CZU: 544.723:546.3:678:544.478 https://doi.org/10.59295/mabt2026.27

COMPOZITE POLIMER-COMPUȘI COORDINATIVI CA PRECURSORI PENTRU OBȚINEREA SORBENȚILOR ȘI CATALIZATORILOR NOI

Vasile GUȚANU

Institutul de Chimie al Universității de Stat din Moldovei

Rezumat

Teoretic, polimerii ionici reticulați care conțin grupări puternic bazice nu pot reține cationii din soluții deoarece nu conțin atomi cu sarcini negative donatori de electroni. In lucrare se arată că, totuși, în anumite condiții, acesti polimeri sunt capabili să rețină cationi din soluții. Pentru studiu s-au utilizat polimeri AV-17, Varion-AD și Purolite A-400. Acești polimeri conțin doar grupe R4N+. Se demonstrează că acești polimeri sunt capabili să rețină cationi (Fe3+, Cr3+, Al3+,(Lantanide)3+) din soluțiile de sulfat. Cercetările efectuate cu utilizarea spectroscopiei Mössbauer și SEM au arătat că reținerea cationilor de către polimeri se datorează formării în faza lor a compușilor de tipul mineralului jarosit, Prin anumite procedee, particulele de Fe-jarosit se transformă în particule ultafine de β-FeOOH în starea superparamagnetică sau masive magnetic ordonate. Compozitele polimer-metal-jarosit devin sorbenți (catalizatori) cu proprietăți selective. În cazul sorbției liganzilor polidentați în faza compozitului pot fi obținute diferite construcții ion-moleculare cu proprietăți de sorbție și antimicrobiene.

Cuvinte-cheie: polimer, sorbție, cation metalic, anion, jarosit, ligand, spectroscopie Mössbauer.

POLYMER-COORDINATIVE COMPOUNDS AS PRECURSORS FOR OBTAINING NEW SORBENTS AND CATALYSTS

Abstract

Theoretically, cross-linked ionic polymers containing strongly basic groups cannot retain cations from solutions because they do not contain negatively charged or electron-donating atoms. The paper shows that, however, under certain conditions, this type of polymer is capable of retaining certain cations from solutions. Polymers AV-17, Varion-AD and Purolite A-400 were used for the study. These polymers contain only R_4N^+groups. These polymers are capable of retaining Fe^{3+}, Cr^{3+}, Al^{3+},$(Lanthanide)^{3+}$. from sulfate solutions. Using Mössbauer spectroscopy and SEM it has shown that the retention of cations by polymers is due to the formation in their phase of compounds such as the mineral jarosite, Through certain processes, Fe-jarosite is transformed into ultrafine β-FeOOH particles in the superparamagnetic state ormassive magnetically ordered ones. Polymer-metal-jarosite composites become sorbents (catalysts) with selective properties. In the case of sorption of polydentate ligands various ion-molecular structures with sorption and antimicrobial properties can be obtained.

Keywords: polymer, sorption, metal cation, anion, jarosite, ligand, Mössbauer spectroscopy.

Introducere

Polimerii ionici reticulați, un produs de tonaj înalt al industriei chimice, sunt utilizați pe scară largă în tehnologiile de purificare și separare a substanțelor în sisteme lichide. Cea mai mare cantitate de astfel de polimeri este utilizată la tratarea apei la stațiile electrice termice și nucleare. Polimerii care conțin grupe acide sunt utilizați ca schimbători de cationi. Spre exemplu $RH + K^+ \leftrightarrow RK + H^+$. Polimerii care conțin grupe bazice sunt utilizati ca schimbători de anioni: $R_4NCl + OH^- \leftrightarrow R_4NOH + Cl^-$. Schimbul de ioni este un proces reversibil și neselectiv. În cazul polimerilor cu grupe puternic acide sau puternic bazice interacțiunele polimer – ion sunt condiționate de forțe electrostatice Coulumbiene. Polimerii care conțin grupe slab acide, spre exemplu carboxilice, sunt capabili să rețină din soluție cationi metalici în rezultatul formării legăturilor coordinative: $2RCOOH + Fe^{3+} = (RCOO)_2Fe^+ + 2H^+$ [1,2]. Polimerii care conțin grupe slab bazice, spre exemplu grupe amine, deasemenea sunt capabili să rețină din soluții

cationi metalici în rezultatul formării legăturilor coordinative: $2R_3NH + Cu^{2+} = (R_3N)_2Cu^{2+} + 2H^+$ [3]. Polimerii care conțin grupe slab bazice pot reține din soluții sarea metalelor grele conform Ecuației 1 [4]:

