Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 4, Issue 4, 2025 Chemistry of Goods

BOROSILIKAT QAZILMALARIDAN BOR KISLOTASINI OLISH

Ergash Jumayevich Mamatov
Tojikiston Milliy Fanlar Akademiyasi V.I. Nikitin nomidagi Kimyo instituti davlat ilmiy muassasasi, kimyo fanlari nomzodi, yetakchi ilmiy xodim, dotsent
https://orcid.org/0009-0005-0764-7653
E-mail: ergash76@mail.ru

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss4.2025.558

Kalit so'zlar:
borosilikat rudasi, bor kislotasi, tahlil usuli, eritmalar

Annotatsiya
Ushbu maqolada Ak-Arxar konida borosilikat rudalarini sulfatlash bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan. 250°C haroratda va 60 daqiqalik jarayon vaqtida bor oksidi ekstraksiya tezligi 97,18% ga yetishi ko'rsatilgan, bu yerda optimal kislota konsentratsiyasi (~65-70%) topiladi. Mannitol va etilen glikol ishtirokida bor oksidini aniqlashning yangi usullari yaratilgan. Eritmalarda bor oksidini aniqlashning ushbu usullarining umumiy metodologiyasi va amaliy qo'llanilishi keltirilgan. Suvli eritmalarda borning mexanizmi va shaklini o'rganish hamda AK-Arxar konida danburit rudalaridan bor kislotasini ishlab chiqarish natijalari umumlashtirilgan.

Havola uchun
Mamatov, E. J. (2025). BOROSILIKAT QAZILMALARIDAN BOR KISLOTASINI OLISH. Tovarlar Kimyosi Va Xalq Tabobati Jurnali, 4(4), 38–66. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss4.2025.558

Bor elementining birikmalaridan foydalanish qadimdan ma'lum. Bor asosan yadro reaktorlarida neytron yutgich, bor o'g'iti sifatida va bufer eritmalarini tayyorlash uchun laboratoriyalarida qo'llaniladi. Oziq-ovqat sanoatida u bir qator mamlakatlarda E284 oziq-ovqat qo'shimchasi sifatida ro'yxatga olingan. Bor birikmalari shuningdek, zargarlik buyumlarida oltin tutgan buyumlarni lehimlash uchun flyuslar uchun asos sifatida, quyish zavodlarida esa kislotali pech qoplamalarida bog'lovchi va alyuminiy va magniy qotishmalarini quyishda oqimni oksidlanishdan himoya qilish komponenti sifatida, kundalik hayotda esa hasharotlarni o'ldirish uchun insektitsid sifatida ishlatiladi. Bor birikmalari shuningdek, keramika, optik tola, shisha tola, shisha ishlab chiqarishda [1], yog'ochni himoya qilish uchun olovga chidamli vosita sifatida, mis va nikel qoplamasi uchun elektrolitlar tarkibiga kiradi va moddalarning lyuminestsensiyasi bo'yicha o'quv tajribalari uchun fosfor komponenti sifatida ishlatiladi [2, 3, 4].

Elementar bor ko'plab kompozit materiallarda mustahkamlovchi vosita bo'lib xizmat qiladi va ko'pincha elektronika va metallurgiyada mikroqotishma elementi sifatida ham ishlatiladi, bu esa po'latlarning qattiqlashishini oshiradi.

Tibbiyotda bor dezinfektsiyalovchi vosita sifatida ishlatiladi va uning asosida turli xil kombinatsiyalangan dorilar ishlab chiqariladi, shuningdek, bor neytronlarini ushlash (бор-нейтронозахватная терапия) terapiyasida xavfli o'sma hujayralarini tanlab zararlash usulida qo`llaniladi [5, 6].

Tabiatdagi bor elementining asosiy mineral shakllari borosilikatlar shaklida uchraydi, bular: datolit $CaBSiO_4OH$, danburit $CaB_2Si_2O_8$ va boratlar – bura $Na_2B_4O_7{\cdot}10H_2O$, ahsarit $MgBO_2(OH)$, gidroboratsit $(Ca,Mg)B_6O_{11}{\cdot}6H_2O$, inyonit $Ca_2B_6O_{11}{\cdot}13H2O$, kaliborit $KMg_2B_{11}O_{19}{\cdot}9H_2O$ va boshqalar. MDH mamlakatlaridagi eng yirik bor konlari Dalnegorsk (Primorye, Rossiya) va Ak-

Arxar (Tog‘li Badaxshon avtonom viloyati, Tojikiston) da joylashgan. Ular borosilikat turiga kiradi. Ushbu konlar jahondagi barcha bor zaxiralarining 3% dan ortig'ini o'z ichiga oladi.

