

5. M.V. Rylnikova, D.A. Klebanov, M.A. Makeev, M.V. Kadochnikov. The use of artificial intelligence and the prospects for the development of analytical big data systems in the mining industry // Mining Industry. - Moscow. -2022. -Number 3. –P.89-91..

MIS ERITISH ZAVODI ATMOSFERASIDAGI ZAHARLI GAZLARINI ABSORBSIYALASHNING TERMODINAMIK JIHATLARINI O'RGANISH

Sh.T. HOJIYEV, kafedra dotsenti, PhD, hojiyevshohruh@yandex.ru

B.T. BERDIYAROV, kafedra mudiri, DSc.

Q.T. OCHILDIYEV, kafedrasi katta o'qituvchisi

V.X. XOTAMQULOV, magistrant

Toshkent davlat texnika universiteti Metallurgiya kafedrasi, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya

Maqolada mis va rux kabi rangli metallarni ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan, tarkibida oltingugurt angidridlari saqlagan sanoat gazlarini utilizatsiya qilish muammolari ko'rib chiqilgan. Bunda tarkibida oltingugurt angidridlari saqlagan sanoat gazlarini to'liq utilizatsiya qilish maqsadida ohakli suspenziyada absorbsiyalash usuli taklif etilgan bo'lib, jarayonning borish kinetikasi va termodinamik imkoniyatlari o'rganib chiqilgan. Termodinamik hisoblashlar natijasi shuni ko'rsatdiki, gaz va eritma sistemasida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalar orasida sulfat kislotaning kalsiy karbonat bilan ta'sirlashuv reaksiyasi umumiy jarayon uchun eng sekin boruvchi (limitlovchi) bosqich ekanligi aniqlangan va jarayon uchun 60 °C optimal harorat qilib o'rnatilgan.

***Kalit so'zlar:** sanoat gazlari, oltingugurt angidridlari, absorbsiya, ohatoshli suspenziya, utilizatsiya, termodinamika, mexanizm, limitlovchi bosqich, optimal harorat.*

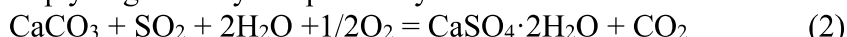
Kirish. “Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ da (“OKMK” AJ) rux va mis metallarini ishlab chiqarish jarayonida juda ko'p miqdorda oltingugurt angidridi tarkibli texnologik gazlar ajralib chiqadi [1]. Hozirgi kunda ushbu gazlardan sulfat kislota ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. “OKMK” AJ mis eritish zavodining metallurgiya sexida chiquvchi gazlar harakatlanuvchi sistemalarining germetik emasligi hamda metallurgik agregatlardan chiqayotgan texnologik gazlarni to'liq gazlardan tozalash bo'limiga yetib bormasligi evaziga metallurgik sexlar hududining ekologik normalarini buzilishiga sabab bo'lmoqda [2-3]. Bugungi kunda gazlarni tozalash bo'limiga kelayotgan texnologik gazlar tarkibi taxminan 6 – 7 % SO₂, 0,2 – 0,3 % SO₃ va boshqa gazlardan tashkil topgan, ushbu gazlardan sulfat kislota olishdan oldin 8 % li sulfat kislota bilan qarama qarshi sxema asosida ishlov beriladi [3]. Bundan maqsad birinchidan chiquvchi gazlar haroratini kamayishi bo'lsa, ikkinchidan As, F, Se kabi uchuvchi komponentlardan xoli bo'lishdir [4-5]. Qilingan tadqiqotlar natijasida, sexning hududidagi ajralib chiqayotgan texnologik gazlar tarkibida SO₂ ning miqdori, undan sulfat kislota ishlab chiqarish uchun samarasiz deb topildi [6-9]. Chiquvchi texnologik gazlar oltingugurt angidridi kam bo'lgan hollarda undan boshqa turdagi mahsulotlar ishlab chiqarish va shu bilan atrof-muhitga zararli gazlarni chiqishini oldini olish borasida qator ilmiy tadqiqotlar o'tkazildi [10-12].

Ko'plab sanoati rivojlangan davlatlarda jumladan AQSH, Germaniya hamda Yaponiyaning turli korxonalarida kam oltingugurt angidridi tarkibli texnologik gazlarni tozalash va ulardan boshqa turdagi mahsulotlar ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan [13-15].

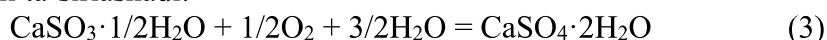
Yuqorida keltirilgan ma'lumotlar asosida sexning hududida to'planayotgan texnologik gazlarni absorbsiya usulidan foydalangan holda qayta ishlash taklif etildi. Bunga ko'ra, metallurgik sexning hududi bo'ylab tarqalayotgan texnologik gazlar ortiqcha sovutishni talab qilmaydi. Texnologik gazlar to'g'ridan-to'g'ri gazlarni tozalash bo'limiga yuboriladi. Tozalangan oltingugurt angidridi tarkibli texnologik gazlar absorberda ohak bilan o'zaro ta'sirlashishi taminlanadi [16-20]. Absorberda pastdan yuqoriga tomon harakatlanadigan oltingugurt angidridi tarkibli texnologik gazlari yuqoridan beriladigan ohaktosh suspenziyasi bilan o'zaro ta'sirlashadi. Buning natijasida oltingugurt (IV)-oksidi ohaktosh bilan quyidagi reaksiya orqali ta'sirlashib kalsiy sulfitini hosil qiladi:



Bundan tashqari, absorberga kelayotgan chiquvchi texnologik gazlar tarkibida kislorod mavjudligi sababli kam miqdorda quyidagi reaksiya orqali kalsiy sulfati hosil bo'ladi:



Oltingugurt (IV)-oksididan tozalangan chiquvchi texnologik gazlar, ortiqcha namlikdan tozalanib, vertikal quvurlar orqali atmosferaga qo'yib yuboriladi. Reaksiya mahsulotlari bilan birga ohaktosh suspenziyasi absorber tagidagi sirkulyatsion idishga yig'iladi [21]. Bu yerdan qayta absorberning sachratib beruvchi qurilmalariga beriladi. Shu tarzda ohaktosh suspenziyasi bilan sirkulyatsion sug'orish amalga oshiriladi. Bo'tananing qolgan qismi ajratib olinib, uni gips olish sistemasiga yuboriladi. Dastlab, bo'tana tarkibidagi kalsiy karbonatning qolgan qismini oksidlash va kerakli pH ko'rsatgichini ta'minlash maqsadida sulfat kislota beriladi. Bundan keyin umumiy mahsulot, tag qismidan siqilgan havo berish sistemasi mavjud bo'lgan oksidlovchi minoraga beriladi. Ushbu minorada havo tarkibidagi kislorod bilan bo'tana tarkibidagi kalsiy sulfitlari quyidagi kimyoviy reaksiya orqali ta'sirlashadi:



Materiallar va metodlar.