$2R_3NH + Cu^{2+} + SO_4^{2-} = (R_3N)_2CuSO_4 + 2H^+$ (1).

Deci polimerii care conțin grupe amine pot fi utilizați pentru purificarea apelor de spălare și returnarea lor în circuitul tehnologic in secțiile galvanice. În faza polimerului cationul de Cu^{2+} coordinează nu numai cu atomii N ai grupelor amine, dar și cu ioni de Cl^-, F^- chiar și cu SO_4^{2-} formând complecși de tipul $[(R_3N)_2CuF(H_2O)_3]F$, $[(R_3N)_2CuSO_4(H_2O)_2]$ și alții [4].

Polimerii care conțin grupe puternic bazice R_4N^+ nu conțin atomi cu sarcini negative sau donori de electroni. Teoretic ei nu ar trebui să rețină cationi metalici din soluții. Totuși, într-o serie de lucrări am demonstrat că în anumite condiții ecești polimeri pot reține cationi din soluții**.**

Compozite polimer-compuși de fier(III)

Formarea compozitului polimer-compuși de fier a fost descoperită întâmplător. Era necesar de demonstrat că în soluția de $Fe_2(SO_4)_3$ nu există complecși anionici ai fierului. Pentru aceasta în soluția de $Fe_2(SO_4)_3$ a fost introdusă o cantitate de polimer AV-17. Acest polimer conține doar grupe puternic bazice (R_4N^+), nu conține atomi donori de electroni și, teoretic, poate reține doar particole cu sarcini electrice negative, adica doar anioni. Spre surpriza noastră s-a observat reținerea cationilor de fier(III) pe polimer. Sorbția ionilor de Fe^{3+} din soluția de sulfat pe polimerii, care conțin grupe putrnic bazice, funcție de temperatură trece prin maximum (Fig.1).

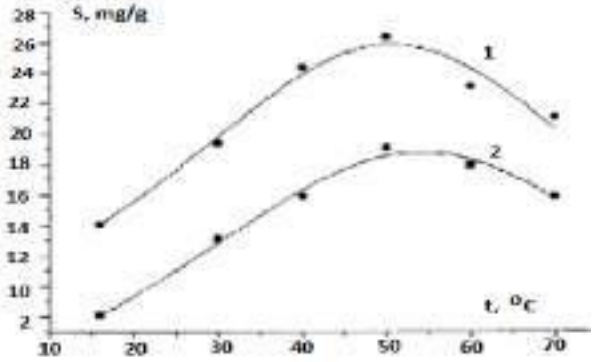


Figura 1. Sorbția ionilor de Fe^{3+} pe polimerii AV-17x8 și Varion-AD funcție de temperatură.

Starea ionilor de Fe^{3+} în faza polimerului a fost cercetată cu utilizarea spectroscopiei Mössbauer. Datele au arătat că scindarea quadrupolară ΔE_Q a ionilor de Fe^{3+} din faza polimerului este 1,0 mm/s. Scindarea quadrupolară a ionilor de Fe^{3+} în $Fe(OH)_3$ sau FeOOH este de circa 0,7 mm/s. Am presupus că la contactarea cu soluția de $Fe_2(SO_4)_3$ în faza polimerului ar putea să se formeze compuși de $FeOHSO_4$, sau de tipul mineralului jarosit $H_3O[Fe_3(OH)_6(SO_4)_2]$, $R_4N[Fe_3(OH)_6(SO_4)_3]$ [5-7]. Se știe că la deshidratarea termică a $FeOHSO_4$, ΔE_Q crește de la 0,97 până la 1,5 mm/s, iar a jarositului nu se modifică până la temperatura de 230 ºC [8-9]. Atunci când sunt fierți în apă, compușii de tip jarozit ai Fe(III) se transformă în particule foarte disperse de α-FeOOH [7] în stare superparamagnetică, iar valoarea ΔE_Q scade. La fierberea în apă a compozitului polimer-Fe(III), ΔE_Q se micșorează de la 1 mm/s până la circa 0,7 mm/s. Deci la contactarea cu soluția de $Fe_2(SO_4)_3$ în faza polimerului se formează compuși de tipul mineralalai jarosit, care la fierberea în apă se transformă în FeOOH în starea superparamagnetică. Spectrele Mössbauer ale β-, γ- și α-FeOOH în stare superparamagnetică arată doar un dublet și fiecare modificare a FeOOH nu poate fi identificată. Însă, la efectuarea câtorva cicluri sorbția –

