

ISSN 2091-5527
№ 4/2025

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Фролов Ю.Г. Химия и технология воды. - М.: Химия, 2008.
2. Кнарсзук А., Ковальска В. Clay-polymer composites as hydraulic barriers. *Materials Today: Proceedings*, 2018.
3. Хамдамова Д.Х. Полимерные добавки для водонепроницаемых экранов// Журнал «Фан ва технологиялар», 2019, №3.
4. Utracki, L.A. *Polymer Blends Handbook*. Springer, 2014.
5. Sperling, L.H. *Introduction to Physical Polymer Science*, Wiley-Interscience, 2006.
6. Yusupov Sh.T. Fosfogips asosida polimerli qoplama materiallari, Toshkent arxitektura-qurilish instituti, 2020.
7. Nazarova G'.Sh. Hidrobarqaror interpolimer kompozitsiyalar//, Fan va taraqqiyot, 2022, №2.
8. Zubov A.A. *Interpolymer Complexes in Aqueous Media*, VSP, 1999.
9. Komilov Q.U. va boshqalar. Fosfogipsdan foydalanishda uni zararsizlantirishga erishish yo'llari// *Композиционные материалы*, 2025, 1 (2), 87-89 betlar.
10. Mukhamedov G.I. Interpolymeric complex for protection of the biosphere and spare water resources// *Journal of Critical Reviews*, 2020, 7 (2), pp. 230-233.
11. Эшматов А.М. и другие. Применение интерполимерных комплексов для улучшения агрофизических свойств почв// *Universum*, 2021, 5 (86), С. 44-47.

UDK 669.531.66

SFALERITNI MARGANES DIOKSIDI BILAN OKSIDLOVCHI TANLAB ERITISHNING TERMODINAMIK IMKONIYATLARINI BAHOLASH

**Hojiyev Shohruh Toshpo'latovich, Xolikulov Doniyor Baxtiyorovich,
Xaydaraliyev Xolbay Rustam o'g'li, Javliyev Sirojiddin Suyunovich, Movlanov Abdusalom Sayidovich**

Olmalik davlat texnika instituti "Metallurgiya" kafedrası

Annotatsiya. Maqolada sulfidli rux boyitmalarini marganes dioksidi ishtirokida sulfat kislotasi eritmasida oksidlovchi tanlab eritish jarayonining termodinamik asoslari o'rganilgan. Hisob-kitoblarga ko'ra, jarayon uchun eng qulay sharoit 45–55 °C bo'lib, bu diapazonda Gibbs energiyasi manfiy qiymatga ega va reaksiyaning o'z-o'zidan borishini ta'minlaydi. Hosil bo'ladigan elementar oltingugurt foydali ikkilamchi mahsulotdir, marganes dioksidi esa ozon bilan oksidlab qayta ishlatiladi. Taklif etilgan usul rux sulfidli boyitmalarni ekologik xavfsiz va resurs-tejamkor gidrometallurgik qayta ishlash uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: rux sulfid, marganes dioksidi, tanlab eritish, gidrometallurgiya, termodinamika, Gibbs energiyasi, harorat.

Kirish. Rux (Zn) – rangli metallurgiyaning muhim strategik metallaridan biri bo'lib, u korroziyaga chidamliligi, mexanik mustahkamligi va qotishma hosil qiluvchi xossalari bilan ajralib turadi. Rux asosan galvanik qoplamalar, latun va bronza qotishmalari, shuningdek, kimyo, elektrotexnika va mashinasozlik sanoatida keng qo'llaniladi. Dunyo bo'yicha yiliga 13–14 mln tonna rux ishlab chiqariladi, asosan gidrometallurgik jarayonlar asosida [1].