Tadqiqot obyektlari sifatida tarkibida oltingugurt oksidlari saqlagan sanoat gazlari va absorbent sifatida ohaktoshli suspenziya tanlandi.

Sanoat gazlari va absorbent sistemasida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalarning termodinamik qiymatlarini aniqlash va ularning Ellingem grafigini tuzish maqsadida Microsoft Excel dasturidan foydalanildi.

Termodinamik tahlillar izobarik-izotermik potentsiallarning (Gibbs erkin energiyasi) haroratga bog'liqligini hisobga olgan holda o'tkazildi. Gibbs erkin energiyasining o'zgarishi (ΔG) umumiy holda quyidagi formula yordamida hisoblab chiqilgan:

$$\Delta G_{\text{reak}} = \Delta H_{\text{reak}} - \Delta S_{\text{reak}} T \quad (a)$$

Bu yerda: ΔH_{reak} – tegishli kimyoviy reaksiyaning entalpiyasi, kJ/mol;

ΔS_{reak} – tegishli kimyoviy reaksiyaning entropiyasi, J/(mol·K);

T – sistemaning absolyut harorati, K.

Sistemaning Gibbs energiyasi qiymatiga qarab, standart sharoitda reaksiyalarning o'z-o'zicha borish yoki bormasligi va reaksiyaning yo'nalishi to'g'risida quyidagicha xulosa qilinadi [22]:

a) agar kimyoviy reaksiyada Gibbs energiyasi o'zgarishining qiymati $\Delta G_{298} > 0$, ya'ni musbat bo'lsa, bu reaksiyalar standart sharoitda o'z-o'zidan bora olmaydi;

b) agar $\Delta G_{298} < 0$, ya'ni manfiy bo'lsa, bu reaksiyalar standart sharoitda o'z-o'zidan boradi. Bu reaksiyalar iqtisodiy va texnologik jihatdan qulay hisoblanadi;

d) agar $\Delta G_{298} = 0$ bo'lsa, bunda sistema kimyoviy muvozanat holatida bo'ladi. Muvozanatni zarur reaksiya boradigan tomonga yo'naltirish uchun sistema parametrlari (P, T, C, V lar)ni o'zgartirish kerak bo'ladi.

Reaksiya muvozanat konstantasining (K_M) haroratga bog'liqligi quyidagi formula bo'yicha aniqlandi:

$$\Delta G = -RT \ln K_M \quad (b)$$

Bu yerda: R – universal gaz doimiyligi, $R = 8,31696 \cdot 10^{-3}$ kJ/(grad·mol);

K_M – tegishli kimyoviy reaksiyaning muvozanat doimiyligi.

(b) matematik ifodadan muvozanat konstantasini topish uchun tenglamaning ikki tomonini ham $-RT$ ga bo'lib, logarifmlaymiz va natijada quyidagicha ifoda hosil bo'ladi:

$$K_M = e^{-\frac{\Delta G}{RT}} \quad (c)$$

Gazlarning suyuqliklar sathida absorbsiyalanish mexanizmiga ko'ra, dastlab, gazlar suyuqlik bilan kontakt chegara hosil qiladi, so'ng suyuqlik sirtida erishni boshlaydi va nihoyat, suyuqlik hajmi bo'yicha gaz molekulari diffuzion yo'l bilan tarqaladi. Bunday tarqalish sistemada to muvozanat holat yuzaga kelgunga qadar davom etadi. Muvozanat holat qaror topgandan so'ng esa gazlarning erish jarayoni to'xtaydi. Le-Shatellye prinsipiga binoan, muvozanat holatda turgan sistemaga tashqaridan biror omil ta'sir ettirilsa, muvozanat shu tashqi ta'sirni kamaytiradigan tomonga siljiydi. Masalan, oltingugurt saqlagan gazlarni suyuqlikda yaxshiroq absorbsiyalanishini ta'minlash uchun ishqoriy muhitga ega bo'lgan eritmalaridan foydalaniladi. Bunga sabab, oltingugurt dioksidi (SO_2) va oltingugurt trioksidi (SO_3) kislotali muhitga ega bo'lganligi sababli eritma tarkibidagi ishqor bilan ta'sirlashadi va eritma hajmida qolib ketadi. Bu holat esa suyuqlik sirtida to'plangan oltingugurt gazlarining suvda erishini oshiradi va muvozanat o'ng tomonga (ya'ni, gazlarning erishi tomonga) siljiydi.

Oltingugurt trioksidi molekulasida qutblanuvchanlik yuqori bo'lganligi sababli uning suvda va ishqoriy muhitga ega bo'lgan eritmalarida eruvchanligi anchayin yuqori. Lekin oltingugurt dioksidining suvda eruvchanligi oltingugurt trioksidining eruvchanligiga qaraganda nisbatan pastroq. Shuning uchun ham tarkibida oltingugurt saqlagan sanoat gazlarini suyuqliklarda absorbsiyalash yo'li bilan ularni utilizatsiya qilish paytida limitlovchi bosqich (ya'ni, eng sekin boruvchi jarayon) oltingugurt dioksidining suvda yoki boshqa suyuqliklarda erishi deb qaraladi. Oltingugurt dioksidining eruvchanligini oshirish maqsadida turli xil ishqoriy muhitga ega bo'lgan eritmalarini qo'llash mumkin. Lekin bu eritmalarining hammasi ham iqtisodiy samarali emas va shuning uchun ham haligacha o'zining qo'llanilish sohasini topmagan. Ammo ko'pchilik metallurgik korxonalarda ishlab chiqarish quvvatining yil sayin ortib borishi atmosferaga ko'p miqdorda ajralib chiqayotgan zaharli oltingugurt gazlarini utilizatsiya qilishning yangi va samarali texnologiyasini ishlab chiqishni talab qilmoqda.