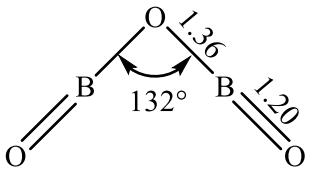
$B(OH)_3$ hosil bo'lishi jarayonida bor, kationining kichik o'lchami va manfiy zaryadlangan kislorodning musbat zaryadlangan yadroga yaqinligi tufayli, gidroksil ionining kislorodini shunchalik kuchli tortadiki, uni vodoroddan ajratib, BO_3^{3-} va $3H^+$ ionlarini hosil qiladi, bu esa kislota dissotsiatsiyasiga olib keladi. Kimyoviy reaksiyalar natijasida H_3BO_3 suv molekulasini yo'qotib, metaborat kislota (HBO_2) va murakkab diortoborat ($H_4B_2O_5$) va tetraborat ($H_2B_4O_7$) kislotalarni, shuningdek, undan ham murakkabroq izopolyakislotalarni hosil qiladi [7, 8].

Bor birikmalari qatorida eng muhimlaridan ba'zilari uning kislorodli birikmalaridir. Bu birikmalar tabiiy bor o'z ichiga olgan birikmalarning asosiy manbai va keng turdagi bor o'z ichiga olgan birikmalarni ishlab chiqarish uchun asosiy boshlang'ich materiallar hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, boratlar, bor kislotasi, bura va bor angidridlari alohida diqqatga sazovordir. Ushbu birikmalar sinflari ilmiy adabiyotlarda keng o'rganilgan bo'lsa-da [9-11], bu sohadagi tadqiqotlar hali ham dolzarb va katta qiziqish uyg'otadi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, bor turli oksidlanish darajalarida kislorod bilan ko'plab birikmalar hosil qiladi, ammo ulardan eng keng tarqalgani bor angidrid va unga mos keladigan kislotalarning hosilalari. Adabiyotda tasvirlangan ko'plab bor suboksidlari, jumladan, B_7O, B_4O^{-2}, B_2O, B_4O_3, B_2O_2, BO, B_4O_5 orasida ba'zilarining mavjudligi isbotlanmaganligi (B_7O, B_4O_2), boshqalari (BO, B_2O_2) esa faqat ma'lum sharoitlarda, xususan, bor oksidi yoki bor angidridini yuqori haroratda qizdirish paytida, shuningdek, quyi galoidli bor birikmalari yoki ma'lum boridlarning vakillarini gidrolizlash paytida sintez qilinganligi aniqlandi. Shunga ko'ra, bor kislotasi yoki unga mos keladigan bor suboksidlarining xususiyatlari to'liq yoki umuman o'rganilmagan.

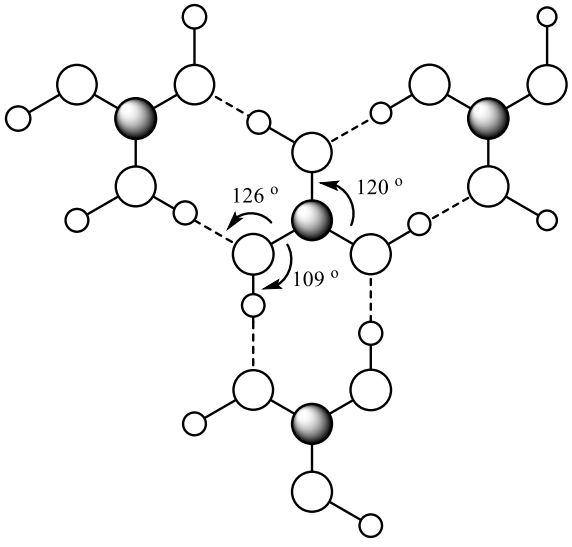
Borning kislorod birikmalari orasida quyidagilar ma'lum: H_3BO_3 va boshqalar [9-11, 12-16] (1 va 2-rasm).

T_{erish}= 450 °C
$T_{qaynash}$= 2250 °C
$d_{krysst.}$= 2,46 g/cm^3
$d_{ammorf.}$= 1,8-1,84 g/cm^3



$1/2\ B_2O_3 + 3/2\ H_2O = B(OH)_3$ $-\Delta H = 9,13$ Kcal/mol,
$B(OH)_3 + H_2O = B(OH)_3$ aq $-\Delta H = 5,17$ Kcal/mol,
$B + 3/2\ H_2 + 3/2\ O_2 = B(OH)_3$ $-\Delta Hf° = 262,16$ Kcal/mol.

1-rasm. Tuzilishi, xususiyatlari va olinishi.



2-rasm. Bor kislotasining tuzilishi ($B(OH)_3$.

HBO_2 moddasining kristall modifikatsiyalari ham mavjud (1-jadval).