Ruxning asosiy manbai sfalerit (ZnS) bo'lib, u tarkibida qo'rg'oshin, mis, temir, kadmiy, indiy va germaniy kabi yo'ldosh elementlarni saqlaydi [2]. Shu bois rux ishlab chiqarish texnologiyalari nafaqat ruxni ajratib olish, balki yo'ldosh elementlarni qayta ishlashni ham o'z ichiga oladi. Hozirgi texnologiyalar pirometallurgik (Vels jarayoni) va gidrometallurgik (kuydirish, tanlab eritish, elektroliz) yo'llarga asoslanadi [3]. Gidrometallurgik usullar ekologik xavfsizligi, yuqori tozaligi va energiya tejamkorligi bilan ajralib turadi, biroq hosil bo'ladigan shlak va keklarda sezilarli miqdorda rux va boshqa metallar yo'qotiladi [4].

So'nggi yillarda chiqindisiz va kompleks qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish dolzarb

masalaga aylandi. Bu yo'nalish O'zbekiston Respublikasining ekologik xavfsizlik va "yashil iqtisodiyot" siyosati bilan hamohangdir. Xususan, Prezident Shavkat Mirziyoyev tomonidan 2025-yil "Atrof-muhitni asrash va "yashil" iqtisodiyot yili" deb e'lon qilinishi sanoatda energiya va resurs tejamkor texnologiyalarni keng joriy etishni talab qilmoqda [5].

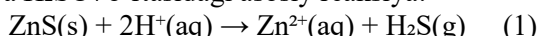
O'zbekistonda rux ishlab chiqarish "Olmalik kon-metallurgiya kombinati" AJda amalga oshiriladi. Bu yerda sulfidli boyitmalar "Qaynar qatlamli" pechlarda kuydirilib, hosil bo'lgan kuyindi sulfat kislotasi eritmasida tanlab eritiladi va elektroliz orqali katod-rux olinadi. Biroq boyitmadagi temirning yuqori miqdori ruxning bir qismini ferrit shaklida bog'lab, eritilmay chiqindi kekka o'tishiga sabab bo'ladi. Ruxni qayta tiklash uchun Velslash jarayoni qo'llaniladi, ammo u katta energiya sarfini talab etib, jarayonning iqtisodiy samaradorligini pasaytiradi [6].

Shu sababli mavjud texnologiyalarni takomillashtirish, energiya va resurslarni tejovchi, chiqindisiz jarayonlarni yaratish dolzarbdir [7]. Ushbu tadqiqotning maqsadi — sulfidli rux boyitmalarini gidrometallurgik usulda qayta ishlash orqali rux va qimmatbaho metallarni samarali

ajratish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat. Buning uchun sulfat kislotada eritmasida tanlab eritish jarayonining termodinamik asoslari bosqichma-bosqich o'rganildi.

Tadqiqot obyekti va metodikasi. Tadqiqot materiali sifatida "Olmaliq kon-metallurgiya kombinati" AJda ishlab chiqariladigan sulfidli rux boyitmasi olindi [8]. Boyitma sfalerit (ZnS) asosidagi polimetall rudalardan olingan bo'lib, tarkibida o'rtacha 52–56% Zn, 8–12% Fe, 0,5–1,0% Pb va 0,3–0,5% Cu mavjud. Asosiy minerallar – sfalerit (ZnS), marmatit ((Zn,Fe)S), galenit (PbS) va xalkopirit (CuFeS₂) hisoblanadi [9].

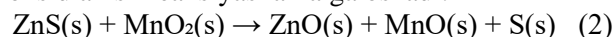
Jarayonning termodinamik imkoniyatlarini aniqlash maqsadida dastlab termodinamik tahlil o'tkazildi. Asosiy obyekt sifatida sfalerit (ZnS), erituvchi sifatida esa sulfat kislotada (H₂SO₄) tanlandi. ZnS va H₂SO₄ o'rtasidagi asosiy reaksiya:



bilan kechadi. Ammo bu jarayon endotermik xususiyatga ega bo'lib, zaharli H₂S gazi ajraladi va qo'shimcha energiya sarfini talab qiladi.

