov, M. Tokmachev, G. Tursunova, Kh. Karimov. Determination of the composition and properties of the components of polymer gels in electrolyte solutions// AIP Conference Proceedings 2789, 040075 (2023)
12. Kargov S.I., Ivanov V.A., Karpyuk E.A., Gavlina O.T. (2024). Quantum chemical modeling of the interaction of Ca^{2+} and Ni^{2+} ions with carboxyl groups of the cation exchanger // Sorption and chromatographic processes. Т. 24, No. 5. P. 652-661.
13. Khokhlova O.N., Khokhlov V.Yu., Lisitsyna S.A. (2023). On the choice of reference states in the thermodynamic description of non-exchange sorption. *Journal of Physical Chemistry*, 2023, Vol. 97, No. 8, p. 1079–1083
14. Иванов В.А., Карпюк Е.А. Некоторые аспекты термодинамики ионного обмена. Сорбционные и хроматографические процессы. 2015. Т.15. №1. С.19-34
15. Dolgonosov A.M. (2024). Influence of the structure of the polymer base on the swelling ability and selectivity of ion exchangers // *Sorption and chromatographic processes*. Т. 24, №. 5. P. 662-671
16. Ferapontov N.B., Gorshkov V.I., Parbuzina L.R., Trobov H.T. et al. // *React. Funct. Polym.* 1999. V. 41. P. 213.
17. N.Ferapontov, M.Tokmachev, H.Trobov, The Effects of Polymer Properties and Solution Composition on the Distribution, Properties and Amount of Water in Swollen Ion Exchangers. *Kolloidnyi Zhurnal*, 2018, V.80, № 1, P.91-95
18. Тробов Х.Т. Турсунов Ф. Сорбция электролитов полимерным сорбентом из концентрированных водных растворах. Научный вестник, СамГУ 2017, №3, с. 42-44
19. Zagorodni A.A. Ion exchange materials: properties and applications, Elsevier, 2007. 478 p.