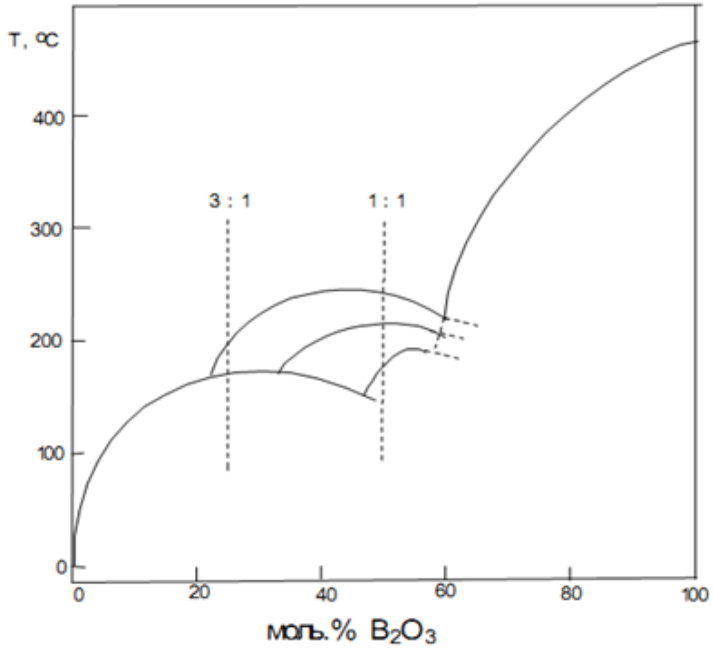
1-jadval

HBO_2 moddasining kristall modifikatsiyalari

Modifikatsiya	Tuzilish turlari	T_{erish},°C	Borning koordinatsion raqami	d, g/sm^2
Rombsimon	$B_2O_3^-(OH)_3$ qatlamlari	176	3	1,874
Monoklinik	$B_3O_4(OH)_2$ zanjirlari	201	3,4	2,045
Kub shaklidagi	$B_3O_4^-$ karkaslari	236	4	2,487

$B(OH)_3$ birikmasining eritmalarda parchalanishi boratlar hosil bo'lishiga olib keladi:

$$B(OH)_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + [B(OH)]^-$$



3-rasm. B_2O_3-H_2O sistemasining eruvchanligining harorat diagrammasi.

Borat ionlarining xususiyatlari va tuzilishi 2-jadval va 4-rasmda keltirilgan.

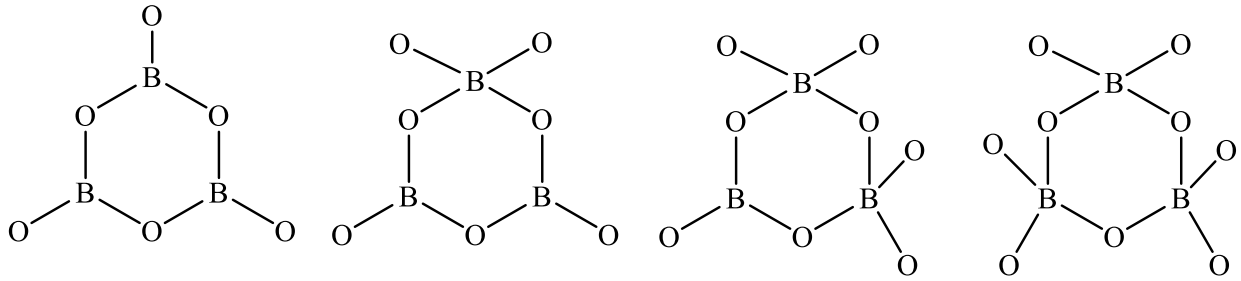
2-jadval.

Borat ionlarining xususiyatlari [12-16]

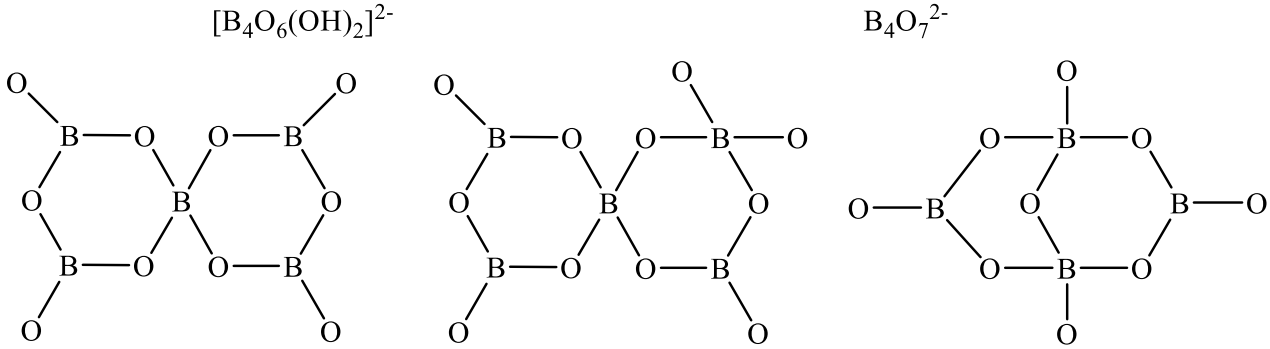
O:B nisbatlari	Strukturaviy turi	Ko'prik holatidagi O-lar soni
3	ortoporatlar BO_3^{3-}	0
2,5	piroboratlar $B_2O_5^{4-}$	1
2	metaboratlar, sikllar	2
1,5	B_2O_3 - zanjirlari	3