Jarayonning energiya samaradorligini oshirish uchun ekzotermik reaksiya kiritish tamoyili qo'llanildi. Bunda oksidlovchi reagent sifatida

marganes dioksidi (MnO₂) ishlatilib, quyidagi oksidlanish reaksiyasi amalga oshadi:



Pirolizitni tanlash sababi — marganesni eritmada ozonlash orqali qayta oksidlab MnO₂ hoida regeneratsiya qilish imkonidir. Bu yondashuv jarayonning energiya balansini yaxshilab, reagentlarning qayta ishlatilishini ta'minlaydi. Sfalerit–sulfat kislotada sistemasiga MnO₂ komponentini kiritish orqali tanlab eritish jarayonining samaradorligi nazariy asoslab berildi. Termodinamik tahlilda reaksiyalar uchun entalpiya (ΔH°), entropiya (ΔS°) va Gibbs erkin energiyasi (ΔG°) qiymatlari hisoblandi. Hisob-kitoblarda Nernst tenglamalaridan foydalanildi.

Natijalar va muhokama. Tushunarli va izchil muhokamani tashkil etish maqsadida qiyosiy termodinamik tahlil ma'lum ketma-ketlik (algoritm) asosida amalga oshirildi. Tadqiqotning ushbu bosqichida, avvalo, yuqorida keltirilgan ruxni tanlab eritishga qaratilgan uchta asosiy kimyoviy reaksiya tanlab olindi. Ushbu reaksiyalarning stexiometrik tenglamalari hamda ularga mos ravishda tuzilgan Gibbs erkin energiyasi tenglamalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Ruxni tanlab eritish jarayoniga oid reaksiyalar uchun Gibbs erkin energiyasi tenglamalari

№	Kimyoviy reaksiya	Gibbs energiyasi tenglamasi
1.	$\text{ZnS(s)} + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{S(g)}$	$\Delta G_1 = 31,5 - 0,09511 * T$
2.	$\text{ZnS(s)} + \text{MnO}_2(\text{s}) \rightarrow \text{ZnO(s)} + \text{MnO(s)} + \text{S(s)}$	$\Delta G_2 = -7,5 - 0,02611 * T$
3.	$\text{ZnS(s)} + \text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{S(s)} + 2\text{H}_2\text{O(l)}$	$\Delta G_3 = -218,78 + 0,06565 * T$

Tahlil natijalari (1-jadval) rux sulfidining (ZnS) turli sharoitlarda kechuvchi uchta reaksiyasi asosida uning termodinamik faoliyatini baholash imkonini beradi. Birinchi reaksiya ZnS ning kislotali muhitda parchalanishini ifodalaydi; ΔG₁ ning musbat qiymati (31,5 kJ/mol) past haroratlarda jarayonning o'z-o'zidan kechmasligini, faqat yuqori haroratlarda ma'lum darajada faollashishini ko'rsatadi. Ikkinchi reaksiya qattiq fazalar orasidagi oksidlanish–qaytarilish jarayonidir. ΔG₂ ning manfiy qiymati bu reaksiyaning keng harorat oralig'ida o'z-o'zidan borishini bildiradi. Shu bois MnO₂ rux sulfidini oksidlovchi sifatida samarali ishtirok etib, ZnO hosil bo'lishiga yordam beradi.

Uchinchi reaksiya birinchi ikki jarayonning kombinatsiyasi bo'lib, qattiq fazadagi oksidlanish va eritma fazasidagi protonlar ishtirokida kechadi. ΔG₃ ning manfiy qiymati bu jarayonning past haroratdanoq o'z-o'zidan borishini ko'rsatadi.

Umuman olganda, ZnS ning MnO₂ bilan reaksiyalari (2- va 3-reaksiyalar) ruxning oksidlanishi va eritilishini termodinamik jihatdan eng qulay sharoitda ta'minlaydi. 2-jadval ma'lumotlari harorat oshishi bilan ΔG qiymatlarining sezilarli o'zgarishini, bu esa jarayonning haroratga bog'liqligini tasdiqlaydi.