Yuqorida keltirilgan sabablarga ko'ra, kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida tarkibida oltingugurt saqlagan gazlar aralashmasini samarali utilizatsiya qilishning maxsus texnologiyasi ishlab chiqildi. Bu texnologiyaga ko'ra, ishlab chiqarish zonasi atrofida maxsus idishlarda oltingugurt gazlarini ohaktosh suspenziyalarida absorbsiyalanishi ta'minlanadi.

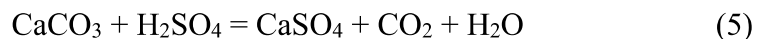
Bu jarayonda ham limitlovchi bosqich - oltingugurt dioksidining yutilishi bo'lganligi sababli mazkur tadqiqotda, asosan, shu jarayonning termodinamik jihatlari ko'rib chiqildi.

(1), (2) va (3) kimyoviy reaksiyalarning amalda yuz berishini tadqiq qilish uchun dastlab bu jarayonning eng qulay va mantiqan oson mexanizmini ishlab chiqish zarur. Mazkur kimyoviy reaksiyalar umumiy holda uch bosqichda sodir bo'ladi:

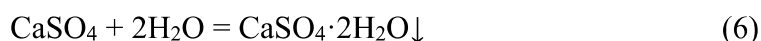
1. Avval suvda erigan oltingugurt dioksidi suvda erigan kislorod bilan ta'sirlashib sulfat kislota hosil qiladi:



2. So'ng hosil bo'lgan sulfat kislota suspenziyadagi ohaktosh zarrachalari bilan ta'sirlashadi:



3. Oxirgi bosqichda kalsiy sulfat tuzlari suv molekularini o'ziga bog'lab olib kristall holida cho'ka boshlaydi (gips hosil bo'ladi):



Ushbu tuzilgan uch bosqichli mexanizm oltingugurt dioksidining ohaktosh suspenziyasiga kimyoviy yo'l bilan absorbsiyalanish jarayonini tushuntira oladi.

Reaksiyalarda ishtirok etgan barcha moddalarning termodinamik qiymatlari standart sharoit uchun hisoblab topilgan bo'lib, ularning dastlabki qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Moddalarning tegishli termodinamik kattaliklari (298 Kda)

Modda	CaCO ₃	SO ₂	CaSO ₃	CO ₂
ΔH (kJ/mol)	-1206,8	-296,9	-929	-393,51
ΔG (kJ/mol)	-1128,4	-300,21	-903,7	-394,38
ΔS (J/(mol*K))	91,7	248,07	101,3	213,67
Modda	H ₂ SO ₄	H ₂ O	CaSO ₄	O ₂
ΔH (kJ/mol)	-911	-285,83	-1436,3	0
ΔG (kJ/mol)	-745,7	-237,25	-1323,9	0
ΔS (J/(mol*K))	18	70,08	106,7	205,04

Bu holatda limitlovchi bosqichlar - oltingugurt dioksidining suv sirtiga absorbsiyalanish reaksiyasi (4-kimyoviy tenglama) va reaksiya natijasida hosil bo'lgan sulfat kislotaning kalsiy karbonat bilan ta'sirlashuvidir (5-kimyoviy tenglama). Chunki odatdagi sharoitda kristallanish (6-kimyoviy tenglama) reaksiyasining muvozanat konstantasi birdan katta va odatdagi sharoitda reaksiya o'z-o'zidan boradi. Demak, dastlabki ikkita kimyoviy reaksiyaning termodinamik imkoniyatlarini o'rganish texnologik jarayonda umumiy xulosa chiqarish uchun yetarli bo'ladi.

Ikkala kimyoviy reaksiyaning standart sharoit uchun qiymatlari Gess qonuniga muvofiq hisoblab topildi va bu qiymatlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

4- va 5-reaksiyalarning standart sharoit uchun (298 Kda) hisoblab topilgan termodinamik qiymatlari

Termodinamik kattaliklar	4-kimyoviy tenglama	5-kimyoviy tenglama
ΔH _{reak} kJ	-328,27	2,16
ΔG _{reak} (kJ/mol)	-208,24	-81,43
ΔS _{reak} (J/K)	-402,67	280,75

2-jadvaldagi qiymatlardan shuni ko'rish mumkinki, 4-kimyoviy reaksiyaning borishi osonroq. Chunki reaksiyaning Gibbs energiyasi qiymati standart sharoitda manfiy sonidir. Reaksiyaning entalpiyasi ham manfiy qiymatga ega, ya'ni reaksiya natijasida issiqlik ajralib chiqadi (ekzotermik). Reaksiya entropiyasi qiymatining manfiyligi esa reaksiyadan so'ng molekullarning tartibsiz harakati sekinlashishidan dalolat beradi.

Bu qiymatlardan foydalanib, 4-kimyoviy reaksiya uchun Gibbs energiyasining haroratga bog'liq bo'lgan umumiy tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta G_T = -328,27 + 0,40267 \cdot T \quad (d)$$

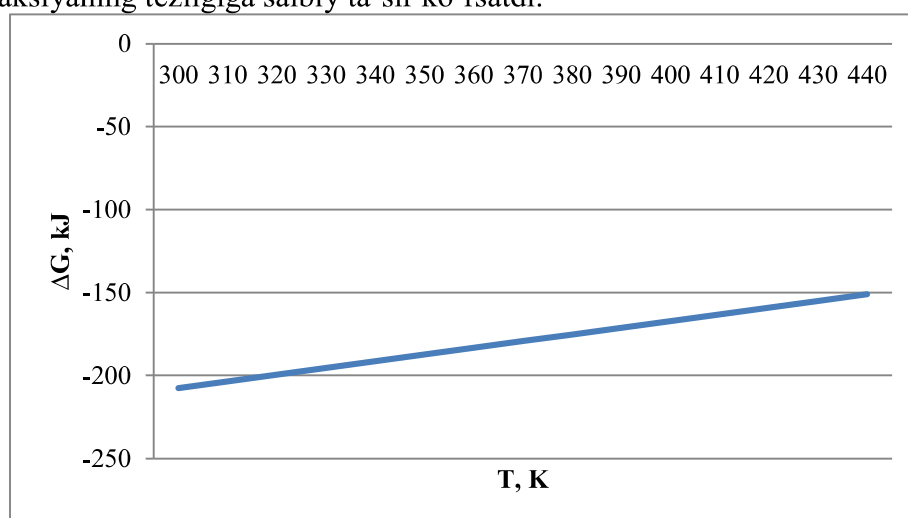
3-jadval

Haroratlar intervalida 4-kimyoviy reaksiyani termodinamik qiymatlarining o'zgarishi