Bor angidridini olishning eng oddiy usuli - bu bor kislotasini suvsizlantirish. Bu jarayonda ishtirok bo`lib o`tadigan reaksiyalar quyida batafsil tavsiflangan. Bor angidridining ikkita ma'lum shakli mavjud: kristalli va shishasimon. Birinchisi maxsus tayyorlash sharoitlarini talab qiladi. Ikkinchisi H_3BO_3-ni suvsizlantirish orqali osongina olinadi. Laboratoriyalarda yuqori darajada sof bor angidridini olish uchun qayta kristallangan borat kislotasi ishlatiladi va suvsizlantirish platina idishlarida amalga oshiriladi. Sanoat sharoitida texnik darajadagi bor angidridini olish uchun temir

yoki po'lat idishlar ishlatiladi. Bor kislotasi 600ºC haroratda uzoq vaqt davomida harorat bilan ishlov beriladi.



$B_3O_{4,5}$ (B_2O_3) B_3O_5 $B_3O_{5,5}$ B_3O_6 (BO_2)



$[B_4O_6(OH)_2]^{2-}$ $B_4O_7^{2-}$

$K[B_5O_6(OH)_4]\cdot 2H_2O$ $NH_4[B_5O_7(OH)_2]\cdot H_2O$ $Ca[B_3O_3(OH)_5]\cdot nH_2O$

4-rasm. Borat ionlarining tuzilishi.

Tojikistonning bor konlari orasida borosilikatlar — danburit (va datolit) mavjud bo'lib, ular mintaqadagi eng yiriklari hisoblanadi. Kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash va fizik-kimyoviy tadqiqotlar o'tkazish uchun borosilikat rudasining bir nechta kanal namunalari to'plangan [8, 17]. Shuningdek, tadqiqotlarda [18, 19] boratlarni oksalat kislotasi va datolit konsentrati bilan kislotali reagent bilan parchalash va keyin borat kislotasini eritish orqali qayta ishlash natijalari keltirilgan.

Suvli eritmalardagi borning xatti-harakati alohida qiziqish uyg'otadi, shuning uchun AK-Arxar konining borosilikat rudalaridan bor kislotasini ishlab chiqarish jarayonida suvli eritmalardagi borning mexanizmi va shaklini o'rganish dolzarb masala hisoblanadi.

Fizik-kimyoviy tahlil shuni ko'rsatdiki, bor 3 dan 4 gacha kislorod atomlarini koordinatsiyalashi mumkin, bu esa mos ravishda ikki va uch o'lchamli tuzilmalarning - [BO_3] guruhlarining yassi boroksol halqalarining, turli uzunlikdagi zanjirlarning va [BO_4] tetraedrlarining tarmoqlarining hosil bo'lishini ko'rsatadi. Trigonal strukturada bor atomi uchta kislorod atomlari hosil qilgan tekislikdan biroz yuqoriroqda joylashgan, ya'ni [BO] ko'p o'lchovli ikki o'lchovli emas, balki juda qiyshiq tetraedr shaklidagi uch o'lchovli shakldir. Tetraedr sifatida kislorod bilan muvofiqlashtirilgan bor danburit va datolit minerallarining silikat tarmog'iga qo'shilishga qodir, uch koordinatali bor esa suyuqlanish bilan ifodalangan o'z tuzilishini hosil qiladi.

Eritmalardagi borning mexanizmi va shakllarini aniqlashtirish uchun bor-suv tizimining termodinamikasi ko'rib chiqildi, bu yerda bor (bor oksidi) ning gidrolizi sxema bo'yicha sodir bo'ladi:

$$B^{3+}\rightarrow B(OH)^{2+}\rightarrow B(OH)_2^{+}\rightarrow B(OH)_3^{o}\rightarrow B(OH)_4^{-}\rightarrow B(OH)_5^{2-}\rightarrow B(OH)_6^{3-}.$$

Tadqiqot ma'lumotlari shuni ko'rsatdiki, bor gidroliz jarayoni asosan eritmaning pH qiymatiga bog'liq. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, eritmaning pH qiymati oshgani sayin, bor ionlari turlari murakkablashib, B^{3+} dan $B(OH)_6^{3-}$ gacha o'zgarib turadi.