fierberea în apă, particulele de FeOOH cresc în dimensiuni, deven magnetic ordonate iar spectrul Mössbauer are forma de dublet la 300 K și sextet la 80 K. Formarea sextetului în spectru permite determinarea modificației FeOOH după mărimea intensității câmpului magnetic intrn (pe nucleul fierului) **Hef.** Spectrele Mössbauer ale probelor de compozit după efectuarea câtorva cicluri de fierberea în apă sunt prezentate în Figura 2, iar parametrii lor – în Tabelul 1.

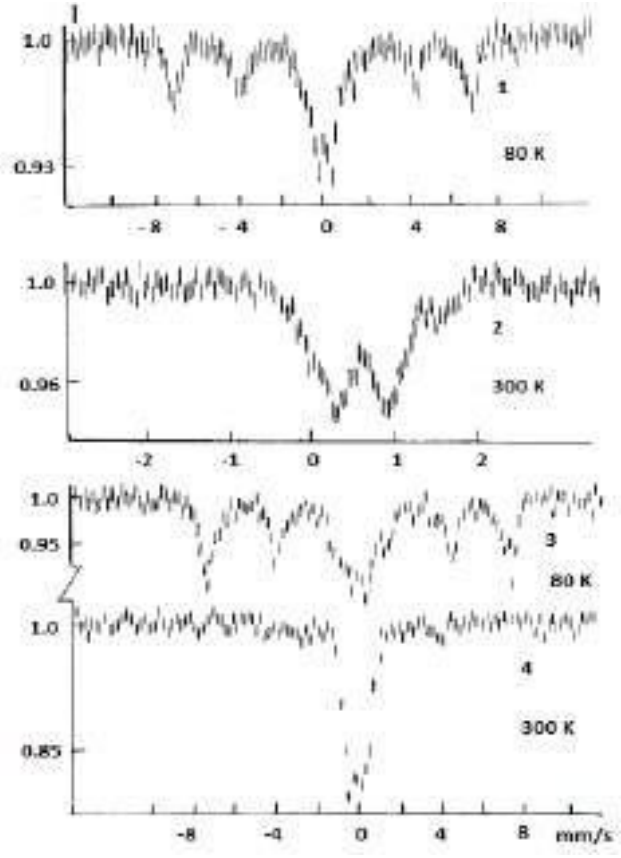


Figura 2. Spectrele Mössbauer a polimerului care conține fier (III) după 3 (pectrele 1 și 2), după 6 (spectrele 3 și 4) cicluri sorbția – fierberea în apă.

Parametrii spectrelor din Tabelul 1 corespund compusului β-FeOOH [10]. Particulele masive de β-FeOOH sunt paramagnetice la temperatura camerei și antiferomagnetice la T< 283 K [11]. Cu utilizarea spectroscopiei Mössbauer a fost demonstrat că sorbția cationilor Fe^{3+} are loc în rezultatul formării în faza polimerului a particulelor solide de compuși de tipul mineralului jarosit: $R_4N[Fe_3(OH)_6(SO_4)_3]$, unde R_4N^+ este grupa funcțională a polimerului. Formarea particulelor solide de Fe(III) în faza polimerului a fost demonstrată cu utizarea microscopie electronice de baliaj (Fig.3) [12]. Compozitul polimer-Fe-jarosit poate fi utilizat ca sorbent cu proprietăți seletive.