№	ΔH	R	ΔS	T	ΔG _T	LnK _M	K _M
1	-328,3	8,31	-0,403	300	-207,5	0,0832	1,0868
2	-328,3	8,31	-0,403	310	-203,4	0,079	1,0822
3	-328,3	8,31	-0,403	320	-199,4	0,075	1,0779
4	-328,3	8,31	-0,403	330	-195,4	0,0713	1,0738

5	-328,3	8,31	-0,403	340	-191,4	0,0677	1,0701
6	-328,3	8,31	-0,403	350	-187,3	0,0644	1,0665
7	-328,3	8,31	-0,403	360	-183,3	0,0613	1,0632
8	-328,3	8,31	-0,403	370	-179,3	0,0583	1,06
9	-328,3	8,31	-0,403	380	-175,3	0,0555	1,0571
10	-328,3	8,31	-0,403	390	-171,2	0,0528	1,0543
11	-328,3	8,31	-0,403	400	-167,2	0,0503	1,0516
12	-328,3	8,31	-0,403	410	-163,2	0,0479	1,0491
13	-328,3	8,31	-0,403	420	-159,1	0,0456	1,0467
14	-328,3	8,31	-0,403	430	-155,1	0,0434	1,0444
15	-328,3	8,31	-0,403	440	-151,1	0,0413	1,0422

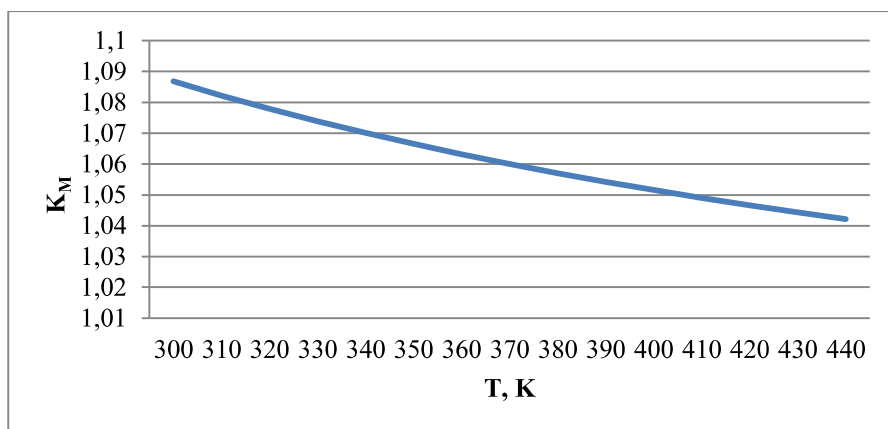
3-jadvalda 4-kimyoviy reaksiya uchun 300 – 440 K (yoki 27 – 167 °C) haroratlar intervalida reaksiyaning erkin energiyasi qiymati o'zgarib borishi va shu bilan birga, reaksiyaning muvozanat doimiyliklarining o'zgarib borish qiymatlari taqdim etilgan. Hisoblab topilgan natijalarga ko'ra, 4-kimyoviy reaksiya ekzotermik bo'lganligi sababli haroratning ortishi kimyoviy reaksiyaning tezligiga salbiy ta'sir ko'rsatdi.



1-rasm. 4-reaksiya bo'yicha Gibbs energiyasining haroratga bog'liqlik diagrammasi

1-rasmda keltirilgan grafikdan shuni ko'rish mumkinki, reaksiya sistemada haroratni har 10 birlikka oshirish reaksiyaning Gibbs energiyasining musbatlashuviga olib keldi. Bu grafikda 300 K (yoki 27 °C) haroratda 4-kimyoviy reaksiya Gibbs energiyasining minimal qiymatiga ega va bu harorat jarayonni oqib o'tishi uchun eng qulay imkoniyatni beradi. Buni isboti sifatida 2-rasmda 300 K haroratda kimyoviy reaksiyaning muvozanat doimiyligi eng maksimal qiymatga (1,0868) ega ekanligini ko'rish mumkin.

5-kimyoviy reaksiyaning entalpiya va entropiya qiymatlari musbat, bu esa uni standart sharoitda o'z-o'zidan oqib o'tishi uchun dastlabki faollanish energiyasi zarurligini bildiradi. Demak, bu holatda 5-kimyoviy reaksiya kinetik rejimda oqib o'tadigan jarayon uchun limitlovchi bosqich hisoblanadi va aynan shu reaksiyaning termodinamik imkoniyatlarini o'rganish muhim amaliy ahamiyatga ega.



2-rasm. 5-reaksiya bo'yicha muvozanat doimiyligining haroratga bog'liqlik diagrammasi

2-jadvaldagi keltirilgan qiymatlardan foydalanib, 5-kimyoviy reaksiya uchun Gibbs energiyasining haroratga bog'liq bo'lgan umumiy tenglamasi tuzildi:

$$\Delta G^T = 2,16 - 0,28075 \cdot T \quad (e)$$

Berilgan matematik ifodaga ko'ra, 5-kimyoviy reaksiyaning bir nechta haroratlarda sodir bo'lish imkoniyati aniqlandi.