Hisob-kitoblar rux sulfidining tanlab eritilishida haroratning muhim rol o'ynashini ko'rsatdi. 1-reaksiya (ZnS + 2H⁺ → Zn²⁺ + H₂S) uchun ΔG 25 °C da musbat (3,16 kJ/mol) bo'lib, faqat 60 °C dan yuqori haroratlarda manfiylashadi. Demak, bu jarayon endotermik bo'lib, faqat yuqori haroratda o'z-o'zidan kechadi.

2-reaksiya (ZnS + MnO₂ → ZnO + MnO + S) uchun ΔG butun 25–145 °C oralig'ida manfiy (–15 ÷ –18 kJ/mol) qiymatga ega. Bu MnO₂ ning samarali oksidlovchi ekanini va jarayonning past haroratlarda ham o'z-o'zidan borishini ko'rsatadi.

3-reaksiya (ZnS + MnO₂ + 4H⁺ → Zn²⁺ + Mn²⁺ + S + 2H₂O) eng qulay termodinamik sharoitda kechib, ΔG –199 ÷ –191 kJ/mol diapazonda o'zgaradi. Bu reaksiyaning keng harorat oralig'ida o'z-o'zidan borishini va energiya samaradorligi jihatidan ustunligini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, 3-reaksiya eng termodinamik barqaror va energiya tejamkor jarayon bo'lib, MnO₂ ishtirokida ruxning eritmaga o'tishini sezilarli darajada kuchaytiradi. Shu sababli, tanlab eritish texnologiyasida aynan MnO₂ bilan aralash fazali (qattiq–suyuqlik) muhitdagi jarayon eng maqsadga muvofiq yo'nalish hisoblanadi.

**2-jadval. Ruxni tanlab eritish reaksiyalarining
harorat bo'yicha Gibbs energiyasi (ΔG)
qiymatlarining o'zgarishi**

№	Haroratlar		Gibbs energiyasi, kJ/mol		
	T(K)	T(°C)	ΔG_1	ΔG_2	ΔG_3
1	298	25	3,16	-15,28	-199,22
2	303	30	2,68	-15,41	-198,89
3	308	35	2,21	-15,54	-198,56
4	313	40	1,73	-15,67	-198,23
5	318	45	1,26	-15,80	-197,90
6	323	50	0,78	-15,93	-197,58
7	328	55	0,30	-16,06	-197,25
8	333	60	-0,17	-16,19	-196,92
9	338	65	-0,65	-16,33	-196,59
10	343	70	-1,12	-16,46	-196,26
11	348	75	-1,60	-16,59	-195,93
12	353	80	-2,07	-16,72	-195,61
13	358	85	-2,55	-16,85	-195,28
14	363	90	-3,02	-16,98	-194,95
15	368	95	-3,50	-17,11	-194,62
16	373	100	-3,98	-17,24	-194,29
17	378	105	-4,45	-17,37	-193,96
18	383	110	-4,93	-17,50	-193,64
19	388	115	-5,40	-17,63	-193,31
20	393	120	-5,88	-17,76	-192,98
21	398	125	-6,35	-17,89	-192,65
22	403	130	-6,83	-18,02	-192,32
23	408	135	-7,30	-18,15	-191,99
24	413	140	-7,78	-18,28	-191,67
25	418	145	-8,26	-18,41	-191,34

Termodinamik tahlil natijalariga ko'ra, $ZnS + MnO_2 + 4H^+ \rightarrow Zn^{2+} + Mn^{2+} + S + 2H_2O$ reaksiyasi barcha ko'rib chiqilgan jarayonlar ichida eng barqaror va energetik qulay hisoblanadi. Reaksiya past haroratlarda ham o'z-o'zidan kechadi, biroq harorat ortishi bilan ΔG qiymati biroz ortib, jarayonning o'z-o'zidan borish ehtimoli kamayadi. 60 °C dan yuqorida H_2S hosil bo'lish xavfi, 90 °C dan yuqorida esa suv bug'lanishi tufayli energiya yo'qotishlar kuzatiladi. Shu sababli termodinamik, kinetik va xavfsizlik omillarini hisobga olib, jarayon uchun optimal harorat oralig'i 45–55 °C deb belgilandi. Bu sharoitda reaksiyaning Gibbs energiyasi manfiy (≈ -197 kJ/mol) bo'lib, jarayon eng barqaror, energiya tejamkor va texnologik jihatdan maqbul bo'ladi.