Pentru a înțelege procesele de sorbție cu utilizarea acestui compozit, trebuie să examinăm compoziția și structura jarositului. Jarositul este un polimer anorganic formar din 3 sai 6 octaedre în care grupele OH^- sunt situate în plan și formează punți între atomii de Fe. Grupele SO_4^{2-} sunt sunt plasate în poziția axială, fiecare coordinând cu 3 atomi de Fe a diferitor octaedre [13].

Tabelul 1. Parametrii spectrelor Mössbauer a polimerului AV-17 care conține Fe(III) după fierberea în apă.

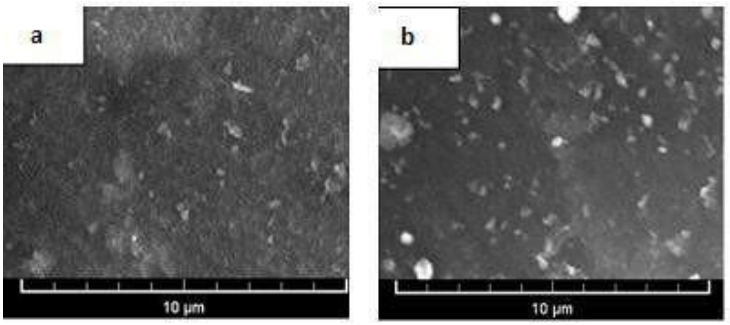
Cicluri	T, K	Forma spestrului	δ, mm/s	ΔE_Q, mm/s	Γ_l, mm/s	Γ_r, mm/s	Hef. , kOe	Conținut, mg Fe/g
1	300 80	Dublet Dublet	0,58 0,72	0,72 0,79	0,56 0,68	0,49 0,68	0 0	12,5
2	300 80	Dublet Dublet Sextet	0,65 0,80 0,80	0,62 0,94 0,16	0,52 0,84 -	0,62 0,84 -	0 0 462	20,07
3	300 80	Dublet Dublet Sextet	0,61 0,66 0,74	0,72 0,76 -0,23	0,57 0,61 -	0,42 0,61 -	0 0 470	25,8
4	300 80	Dublet Dublet Sextet	0,59 0,69 0,66	0,69 0,72 -0,18	0,55 0,77 -	0 ,55 0,77 -	0 0 456	45,6
5	300 80	Dublet Dublet Sextet	0,63 0,82 0,68	0,72 0,87 -0,14	0,43 0,77 -	0,51 0,77 -	0 0 454	57,8
6	300 80	Dublet Dublet Sextet	0,62 0,68 0,66	0,71 0,70 -0,18	0,51 0,70 -	0,48 0,77 -	0 0 450	65,2

Remarcă: δ –*deplasarea izomerică,* Γ_l*, - lărgimea liniei spectrale stânga,* Γ_r*, lărgimea liniei spectrale dreapta.*

Proprietățile sorbționale ale compozitului se datorează schimbului de liganzi cu anionii SO_4^{2-} ale jarositului. Astfel, compozitul polimer- Fe-jarosit reține selectiv din soluții ioni de CN^-, NCO^-, NCS^- [14].

Este important de menționat că jarositul se formează doar în mediul apos acid și doar în prezența anionilor de sulfat. În natură există doar mineralul Fe-jarosit. Descoperirea Fe-jarositului pe Marte a sugerat ideia că pe planetă a fost și încă poate exista apă [15].

Compuși de tipul mineralului jarosit pot să se formeze și în faza polimrilor care conțin grupe cu azot cuaterna, dar și atomi donori de electroni. A fost cercetată sorbția ionilor de Fe^{3+} din soluția de $Fe_2(SO_4)_3$ pe copolimerul 4-vinilpiridin: divinilbenzen (4-VP-DVB) și pe copolimerul modificat cu acid acrilic și monocloracetic [16]. Cercetările cu utilizarea spectroscopiei Mössbauer au demonstra că ionii de Fe^{3+} formează în faza lor compuși de tipul mineralului jarosit (Fig. 4).



i

Figura 3. Imaginile SEM a particulelor de compuși ai fierului pe suprafața (a) și în volumul (b) granulelor de polimer de AV-17 după 6 ore de încălzire în apă.