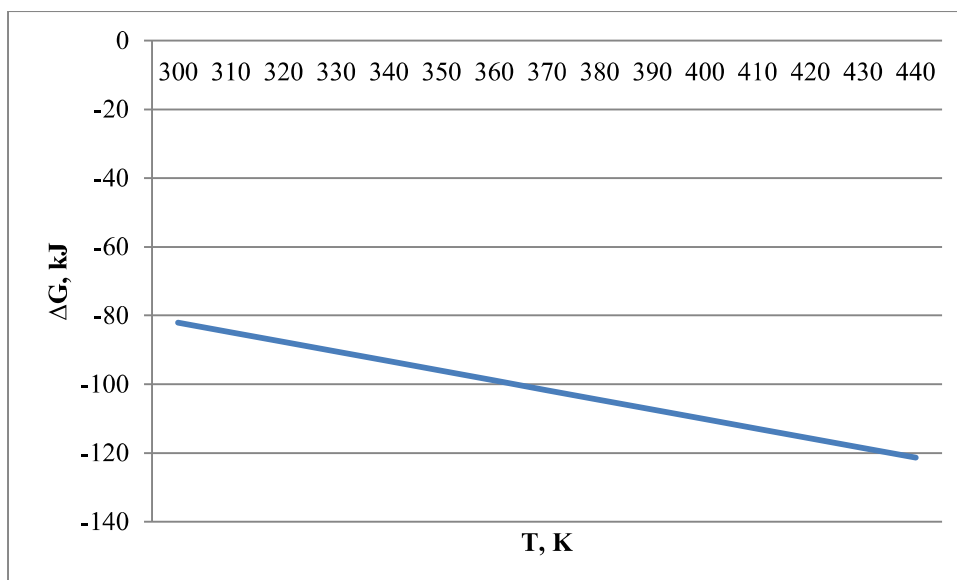
Bir nechta haroratlarda sulfat kislota eritmasining kalsiy karbonat bilan ta'sirlashish reaksiyasining erkin energiyasi va muvozanat doimiyligining o'zgarishi 4-jadvalda taqdim etilgan. Bunda sistemada harorat har 10 birlikka o'zgarganda Gibbs energiyasi va reaksiyaning muvozanat doimiyligini qiymatlari hisoblab topilgan.

4-jadvalda keltirilgan termodinamik analiz natijalari shuni ko'rsatadiki, sulfat kislota eritmasining kalsiy karbonat bilan ta'sirlashish reaksiyasi endotermik reaksiya bo'lgani sababli sistemada haroratning ortishi to'g'ri yo'nalishda ketadigan kimyoviy reaksiya tezligini oshiradi va natijada muvozanat doimiyligining qiymati matematik qonunga asosan ortib boradi.

4-jadval

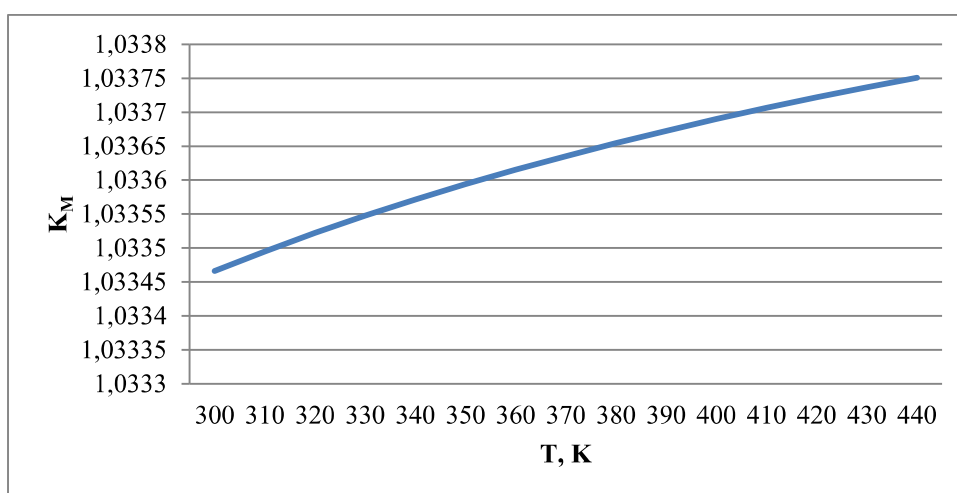
Haroratlar intervalida termodinamik qiymatlarning o'zgarishi

№	ΔH	R	ΔS	T	ΔG_T	$\ln K_M$	K_M
1	2,16	8,31	0,2808	300	-82,07	0,0329	1,0335
2	2,16	8,31	0,2808	310	-84,87	0,0329	1,0335
3	2,16	8,31	0,2808	320	-87,68	0,033	1,0335
4	2,16	8,31	0,2808	330	-90,49	0,033	1,0335
5	2,16	8,31	0,2808	340	-93,3	0,033	1,0336
6	2,16	8,31	0,2808	350	-96,1	0,033	1,0336
7	2,16	8,31	0,2808	360	-98,91	0,0331	1,0336
8	2,16	8,31	0,2808	370	-101,7	0,0331	1,0336
9	2,16	8,31	0,2808	380	-104,5	0,0331	1,0337
10	2,16	8,31	0,2808	390	-107,3	0,0331	1,0337
11	2,16	8,31	0,2808	400	-110,1	0,0331	1,0337
12	2,16	8,31	0,2808	410	-112,9	0,0332	1,0337
13	2,16	8,31	0,2808	420	-115,8	0,0332	1,0337
14	2,16	8,31	0,2808	430	-118,6	0,0332	1,0337
15	2,16	8,31	0,2808	440	-121,4	0,0332	1,0338



3-rasm. 5-reaksiya bo'yicha Gibbs energiyasining haroratga bog'liqlik diagrammasi

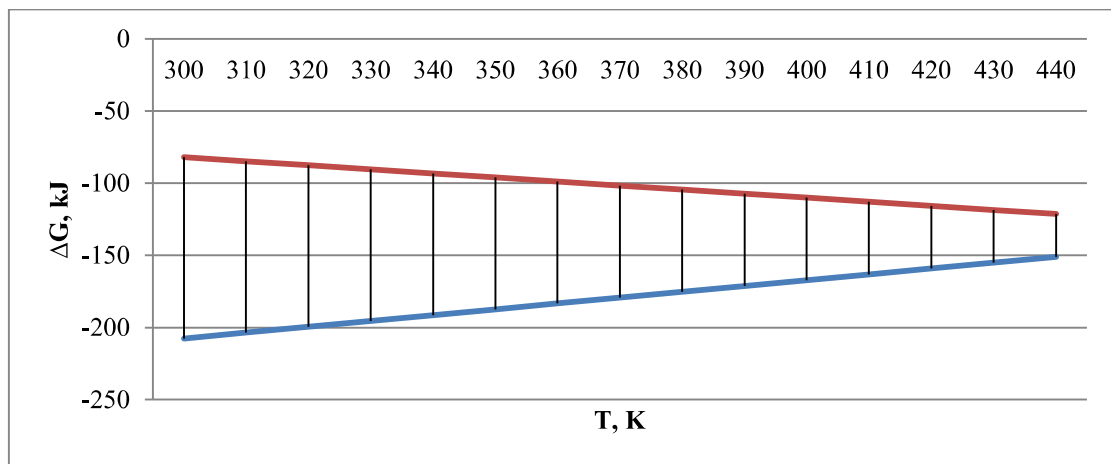
Sistmadagi Gibbs energiyasining qiymati berilgan haroratda reaksiyaning sodir bo'lishi yoki sodir bo'lmaslik ehtimolligini aniqlab beradigan termodinamik parametrdir. 3-rasmda keltirilgan grafikda 5-reaksiya uchun Gibbs energiyasining haroratga bog'liqligi tasvirlangan va bu grafikdan shuni ko'rish mumkinki, bu holat uchun sistemaning erkin energiyasi (ΔG) harorat har 10 birlikka o'zgarganda chiziqli ravishda kamayib boradi, ya'ni manfiylashib boradi. Buning ma'nosi shuki, harorat ko'tarilganda sulfat kislotani kalsiy karbonat bilan ta'sirlashish reaksiyasining oqib o'tish ehtimolligi ortadi.