Xulosa. Rux sulfidini marganes dioksidi ishtirokida sulfat kislota eritmasida tanlab eritish jarayoni termodinamik jihatdan 45–55 °C da eng qulay deb aniqlandi. Bu sharoitda Gibbs energiyasi manfiy bo'lib, jarayonning o'z-o'zidan borishini va barqarorligini ta'minlaydi. Reaksiya natijasida hosil bo'lgan elementar oltingugurt kimyo va metallurgiya sanoati uchun foydali mahsulotdir. Eritmadan marganesni ozon bilan oksidlash orqali ajratish MnO_2 ni qayta ishlatish imkonini beradi va resurs-tejamkor texnologiyani yaratadi. Natijada, rux deyarli to'liq eritmaga o'tadi, qattiq qoldiq esa qimmatbaho metallar boyitilgan mahsulotga aylanadi. Shu tariqa, ishlab chiqilgan oksidlovchi-sulfatli eritish usuli rux sulfidli boyitmalarni ekologik xavfsiz, energiya va resurs tejamkor tarzda qayta ishlash uchun ilmiy asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Khaydaraliev Kh.R., Hojiyev Sh.T., Shaymanov I.I., Ramazonova Z.B. Zinc prices and main producing countries in the last decade // "Kimyo sanoatining dolzarb muammolari, innovatsion yechimlari va istiqbollari" nomli xalqaro ilmiy-amaliy anjumani to'plami, Olmaliq, 1-2 noyabr, 2024 y. S. 294-295.
2. Svens K., Kerstiens B., Runkel M. Recent experiences with modern zinc processing technology // "Erzmetall". – 2003. – №2. – P. 94 – 103.
3. Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка. М.: Metallurgiya, 1981. - 384 с.
4. Khojiev Sh.T., Rakhmataliev Sh.A., Tulaganov M.I., Rakhmonaliyev M.M. Modern technologies of zinc production // Моя профессиональная карьера, 2022, 35(8). С. 266-275.
5. Toshpulatov D.D., Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T. Study of the possibilities of the metallothermic reduction process of zinc ferrite // Proceedings of international scientific and scientific-technical conference on "Practical and Innovative Scientific Research: Current Problems, Achievements and Innovations (Dedicated to the memory of professor A.A. Yusupkhodjaev)", Tashkent, December 6, 2021. P. 386 – 388.
6. Hojiyev Sh.T., Berdiyarov B.T. Sulfidli rux boyitmasini Qaynar Qatlam pechida kuydirish jarayonida silikatlar va ferritlar hosil bo'lishining oldini olish chora-tadbirlari // "Fan va Texnika taraqqiyotida intellektual yoshlarning o'rni" nomli Respublika ilmiy anjumanining ma'ruzalar to'plami, I qism/ Toshkent: ToshDTU, aprel, 2015. 171 – 174 b.
7. Khojiev Sh.T., Saidova M.S., Mirzajonova S.B., Ibrokhimov H.X., Ismatov Sh.O'. Development of Technology for Processing Zinc Cakes Based on the Use of Petroleum Coke // International Journal of Academic Engineering Research, 6(6), 2022. P. 23-28.
8. Khojiev Sh.T., Rakhmataliev Sh.A., Saidova M.S., Suyarova M.N., Esonova M.O. Enhancing Zinc Extraction Efficiency from Insoluble Zinc Cake through Citric Acid Leaching: A Hydrometallurgical Approach // International Journal of Engineering and Information Systems, 8(4), 2024. P. 22-29.
9. Kholikulov D.B., Khaydaraliev Kh.R., Khojiev Sh.T. Mineralogical investigation of zinc cake generated in Almalyk zinc production // Proceedings of the International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects. – Navoi, 2025. – P. 401–402.