Parametrii spectrelor (Hef.= 0 la 300 K și Hef. = 476 kOe la 80 K) corespund particulelor masive magnetic ordonate de β-FeOOH.

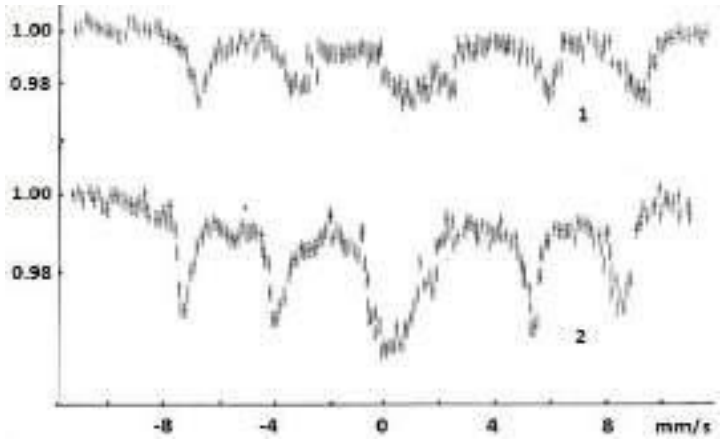


Figura 4. Spectrele Mössbaer obținute la 80 K a copolimerului 4-vinilpiridin: divinilbenzen modificat cu acid monocloraceti (1) și acid acrilic (2) care au reținut Fe^{3+} din soluția de $Fe_2(SO_4)_3$ după 3 cicluri sorbția-fierberea în apă.

Existența dubletului în centrul sextetului din Figura 4, aparține particulelor ultrafine de β-FeOOH în starea superparamagnetică, care sunt situate în porii copolimerului.

Se consideră că la formarea compușilor de jarosit participă doar ionii $[FeOH(H_2O)_5]^{2+}$ [12].

Compozite polimer-compuși de crom(III)

În faza polimerilor care conțin grupe puternic bazice pot să formeze compuși de tipul mineralului jarosit nu numai cationii de Fe^{3+}, dar și cationii cu sarcina electrică 3+ ai altor metale. A fost demonstrat că în aza polimerulu, compuși de tipul jarositului formează cationii Al^3, Lantanide(III) (La^{3+}, Ne^{3+}, Eu^{3+}, Er^{3+}) [12]. Un inters deosebit prezintă compozitul polimer-Cr-jarosit, fiindcă compușii cromului sunt mai stabili decâ ai altori metale. După cum se vede din Figura 5, formarea Cr-jarositului în faza polimerului, funcție de temperatură, trece prin maximum la 60 ºC. O influență puternică are pH-ul soluției de $Cr_2(SO_4)_3$ sau alaun. Formarea particulelor Cr-jarosit în faza polimerului este confirmată prin imajinile SEM (Fig.6).

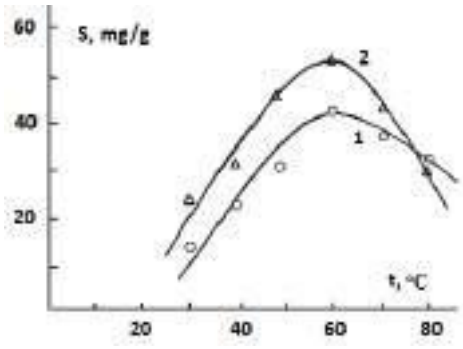


Figura 5. Sobția cationilor care conțin Cr(III) pe polimerii AV-17 (1) și Varion –AD (2) funcție de temperatură.