4-rasm. 5-reaksiya bo'yicha muvozanat doimiyligining haroratga bog'liqlik diagrammasi

4-rasmda esa 5-reaksiyaning muvozanat doimiyligini haroratga bog'liqlik grafigi tasvirlangan. Bu grafikda 300 va 440 K haroratlari oralig'ida kimyoviy muvozanat doimiyligi qiymatining oshganini hamda 380 K dan yuqori haroratlarda esa egri chiziqlarning stabillashganini ko'rish mumkin. E'tibor berilgan bo'lsa, berilgan har bir haroratda kimyoviy muvozanat doimiyligining qiymati bir-birdan uncha farq qilmaydigan qiymatlarni o'z ichiga oladi, ya'ni kimyoviy reaksiyaning tezligi u darajada yuqori emas. Demak, sulfat kislotani kalsiy karbonat bilan ta'sirlashish reaksiyasi jarayonning tezligini belgilab beruvchi asosiy limitlovchi bosqich hisoblanadi. Bunda reaksiyani tezlashishi reaksiyaga kirishuvchi moddalar molekularining bir-biri bilan o'zaro to'qnashishlar soniga bo'g'liq. Bu holatni esa moddalarning bir-biriga diffuziylanish tezligi va reaksiya yuzaning kattaligi belgilab beradi.

Yuqorida keltirilgan barcha reaksiyalarning termodinamik tahlilidan foydalanib, oltingugurt dioksidining ohaktosh suspenziyasiga absorbsiyalanib utilizatsiya qilinishi jarayonida oqib o'tadigan barcha kimyoviy reaksiyalar uchun Ellingem diagrammasi tuzildi va u 5-rasmda tasvirlangan.



5-rasm. Gaz-eritma sistemasida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalarning umumiy Ellingem diagrammasi: 5-kimyoviy reaksiyaning Gibbs energiyasi qizil chiziq bilan, 4-kimyoviy reaksiyaning Gibbs energiyasi ko'k chiziq bilan ifodalangan

Oltingugurt gazlari va ohaktoshli suspenziya sistemasida o'qib o'tadigan barcha kimyoviy reaksiyalar ichida eng sekin boradigan (limitlovchi) reaksiya sulfat kislotaning kalsiy karbonat bilan ta'sirlashuvi reaksiyasi bo'lganligi sababli sistemaning optimal harorati aynan shu reaksiya harorati bilan aniqlanadi. 5-rasmda tasvirlangan grafikdan shuni ko'rishimiz mumkinki, endotermik reaksiyalarni inobatga olgan holda sulfat kislotaning kalsiy karbonat bilan ta'sirlashuv reaksiyasining tezroq borish ehtimolligi 60 °C (333 K) haroratga muvofiq keladi. Ushbu haroratda boshqa kimyoviy reaksiyalarning oqib o'tish ehtimolligi esa juda yuqori.

Xulosa. Rangli metallarni pirometallurgik usulda ishlab chiqarish mobaynida hosil bo'luvchi zaharli oqova gazlarni utilizatsiya qilishning absorbsion texnologiyasi ishlab chiqildi. Bunga ko'ra, chiquvchi sanoat gazlari tarkibida oltingugurt dioksidi va oltingugurt trioksidi gazlari atrof-muhitga kop zarar keltirishi aniqlandi.

Tarkibida oltingugurt oksidlari saqlagan sanoat gazlarini samarali utilizatsiya qilishda iqtisodiy jihatdan arzon bo'lgan absorbent sifatida ohaktoshli suspenziyadan foydalanish usuli tadqiq etildi.

Oltingugurt dioksidining ohaktoshli suspenziyada kimyoviy yo'l bilan absorbsiyalanish jarayonining oson va qulay mantiqiy mexanizmi ishlab chiqildi.

Ishlab chiqilgan mexanizmga binoan, gaz va eritma sistemasida oqib o'tadigan kimyoviy reaksiyalarning termodinamik jihatlari o'rganib chiqildi. Bunga ko'ra, sulfat kislotaning kalsiy karbonat bilan ta'sirlashuv reaksiyasi umumiy jarayon uchun eng sekin boruvchi (limitlovchi) bosqich ekanligi aniqlandi va jarayon uchun 60 °C (333 K) optimal harorat qilib o'rnatildi.

Adabiyotlar:

1. 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.

2. A.A. Юсупходжаев, С.Р. Худояров, Х.Р. Валиев, Ш.Т. Хожиев, И.К. Матмусаев. Взаимодействие компонентов шихты при их нагреве в металлургических печах// Proceedings of the

III International Scientific and Practical Conference “Modern Scientific Achievements and Their Practical Application” (October 27 – 28, 2016, Dubai, UAE). Ajman, 2016, № 11(15), Vol. 1, с. 24 – 27.

3. А.А. Юсупходжаев, С.Б. Мирзажоннова, Ш.Т. Хожиев. Повышение комплексности использования сырья при переработке сульфидных медных концентратов// Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Scientific and Practical Results in 2016. Prospects for their Development” (December 27 – 28, 2016, Abu-Dhabi, UAE). Ajman, 2017, № 1(17), Vol. 1, с. 45 – 48.