Suvli eritmalardagi borning mexanizmi va shakllarini aniqlash uchun bor-suv sistemasining termodinamikasini ko'rib chiqish kerak. Bor va uning gidrolitik shakllarining termodinamik xususiyatlarini hisoblash quyidagi sxema bo'yicha amalga oshirilishi kerak:

$B^{3+} \rightarrow B(OH)^{2+} \rightarrow B(OH)_2^{+} \rightarrow B(OH)_3^{o} \rightarrow B(OH)_4^{-} \rightarrow B(OH)_5^{2-} \rightarrow B(OH)_6^{3-}$.

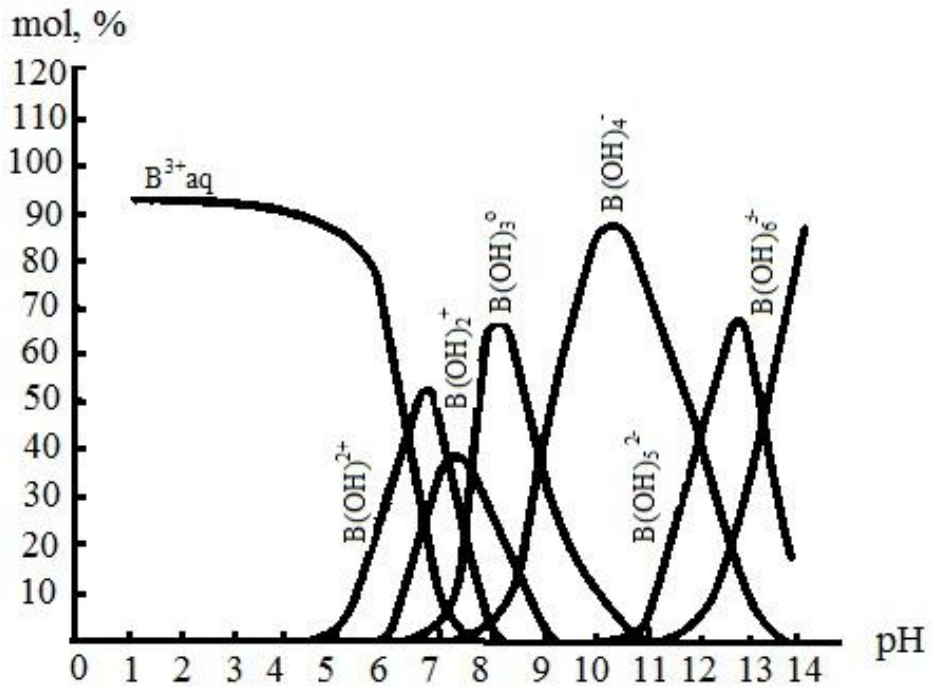
Shuni ta'kidlash kerakki, bor ionlarining har bir gidrolitik shakli uchun holat tenglamalari olingan [8] (3-jadval va 5-rasm).

3-jadval

Turli pH qiymatlarida borning gidrolitik shakllari uchun holat tenglamalari

Reaksiya	Holat tenglamasi	K_p
$B^{3+}+H_20 = B(OH)^{2+}+H^+$	$lg[\{B(OH)^{2+}\}:\{B^{3+}\}]= -6.82+pH$	-6.82
$B(OH)^{2+}+H_2O=B(OH)_2^{+}+H^+$	$lg[\{B(OH)_2^{+}\}:\{B(OH)^{2+}\}] = -7.12+pH$	-7.12
$B(OH)_2^{+}+H_2O=B(OH)_3^{o}+H^+$	$lg[\{B(OH)_3^{o}\}:\{B(OH)_2^{+}\}] = -7.62+pH$	-7.62
$B(OH)_3^{o}+H_2O=B(OH)_4^{-}+H^+$	$lg[\{B(OH)_4^{-}\}:\{B(OH)_3^{o}\}] = -9.20+pH$	-9.20
$B(OH)_4^{-}+ H_2O=B(OH)_5^{2-}+H^+$	$lg[\{B(OH)_5^{2-}\}:\{B(OH)_4^{-}\}]= -12.10+pH$	-12.10
$B(OH)_5^{2-}+H_2O=B(OH)_6^{3-}+H^+$	$lg[\{B(OH)_6^{3-}\}:\{B(OH)_5^{2-}\}] = -13.40+pH$	-13.40

Ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, bor gidroliz jarayoni asosan muhitning pH qiymatiga bog'liq. Shuning uchun bu jarayonni pH va bor ionlari konsentratsiyasi nuqtai nazaridan ko'rib chiqish qiziqarli.