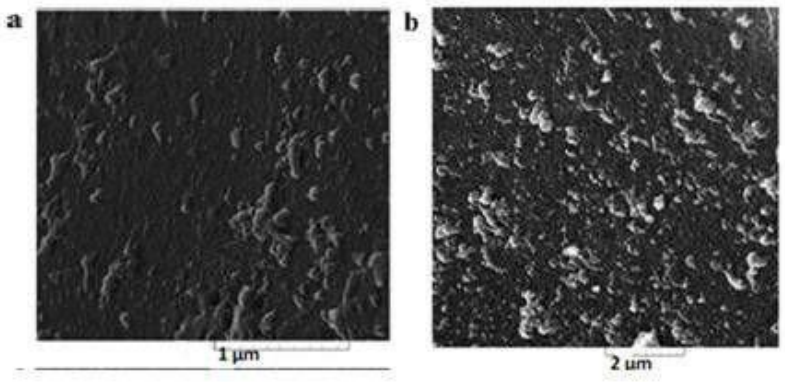


Figura 6. Imaginile SEM a Cr-jarozituli pe supprafața (a) și în volumul granulelor de polimer AV-17.

Compozitele polimer-jarosit posedă proprietăți de sorbție selectivă. Ele pot reține din soluție anioni tetraedrici, anioni sau molecule care conțin atomi donori de electroni. S-a demonstrat că compozitul polimer-Cr-jarosit reține din soluții anionii NO_2^-, CrO_4^{2-}, PO_4^{3-} [12]. Figura 7 demonstrează selectivitatea sorbției ionilor NO_2^- de către compozitul polimer-Cr-jarosit.

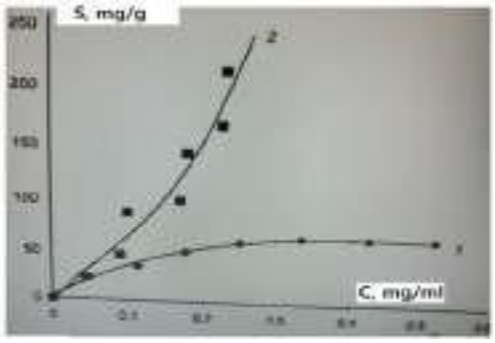


Figura 7. Izoterma sorbției ionilor NO_2^- pe polimerul Purolite A-400(Cl) (1) și compozitul Purolite A-400 – Cr-jarosit.

Deasemenea a fost cercetată sorbția moleculelor și anionilor car conțin atomi donori de electroni NH_3, NCS^- [12, 17]. În cazul în care compozitul reține din soluție un ligand polidentat, în faza lui se poate obține divrse construvții ion-moleculare. Spre exemplu, compozitul care a reținut ioni NCS^- sau NCO^- devine cationit:

$$R_4N[M_3(OH)_6(SO_4)_2] + 2XO_4^{2-} = R_4N[M_3(OH)_6(XO_4)_2] + 2SO_4^{2-} \quad (2)$$

$$R_4N[M_3(OH)_6(SO_4)_2] + 2XO_4^{3-} = R_4N[M_3(OH)_6(XO_4)_2]^{2-} + 2SO_4^{2-} \quad (3)$$

$$nR_4N[M_3(OH)_6(XO_4)_2]^{2-} + 2Ka^{n+} = \{R_4N[M_3(OH)_6(XO_4)_2]\}n(2Ka) \quad (4)$$

În cazul sorbției ionilor NCS^- sau NCO^- au loc reacțiile (5) și (6):

$$R_4N[M_3(OH)_6(SO_4)_2] + 6NCS^- = R_4N[M_3(OH)_6(NCS)_6]^{2-} + 2SO_4^{2-} \quad (5)$$

$$R_4N[M_3(OH)_6(SO_4)_2] + 6NCO^- = R_4N[M_3(OH)_6(NCO)_6]^{2-} + 2SO_4^{2-} \quad (6)$$

Anionii NCS^- și NCO^- sunt legați cu ctionul metallic al jarositulu monodentat. Prin urmare, un atom al acestor anioni pot reține selectiv din soluții cationi capabili să formeze legături coordinative. A fost demonstrat că compozitul care conține acești anioni pot reține selectiv din soluții cationii Ag^+ sau Cu^{2+} conform ecuațiilor (7) și (8):

$$\{R_4N[M_3(OH)_6(NCS)_6]\}2n(Ka) + 6nAgNO_3 = \{R_4N[M_3(OH)_6(NCS)_6Ag_6]\}n(NO_3)4n +$$

$+ (Ka)_2(NO_3)2n$ (7)

$\{R_4N[M_3(OH)_6(NCS)_6]\}2n(Ka) + 6nCuSO4 = \{R^4N[M_3(OH)_6(NCS)_6Cu_6]\}n(SO_4)5n + (Ka)_2(SO_4)n$ (8).