4. A.A. Yusupkhodjayev, Sh.T. Khojiyev. Methods of decreasing of Copper loss with Slag in Smelting Processes// International Academy Journal Web of Scholar. Kiev, March 2017, № 2(11), Vol. 1, PP. 5 – 8.

5. Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Valiev X.R., Saidova M.S., Omonkhonov O.X. Application of Physical and Chemical Methods for Processing Slags of Copper Production // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 1, January 2019. pp. 7957 – 7963.

6. Khojiev Sh.T. Pyrometallurgical Processing of Copper Slags into the Metallurgical Ladle // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 2, February 2019. pp. 8094 – 8099.

7. A.A. Yusupkhodjaev, Sh.T. Khojiev, B.T. Berdiyarov, D.O. Yavkochiva, J.B. Ismailov. Technology of Processing Slags of Copper Production using Local Secondary Technogenic Formations// International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Volume-9, Issue-1, November 2019. P. 5461 – 5472.

8. Хожиев Ш.Т., Эркинов А.А., Абжалова Х.Т., Мирсаотов С.У., Мамараймов С.С. Использование металлургических техногенных отходов в качестве сырья // “Студенческий вестник”: научный журнал, № 43(93). Часть 5. Москва, Изд. «Интернаука», Ноябрь 2019. С. 69 – 71.

9. Хожиев Ш.Т., Исмаилов Ж.Б., Очилдиев К.Т., Шукуров М.С., Махмудова О.О. Анализ возможных химических реакций при обеднении медных шлаков // “Студенческий вестник”: научный журнал, № 6(104). Часть 4. Москва, Изд. «Интернаука», Февраль 2020 г. С. 38 – 41.

10. S.T. Matkarimov, A.A. Yusupkhodjaev, Sh.T. Khojiev, B.T. Berdiyarov, Z.T. Matkarimov. Technology for the Complex Recycling Slags of Copper Production // Journal of Critical Reviews, Volume 7, Issue 5, April 2020. P. 214 – 220. <http://dx.doi.org/10.31838/jcr.07.05.38>

11. Юсупходжаев А.А., Хожиев Ш.Т., Мирзажоннова С.Б. Анализ состояния системы в металлургии. Монография. – Beau Bassin (Mauritius): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. P. 189. ISBN 978-620-2-52763-7

12. Modern Scientific Researches in Metallurgy: from Theory to Practice: monograph / Shokhrukh Khojiev (Ed.). - Beau Bassin (Mauritius): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. P. 154. ISBN 978-613-9-47121-8

13. Khojiyev Sh.T., Mirsaotov S.U. Innovatsion texnologiya orqali metallurgiya sanoati chiqindisini qayta ishlash// “Ishlab chiqarishga innovatsion texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish muammolari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik anjumanining materiallari to‘plami, Jizzax, 18-oktabr, 2020. 329 – 336 b.

14. Khojiev Sh.T., Matkarimov S.T., Narkulova E.T., Matkarimov Z.T., Yuldasheva N.S. The Technology for the Reduction of Metal Oxides Using Waste Polyethylene Materials // Conference proceedings of “Metal 2020 29th International Conference on Metallurgy and Materials”, May 20 – 22, 2020, Brno, Czech Republic, EU. P. 971-978. <https://doi.org/10.37904/metal.2020.3592>

15. Khojiyev Sh.T., Berdiyarov B.T., Mirsaotov S.U. Mis ishlab chiqarishning chiqindisiz texnologiyasini ishlab chiqish muammolari // “Zamonaviy kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi onlayn ilmiy-amaliy anjumani to‘plami, Buxoro, 4-5 dekabr, 2020. 26 – 28 b.

16. Berdiyarov B.T., Khojiyev Sh.T., Mirsaotov S.U. Rangli metallurgiya chiqindilarini qayta ishlashning dolzarbligi // “Zamonaviy kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi onlayn ilmiy-amaliy anjumani to‘plami, Buxoro, 4-5 dekabr, 2020. 61 – 62 b.

17. Khojiev Shokhrukh, Berdiyarov Bakhridin, Mirsaotov Suxrob. Reduction of Copper and Iron Oxide Mixture with Local Reducing Gases. Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent, 2020, Vol.10, Iss.4. P. 7-17.

18.Аламова Г.Х., Хожиев Ш.Т., Охунова Р.Х. Термодинамический анализ процесса восстановления феррита меди в присутствии паров аммиака. ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ, 2021, 11(2). С. 317-322.

19.Аламова Г.Х., Хожиев Ш.Т., Охунова Р.Х. Некоторые термодинамические аспекты восстановления оксидов меди и железа парами аммиака. ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ, 2021, 11(2). С. 323-327.

20.Alamova G.Kh., Jo'raev Sh.Sh., Rakhimov N.S., Khojiev Sh.T. Kinetics of Carbon-Thermal Reduction of Magnetite. Студенческий вестник: электрон. научн. журн., Часть 3, 2021, 8(153). С. 60-62.

21.Hojiyev Sh.T., Mirsaotov S.U., Ergasheva M.S. Metall oksidlarini amminotermik tiklashning ba'zi termodinamik jihatlarini // UzACADEMIA: scientific-methodical journal, Vol. 2, Issue 1(12), 2021. P. 6-16.

22.Khojiev S.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov O'.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon // Universum: технические науки: электрон. научн. журн., Часть 3, 3(84), 2021. P. 60-64. DOI - 10.32743/UniTech.2021.84.3-4

STUDY OF THERMODYNAMIC ASPECTS OF ABSORPTION OF TOXIC GASES IN THE ATMOSPHERE OF COPPER SMELTING PLANT

Information about authors

Hojiyev Sh. T., Associate Professor of the Department, PhD, hojiyevshohruh@yandex.ru

Berdiyarov B.T., Head of department, DSc, mr.berdiyarov@gmail.com

Ochildiyev Q.T., senior teacher, PhD student

Xotamqulov V.X., master

Tashkent State Technical University named after I. Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

The article examines the problems of disposal of industrial gases containing sulfur dioxide, which are produced during the production of non-ferrous metals such as copper and zinc. In order to completely dispose of industrial gases containing sulfur dioxide, a method of absorption in lime suspension was proposed, and the kinetics and thermodynamic possibilities of the process were studied. The result of thermodynamic calculations showed that among the chemical reactions that flow in the gas and solution system, the reaction of sulfuric acid with calcium carbonate is the slowest (limiting) step for the overall process, and 60 °C is the optimal temperature for the process. installed.