5-rasm. Borning gidrolitik shakllarining muhitning pH qiymatiga qarab taqsimlanishi

5-rasmda eritmaning pH qiymati oshgani sayin, bor ionlari turlari murakkablashib, B^{3+} dan $B(OH)_6^{3-}$ gacha o'zgarib borishi ko'rsatilgan.

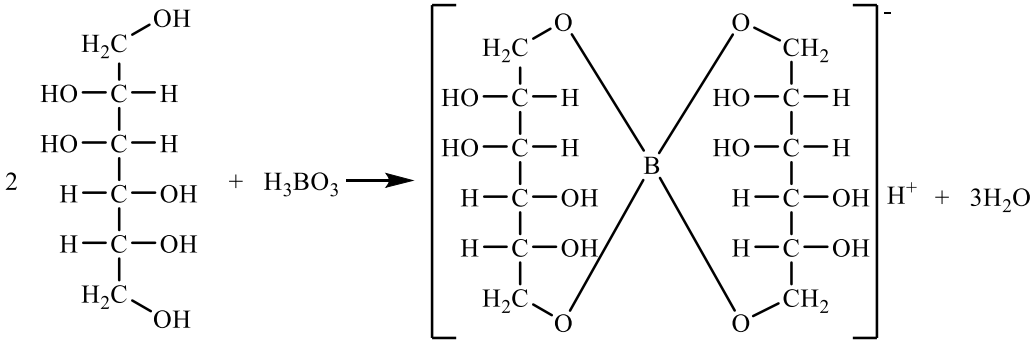
Ushbu tadqiqotning qo'llanilishi bizga Tojikistonda danburit rudalarini kislotali hazm qilishdan keyin eritmalardan bor kislotasini olishda yordam berdi.

Ko'p yillik tadqiqotlarimizdan ma'lumki, suvli eritmalarda borni tahlil qilish ba'zan oldindan aytib bo'lmaydigan bo'lishi mumkin, chunki borning tabiati pH o`zgarishiga qarab bir zumda o'zgaradi.

Shuning uchun, bu yerda to'xtamasdan, biz turli pH darajalarida bor tahlilini o'rganishga va foydalangan ikkita tahlilni taqqoslashga harakat qildik. Birinchisida mannitol, ikkinchisida esa etilen glikol ishlatilgan.

Danburit rudasi parchalangandan so'ng, bor oksidi eritmada bor kislotasi sifatida eriydi va mannitol ishtirokida tahlil qilinganda quyidagi komplekslanish reaksiyasi sodir bo'ladi.

Masalan, danburit rudasi kuchli kislotaliligi tufayli kislotalar (HCl, H_2SO_4, HNO_3) bilan reaksiyaga kirishib, darhol bor kislotasini hosil qiladi. Bundan tashqari, bor kislotasi va mannitol ($C_6H_8(OH)_6$) kislotali muhitda pKa ≈ 4,5 ga teng bo'lgan barqaror monovalent anion kompleksini hosil qilishi mumkin, bu esa o'tkazuvchanlik o'lchovlarida aniqlashni osonlashtiradi (reaktsiyalar quyida ko'rsatilgan).



Shundan so'ng, u titrlanadi va undan danburit rudasidan ajratib olingan bor oksidining umumiy miqdori aniqlanadi.

Yana bir usul quyidagicha:

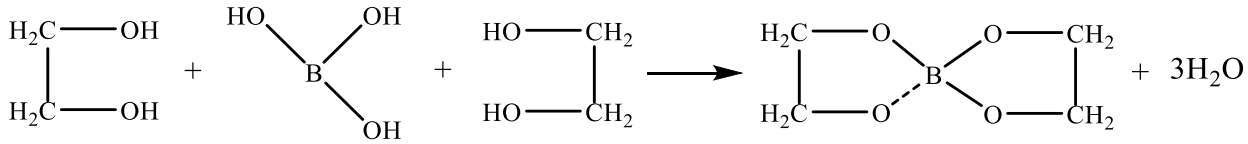
- titrlash usuli yordamida tahlil uchun taqdim etilgan namunadagi HCl va H_3BO_3 massasini (g) aniqlash;
- potentsiometrik titrlash usuli yordamida danburit namunasini tahlil qilishda HCl va H_3BO_3 massasini (g bilan) aniqlash.

Kuchli kislota HCl va kuchsiz H_3BO_3 aralashmasini standart ishqoriy eritma bilan titrlashda avval HCl titrlanadi:

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O,$$

va keyin kuchsiz borik kislotasi titr qilinadi.