Datele obținute cu utilizarea spectroscopiei FT-IR confirmă existența legăturilor coordinative cationii metalici și ligandul polidentat reținut prealabol de compozitul polimer-metal-jarosit (Tab. 2).

Tabelul 2. Date spectroscopice FT-IR ale interacțiunii compozitelor cu diverși liganzi și cationi.

Compozitul	Ionul adăugat	ν(N≡C), cm-1	Legătura chimică
AV-17-Cr-jarosit	NCS^-	2040 2090	Cr-NCS Cr-SCN
Varion-AD-Cr-jarisit	NCS^-	2040	Cr-NCS
AV-17-Fe-jarosit	NCS^-	2040 2140	Fe-NCS Fe-NCS-Fe
Varion-AD-Fe-jarisit	NCS^-	2040	Fe-NCS
AV-17-Fe-jarosit	NCO^-	2160 2225	Fe-NCO Fe-NCO-Fe
Varion-AD-Fe-jarisit	NCO^-	2140 2190	FeN – NCO F e – NCO-Fe
Varion-AD-Cr-jarisit	NCS^-, Ag^+	2081 2146	Cr-NCS Cr-NCS-Ag
AV-17-Fe-jarosit	NCS^-, Ag^+	2098 2140	Fe-SCN Fe-NCS-A
AV-17-Fe-jarosit	NCS^-, Cu^{2+}	2040 2140	Fe-NCS Fe-NCS-Cu
Varion-AD-Fe-jarisit	NCS^-, Ag^+	2080 2140	Fe-SCN Fe-NCS-Ag

Compozitele polimer-metal-jarosit pot imobiliza molecule de substanțe biologic active. A fost cercetată sorbția tiosemicarbazona -5-NO_2-aldehidă salicilică (HL) pe compozitul AV-17-Cr-jarosit [18]. Compozitul nou format AV-17-Cr-jarosit-Hl a fost utilizat pentru sorbția cationilor Zn^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Fe^{2+} și Fe^{3+}. Astfel, au fost obținute noi compozite și anume: AV-17-Cr-HL-Zn, AV-17-Cr-HL-Cu, AV-17-Cr-HL-Ni, AV-17-Cr-HL-Co, AV-17-Cr-HL-Fe(II) și AV-17-Cr-HL-Fe(III). Unele din aceste compozite au fost testate la distrugerea microbilor *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* și a fungiei *Candida albicans.* Cel mai efficient a fost compozitul AV-17-Cr-HL-Zn. În 25 minute el a distrus 100% din *Staphylococcus aureus*. Compozitul a manifestat cea mai mica activitate în distrugerea fungiei *Candida albicans.* Trebuie menționat că avantajul utilizării soluțiilor compozite pentru distrugerea bacteriilor, comparativ cu soluțiile antimicrobiene, este că, în primul caz, procesul de distrugere a microbilor poate fi efectuat prin flux continuu, iar substanța activă nu rămâne în mediul curățat de microbi.

Referințe:

1. Гуцану, В. Л., Туртэ, К. И., Мунтеан, С. А., Гафийчук, В. А., Шафранский, В. Н. Влияние различных факторов на состояние ионов железа в катионите КБ-2. *Журнал Физической Химии*, 1990, 64, 479–487.
2. Гуцану, В. Л. Сорбция и состояние ионов железа в ионитах (Обзор). *Химия и Технология Воды*, 1990, 12, 1074–1097.
3. Гуцану, В. Л., Догару, Г. Н. Влияние анионов на комплексообразование меди (II) с анионитом ЭДЭ-10П. I. Оценка влияния анионов на сорбцию из слабокислых растворов. *Журнал Физической Химии*, 1980, 54, 2092–2094.