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Собиров Ж.С., Самандаров Х.О., Ибадуллаев А., Тешабаева Э.У. Эластомерная композиция со специфическими свойствами	67
Негматов С.С., Намозов С.С., Саидкулов С.А., Негматова К.С., Абед Н.С., Султанов С.У., Жовлиев Ш.Х., Шодиев Х.Р., Дусмурадов Э.Б. Исследование и разработка эффективных составов антикоррозионных композиционных ингибирующих материалов и покрытий на их основе	71
Турахужаева Ш.Н., Шарипов К.А., Каримов К.А., Мардонакулов Ш.У. Состав флюса для восстановления алюминия из его оксидов	75
Adinayev X.A. Shaffof-rangsiz shisha namunalari sintezi va ularning fizik-kimyoviy xossalari	76
Yakubov M.M., Sunnatov J.B., Maqsudxo‘jayeva M.S. Mineral va texnogen xom ashyolardan nodir metallar eritish usuli bilan ajratib olishni tadqiq etish	79
Yusupov Sh.F., Yusupov S.K., Kadirov H.E., Temirov G.B., Yusupov D.B. Rheological characterization of sulfanol-based surfactant systems	81
Сайназарова М.М. Совершенствование рецептурно-технологических решений эластомерных композиций	83

4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Мардонакулов Ш.У., Каримов К.А., Турахужаева Ш.Н., Махмудов Ф.М., Носирхужаев И.А. Тураходжаев Н.Д. Обеспечение ресурсосбережения при плавке алюминиевых сплавов	86
Yodgorov B.O., Komilov Q.O‘., Kurbanova A.Dj., Muxamedov G‘.I. Filtrlanishiga qarshi ekran sifatida karbamido-formaldegid oligomeri asosidagi interpolimer komplekslardan foydalanish	87
Ho‘jiyev Sh.T., Xolikulov D.B., Xaydaraliyev X.R., Javliyev S.S., Movlanov A.S. Sfaleritni marganes dioksidi bilan oksidlovchi tanlab eritishning termodinamik imkoniyatlarini baholash	90
Азимова Ш.А. Перспективы вторичной переработки органических компонентов отходов щелочной очистки пирогаза	93
Панжиев А.Х., Холлиева Ш.О., Шодмонов Б. Шўртаннефтгаз МЧЖ чиқинди экспанзер газлари асосида кальций цианамид олиш кинетикаси	96
Turakhujaeva Sh.N., Sharipov K.A., Karimov K.A., Mardonakulov Sh.U., Turakhujaeva A.N. The role of alloying elements in improving the mechanical properties of aluminum-magnesium alloys: an overview and an ecological analysis	99
Сайназарова М.М., Содикова М.Р., Абдумавлянова М.К. Использование вторичных технологических шлаков медно-молибденового производства в качестве ингредиента резиновых смесей	101
Турдиев Ш.Ш., Салохиддинов Ф.А. Анализ показателей конверсии сырья в процессе пиролиза	103
Каршиев М., Файзиев М.М. Исследование влияния вида обработки поверхности деталей почво-обрабатывающих машин на адгезионную прочность напыляемого покрытия	106

5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов

Qayumjonov O.R., Yusupov M.O., Sherquziyev D.Sh. Tarkibida nikel, azot va NPK saqlagan ftalosiyanin pigmentining olinishi va infraqizil spektirini tadqiq qilish	108
Турахужаева Ш.Н., Шарипов К.А., Каримов К.А., Мардонакулов Ш.У., Тураходжаев Н.Д. Метод применения композиционного модификатора для плавки алюминиевых и магниевых сплавов	110
Turobov Sh.N., Boymurodov N.A., Xo‘jakulov A.M. Tarkibida volfram bo‘lgan texnogen chiqindilarni granulometrik tarkibini aniqlash bo‘yicha eksperimental tahlili	112
Турсунов А.С., Турдалиев У.М., Оразимбетова Г.Ж. Исследование структура глауконита по методом электронно-микроскопического анализа	117
Ermatov R.K., Doliyev G‘.A., Mamajanov S.B. Methods for obtaining electrode coatings from local raw materials	120