Key words: industrial gases, sulfur dioxide, absorption, limestone suspension, utilization, thermodynamics, mechanism, limiting stage, optimum temperature.

Reference

1. Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T. Measures to prevent the formation of silicates and ferrites in the process of burning sulphide zinc concentrates in a fluidized-bed furnace // Proceedings of the Republican scientific conference "The role of intellectual youth in the development of science and technology", Part I / Tashkent: TashSTU, April, 2015. P. 171-174.

2. Yusupkhodjaev A.A., Khudoyarov S.R., Valiev H.R., Khojiev Sh.T., Matmusaev I.K. Interaction of charge components during their heating in metallurgical furnaces // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Modern Scientific Achievements and Their Practical Application" (October 27 – 28, 2016, Dubai, UAE). Ajman, 2016, № 11(15), Vol. 1, P. 24 – 27.

3. Yusupkhodjaev A.A., Mirzajonova S.B., Khojiev Sh.T. Increasing the complexity of the use of raw materials in the processing of sulfide copper concentrates // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Scientific and Practical Results in 2016. Prospects for their Development" (December 27 – 28, 2016, Abu-Dhabi, UAE). Ajman, 2017, № 1(17), Vol. 1, P. 45 – 48.

4. Yusupkhodjayev A.A., Khojiyev Sh.T. Methods of decreasing of Copper loss with Slag in Smelting Processes// International Academy Journal Web of Scholar. Kiev, March 2017, № 2(11), Vol. 1, P. 5 – 8.

5. Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Valiev X.R., Saidova M.S., Omonkhonov O.X. Application of Physical and Chemical Methods for Processing Slags of Copper Production // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 1, January 2019. P. 7957 – 7963.
6. Khojiev Sh.T. Pyrometallurgical Processing of Copper Slags into the Metallurgical Ladle // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 2, February 2019. P. 8094 – 8099.
7. Yusupkhodjaev A.A., Sh.T. Khojiev, B.T. Berdiyarov, D.O. Yavkochiva, J.B. Ismailov. Technology of Processing Slags of Copper Production using Local Secondary Technogenic Formations// International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, Volume-9, Issue-1, November 2019. P. 5461 – 5472.
8. Khojiev Sh.T., Erkinov A.A., Abjalova Kh.T., Mirsaotov S.U., Mamaraimov S.S. The use of metallurgical man-made waste as a raw material // Student Bulletin, 43(93), Part 5, Moscow, Ed. Internauka, November 2019, P. 69 – 71.
9. Khojiev Sh.T., Ismailov J.B., Ochildiev K.T., Shukurov M.S., Makhmudova O.O. Analysis of possible chemical reactions during the depletion of copper slags // Student Bulletin, 6(104), Part 4, Moscow, Ed. Internauka, February 2020, P. 38 – 41.
10. S.T. Matkarimov, A.A. Yusupkhodjaev, Sh.T. Khojiev, B.T. Berdiyarov, Z.T. Matkarimov. Technology for the Complex Recycling Slags of Copper Production // Journal of Critical Reviews, Volume 7, Issue 5, April 2020. P. 214 – 220. <http://dx.doi.org/10.31838/jcr.07.05.38>
11. Yusupkhodjaev A.A., Khojiev Sh.T., Mirzajonova S.B. Analysis of the state of the system in metallurgy. Monograph. – Beau Bassin (Mauritius): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. P. 189. ISBN 978-620-2-52763-7
12. Modern Scientific Researches in Metallurgy: from Theory to Practice: monograph / Shokhrukh Khojiev (Ed.). - Beau Bassin (Mauritius): LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. P. 154. ISBN 978-613-9-47121-8
13. Khojiev Sh.T., Mirsaotov S.U. Processing of metallurgical industry waste through innovative technology// Proceedings of the republic scientific and technical conference on the topic “Problems of introducing innovative technologies into production and using renewable energy sources”, Jizzakh, October 18, 2020. P. 329 - 336.
14. Khojiev Sh.T., Matkarimov S.T., Narkulova E.T., Matkarimov Z.T., Yuldasheva N.S. The Technology for the Reduction of Metal Oxides Using Waste Polyethylene Materials // Conference proceedings of “Metal 2020 29th International Conference on Metallurgy and Materials”, May 20 – 22, 2020, Brno, Czech Republic, EU. P. 971-978. <https://doi.org/10.37904/metal.2020.3592>.
15. Khojiev Sh.T., Berdiyarov B.T., Mirsaotov S.U. Problems of developing waste-free technology of copper production // Proceedings of the online scientific-practical conference with the participation of foreign scientists on the topic “Current problems of modern chemistry”, Bukhara, December 4-5, 2020. P. 26 - 28.
16. Khojiev Shokhrukh, Berdiyarov Bakhridin, Mirsaotov Suxrob. Reduction of Copper and Iron Oxide Mixture with Local Reducing Gases. Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent, 2020, Vol.10, Iss.4. P. 7-17.
17. Alamova G.Kh., Khojiev Sh.T., Okhunova R.Kh. Thermodynamic analysis of the copper ferrite reduction process in the presence of ammonia vapors. Education and science in the XXI century, 2021, 11(2). P. 317-322.
18. Alamova G.Kh., Khojiev Sh.T., Okhunova R.Kh. Some thermodynamic aspects of the reduction of copper and iron oxides with ammonia vapor. Education and science in the XXI century, 2021, 11(2). P. 323-327.
19. Alamova G.Kh., Jo'raev Sh.Sh., Rakhimov N.S., Khojiev Sh.T. Kinetics of Carbon-Thermal Reduction of Magnetite. Student Bulletin, Part 3, 2021, 8(153). P. 60-62.
20. Khojiev Sh.T., Mirsaotov S.U., Ergasheva M.S. Some thermodynamic aspects of aminothermal reduction of metal oxides // UzACADEMIA: scientific-methodical journal, Vol. 2, Issue 1(12), 2021. P. 6-16.
21. Khojiev S.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov O'.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon // Universum: technical sciences, Part 3, 3(84), 2021. P. 60-64. DOI - 10.32743/UniTech.2021.84.3-4