4. Сафин, Р. Ш., Гуцану, В. Л., Вишневская, Г. П. Влияние анионов на комплексообразование меди (II) с анионитом ЭДЭ-10П. Спектры ЭПР ионитных комплексов полученных в слабокислой среде. *Журнал Физической Химии*, 1987, 61, 2134–2138.
5. Gutsanu, V. L., Turta, C. I., Gafiichuk, V. A., Shofransky, V. N. Compounds of iron (III), which are formed during the sorption strongly basic anionite in the sulfate solution. *Zh. Fiz. Khim.*, 1988, 62, 2415–2422.
6. Morais, P. S., Skeff Neto, K. Spectroscopic characterization of superparamagnetic particles of thermolitic products of ferric sulfate hydrates. *Polyhedron*, 1983, 2, 875–880. DOI: 10.1016/S0277-5387(00)81402-3.
7. Hrynkiewicz, A. Z., Kubisz, I., Kulgawczuk, D. S. Quadrupole splitting of the 14.4 keV gamma line of 57Fe in iron sulfates of the jarosite group. *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 1965, 27, 2513–2517. DOI: 10.1016/0022-1902(65)80150-6.
8. Ohyabu, M., Ujihira, Y. A study of the precipitates formed by hydrolysis of Fe(III) nitrate solution containing Na+ and SO42-. *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 1981, 43, 1948–1949. DOI: 10.1016/0022-1902(81)80422-8.
9. Margulis, E. V., Savchenko, I. A., Shokarev, M. M., Beysekeeva, I. I., Vershinina, S. I. Thermolizes of hydroxosulphates (H3OFe3(OH)6(SO4)2 and FeOHSO4). *Zh. Neorg. Khim.*, 1973, 18, 1263–1269.
10. Takada, T., Kiyama, M., Bando, Y., et al. Mossbauer study of α-, β– and γ-FeOOH. *J. Phys. Soc. Jpn.*, 1964, 19, 1744–1746. DOI: 10.1143/JPSJ.19.1744.
11. Goncharov, G. N., Efimov, A. A., Kalyamin, A. V., Tomilov, S. V. Investigation of the mechanism of hydrolytic precipitation in the hydrolysis of Fe(III) in nitrate solutions. *Zh. Obshchei Khim.*, 1978, 48, 2398–2408.
12. Gutsanu, V., Basile. *Polymers, Metal Compounds and New Materials*. Cambridge Scholars Publishing, Cambridge, UK, 2020, 162 p. ISBN: 978-1-5275-4308-9.
13. Archipenko, V. V., Devyatkina, E. T., Palchik, N. A. *Crystallochemical Particularities of Synthetic Jarosites*. Nauka, Novosibirsk, 1978.
14. Gutsanu, V., Rosca, I. Process for selective removal of cyanide, thiocyanate, cyanate ions solutions. Patent MD 2746, *BOPI*, 2005, 4, 33.
15. Gutsanu, V. Chemical-Mineralogical System That Are Able to Generate Nitrogen Compounds on Earth and Even on Mars. *ACS Earth Space Chem.*, 2018, 2, 340–346. DOI: 10.1021/acsearthspacechem.8b00006.
16. Gutanu, V., Luca, C., Neagu, V., Sofranschi, V., Turta, C. Iron (III) states in 4-vinylpyridine: divinylbenzene copolymer modified by monochloracetic and acrylic acids. *React. Funct. Polym.*, 1999, 40, 123–128.
17. Gutsanu, V., Costis, V. Sorption of thiocyanate ions on Cr–polymer composite and obtaining a new sorbent. *Colloid J.*, 2026, 88(1), 1–10. DOI: 10.1134/S1061933X25601088.
18. Gutsanu, V., Lisa, G. Composites containing metal and thiosemicarbazone: Thermal, antimicrobial and antifungal properties. *Polyhedron*, 2020, 191, 114800. DOI: 10.1016/j.poly.2020.114800.

Date despre autori:



Vasile GUȚANU, Institutul de Chimie al Universității de Stat din Moldovei
e-mail: gutsanu@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0159-415X