Natijada, bor kislotasini sakrashsiz titrlash kerak, bu esa uni aniqlashni deyarli imkonsiz qiladi. Biroq, H_3BO_3 etilen glikol va boshqalar kabi bir qator polihidroksi spirtlar bilan kuchliroq kompleks kislotalarni hosil qilishi mumkin. Shuning uchun, HCl titrlashiga mos keladigan sakrash olingandan so'ng, eritmaga polihidrik spirt qo'shiladi va titrlash ikkinchi sakrash olinmaguncha davom ettiriladi. Bu jarayon davomida eritmada quyidagi reaksiya sodir bo'ladi (*masalan, etilen glikoldan foydalanib*):



Tajribalar shuni ko'rsatdiki, ikkala usul ham samarali va turli shakllar va eritmalardagi bor oksidini (va bor kislotasini) tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin.

Bor kislotasi danburit rudasini 250-270°C haroratda 50-60 daqiqa davomida qizitish orqali sulfatlash orqali ishlab chiqarilgan. Oldindan namlangan danburitni sulfat kislota bilan aralashtirish va keyin reaksiya aralashmasini qotishmada birlamchi mineral danburitni yo'q qiladi, bor, kaltsiy va kremniy oksidlarini ajratib chiqaradi va kaltsiy sulfati, bor kislotasi va kremniy sulfatlarini hosil qiladi:

$$CaB_2Si_2O_8 + 4H_2O + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 \cdot nH_2O + 2H_3BO_3 + 2SiO_2 + H_2O$$

bu yerda n - suv molekulalari soni.

Danburit sinterlash jarayonida hosil bo'lgan bug'lanuvchi sulfat kislota reflyuks kondensatorida kondensatsiyalanadi va reaksiya zonasiga qaytadi.

3-jadval

Borat kislotasi sinov natijalari

Massa ulushi	Brend uchun ГОСТ 18704-78 bo`yicha					Muallif tomonidan olingan borik kislotasi*
	Optik shisha ishlab chiqarish uchun ОКП 21 2171 0400	А ОКП 21 2171 0100	Б ОКП 21 2171 0200	В		Фактическое значение
				1-chi nav ОКП 21 2171 0330	2 chi nav ОКП 21 2171 0340	Borat kislotasi (H_3BO_3)
(H_3BO_3), %, -dan kam emas	99.9	99.9	99.9	99.6	98.6	98.687
хлоридов (Cl), %, -dan ko`p emas	0.001	0.0001	0.001	Standartlashtirilmagan		topilmadi
sulfatlar (SO_4), %, -dan ko`p emas	0.008	0.0005	0.008	0.2	0.5	0.421
temir (Fe), %, -dan ko`p emas	0.0003	0.0002	0.0005	0.002	0.003	topilmadi
Og`ir metallar % -dan ko`p emas	0.001	0.0005	0.001	0.001	Standartlashtirilmagan	yo'q
Suvda erimas qoldiqlar %, -dan ko`p emas	0.005	4.8-bandga muvofiq sinovga bardosh berishi kerak	0.005	0.01	0.04	0.048
kaltsiy (Ca), %, -dan ko`p emas	0.005	0.001	0.005	Standartlashtirilmagan		yo'q
arsen (As), %, -dan ko`p emas	0.0002	0.0001	0.0002	"		-
fosfatlar (PO_4), %, -	0.001	0.001	0.001	"		yo'q

dan ko`p emas qoldiq, uchuvchan bo'lmagan qoldiq, etil spirti bilan ishlov berilganda, %, -dan ko`p emas	Standartlashtirilmagan	0.05	Standartlashtirilmagan			-
Elakdagi qoldiq ГОСТ 6613-86, %:						
-dan ko`p emas	10	Standartlashtirilmagan	10	15	Standartlashtirilmagan	18-20
-dan kam emas	70	"	70	75	"	82.472
rang beruvchi aralashmalar, %, -dan ko`p emas:						
vanadiy (V)	0.0005	Standartlashtirilmagan				-
kobalt (Co)	0.000003	"				-
marganets (Mn)	0.0003	"				-
mis (Cu)	0.00005	"				-
nikel (Ni)	0.00001	"				
xrom (Cr)	0.00002	"				

Olingan sulfatlangan o'z-o'zidan parchalanadigan kek kukun holatiga keltirildi va kislotali suv bilan 1:5, 40-50°C qattiq:suyuq nisbatda 30 daqiqa davomida pH 3,5-4,0 qiymatiga erishilgunga qadar eritib yuborildi. Keyin pulpa eriydigan qismini ajratish uchun yuvildi, natijada 96,7-98,2% miqdorida kremniy oksidi qoldirildi. Pulpaning suvli qismi filtrdan kaltsiy sulfat CaSO4 nH2O ni ajratish uchun filtrlandi. Taqdim etilgan ma'lumotlarga ko'ra [20, 21], bor kislotasi eritmadan kristallandi va filtrlash orqali suyuq fazadan ajratildi. Keyin bor kislotasi quritildi va uning kimyoviy tarkibi quruq bor kislotasida aniqlandi. Sinov natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

O'tkazilgan kimyoviy tahlillar asosida quyidagi xulosaga kelish mumkin: danburit rudalaridan olingan mahsulot bor kislotasi (H_3BO_3) bo'lib, haqiqatan ham GOST 18704-78 GOST 18704-78 Bor kislotasi (Texnik shartlar) standarti talablariga javob beradi.

Tadqiqot borosilikat rudasini parchalanish jarayoni uchun optimal parametrlarni aniqladi. Ishlab chiqilgan integratsiyalashgan borosilikat rudasini qayta ishlash usuli jarayon vaqtini qisqartiradi, tayyor mahsulotlar sifatini yaxshilaydi va ularning tannarxini pasaytiradi.

Kimyoviy tahlil natijalariga asoslanib, olingan texnik borat kislotasini sanoat ishlab chiqarishida sinovdan o'tkazish uchun tavsiya qilish mumkin.

Adabiyotlar

1. Карапетьянц М.Х. Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия 2018, 600 с.
2. Реми Г. Курс неорганической химии, том 1, М.: Иностранная литература, 1963, 919 с.
3. Машковский М. Д. Лекарственные средства. - М.: ООО «Новая волна», 2002. -Т. 2. - 608 с. - ISBN 5-7864-0129-4.
4. Бор // Химическая энциклопедия : в 5 т. / Гл. ред. И.Л. Кнунянц. - М.: Советская энциклопедия, 1988. -Т. 1: А-Дарзана. -С. 299. - 623 с. - ISBN 5-85270-008-8.
5. 5.Таскаев С.Ю. Бор-нейтронозахватная терапия рака: на финишной прямой // Журн. Наука из первых рук. №5–6, 2016, стр. 44-56
6. Таскаев С. Ю., Каныгин В. В. Бор-нейтронозахватная терапия. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 216 с.
7. Маматов Э.Д. Физико-химические основы переработки боросиликатного сырья Таджикистана // Материалы VII-международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы химии товаров и народной медицины» Андижан, Узбекистан. 2020 г. –С. 137-139
8. Маматов, Э.Д. Термодинамические функции и математическое моделирование получения борной кислоты из боросиликатной руды месторождения Ак-Архар // Международная научная конференция «Индустриализация и цифровизация экономики: направления развития», Душанбе, 2023 – с. 60-68.
9. Физико-химическое изучение природных боратов / А. В. Николаев. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1947.
10. Химия боратов // Материалы совещания по химии боратов. – Рига, 1953.
11. Взаимодействие тетрагидроборатов редкоземельных металлов с этилендиамином / Т. Х. Алиханова, А. Курбонбеков, У. Мирсаидов // IV Всесоюзное совещание «Химия и технология неорганических соединений бора»: Тезисы докладов. – Рига, 1982. – С. 19.
12. Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов. - М.: Высшая школа, 1988. – С. 413-427.
13. Некрасов, Б. В. Основы общей химии / Б. В. Некрасов. - М.: Химия, 1974. – Т. 2. - С. 5-32.
14. Современная неорганическая химия / Ф.А. Коттон, Дж. Уилкинсон. - М.: Мир, 1969. - Т. 2. - С. 78-118.
15. Структурная неорганическая химия / А. Уэллс. - М.: Мир, 1987. – Т. 2. - С. 163-222.
16. Особенности стереохимии соединений бора. Гидриды бора (бораны) / А. Шток. - М.: Мир, 1969.
17. Получение борной кислоты из данбуритовых руд / Э.Д. Маматов, А.Д. Назаров // Материалы XV Нумановских чтений «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве республики Таджикистан». – Душанбе, 2019. – С. 50-52.
18. Условия переработки боратов щавелевой кислотой / В.Г. Калачева, Н.А. Каражанов, Г.Е. Ким, Г.Г. Кац-Давид // Журн. химическая промышленность. 1980. № 6. -С. 355-356.
19. Берлин Л.Е. Производство борной кислоты, буры и борных удобрений. М.: Госхимиздат, 1950. -С.3.

20. Комплексная переработка бор– и алюмосиликатных руд Таджикистана / У. М. Мирсаидов, Э. Д. Маматов. – Душанбе: Дониш, 2013. – 115 с.
21. Выщелачивание данбуритов Ак-Архара серной кислотой / Э.Д. Маматов, Н.А. Ашуров, Машаллах Сулаймони, У.М. Мирсаидов // VII Международна научна практична конференция «Бъдещето въпроси от света на науката». – Т. 26. - Болгария, София, 2011. – С. 78-81.