

УО'К: 553.492.6:622.765

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.4.2025.12

GO'SHSOY KONI ALUNIT MA'DANI TEKNOLOGIK NAMUNALARINING FLOTATSION BOYITILUVCHANLIGINI TADQIQ QILISH



**Almatov Ilhomjon
Mirzabek o'g'li**

Texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim, "Mineral resurslar instituti" DM markaz mudiri, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: ilkhom90@list.ru
ORCID ID: 0000-0002-6614-9487



**Bekpulatov Javlon
Mustafokulievich**

Texnika fanlari doktori, dotsent, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat tekniqa universiteti kafedra mudiri, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: bekpulatovjavlon@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-8160-2120



**Alimov Dilshod
Shirinkulovich**

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat tekniqa universiteti tayanch doktoranti, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: d.alimov1989@gmail.com
ORCID ID: 0009-0009-9295-412X

Annotation. Ushbu maqolada Go'shsoy koni alunit ma'danlarini flotatsiya usulida boyitishda optimal sharoitlarni aniqlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Tadqiqotlar davomida alunitning flotatsion ajralish samaradorligiga yanchilish darajasi, ishqoriy muhitning pH qiymati va reagentlar sarfining ta'siri o'r ganildi. Tajribalar natijasida optimal texnologik sharoitlar sifatida 85%-0,074 mm yanchilish darajasi, pH=10 ishqoriy muhit, natriy oleat sarfi 500 g/t va tall yog'i sarfi 500 g/t miqdorida aniqlandi. Yig'uvchi reagentni ketma-ket berish va ko'pikni alohida yig'ish sxemasi asosida o'tkazilgan flotatsiya natijasida umumiy boyitmada alunitning ajralish darajasi 94,3% ni tashkil etdi. Shuningdek, yopiq siklda olib borilgan flotatsiya jarayonlari natijasida boyitmadi alunit miqdori 60,97% gacha, ajralish darajasi esa 87,48% gacha oshirildi. Olingan natijalar tahlil qilinib alunit ma'danlarini samarali boyitish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha tavsiyalar berildi.

Kalit so'zlar: Alunit, Go'shsoy koni, flotatsiya, alunit konsentrati, flotatsiya sxemasi.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОТАЦИОННОЙ ОБОГАТИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ АЛУНИТОВОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГУШСАЙ

**Алматов Илхомжон
Мирзабек угули**

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий центром ГУ «Институт минеральных ресурсов», Ташкент, Узбекистан

**Бекпулатов Жавлон
Мустафокулиевич**

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

**Алимов Дишиод
Ширинкулович**

Базовый докторант Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований по определению оптимальных условий флотационного обогащения алунитовых руд месторождения Гушсай. В ходе исследований было изучено влияние степени измельчения, pH щелочной среды и расхода реагентов на эффективность флотационного извлечения алунита. В результате экспериментов оптимальными технологическими условиями были определены степень измельчения 85% -0,074 мм, щелочная среда pH=10, расход олеата натрия 500 г/т и расход таллового масла 500 г/т. В результате флотации, проведенной по схеме последовательного введения собирающего реагента

и раздельного сбора пены, степень извлечения алюнита в общем концентрате составила 94,3%. Также, в результате флотационных процессов, проведенных в замкнутом цикле, содержание алюнита в концентрате увеличилось до 60,97%, а степень извлечения – до 87,48%. Проанализированы полученные результаты и даны рекомендации по разработке эффективной технологии обогащения алюнитовых руд.

Ключевые слова: Алюнит, месторождение Гушсай, флотация, концентрат алюнита, схема флотации.

INVESTIGATION OF THE FLOTATION ENRICHABILITY OF TECHNOLOGICAL SAMPLES OF ALUNITE ORES FROM THE GUSHSAI DEPOSIT

Almatov Ilkhomjon

Doctor of Technical Sciences,
Senior Researcher, Head of the
Center of the State Institution
"Institute of Mineral Resources",
Tashkent, Uzbekistan

Bekpulatov Javlon

Doctor of Technical Sciences,
docent, Head of the Department of
the Tashkent State Technical
University named after Islam
Karimov, Tashkent, Uzbekistan

Alimov Dilshod

Basic doctoral student of the
Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov,
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. This article presents the results of research conducted to determine the optimal conditions for the flotation beneficiation of alunite ores of the Gushsai deposit. During the research, the influence of the degree of grinding, pH of the alkaline medium, and reagent consumption on the flotation extraction efficiency of alunite was studied. As a result of the experiments, the optimal technological conditions were determined to be: grinding fineness of 85% passing through -0.074 mm, alkaline environment with pH=10, sodium oleate consumption of 500 g/t, and tall oil consumption of 500 g/t. As a result of flotation conducted using a scheme of sequential introduction of the collecting reagent and separate foam collection, the alunite recovery in the overall concentrate reached 94.3%. Furthermore, flotation processes carried out in a closed cycle increased the alunite content in the concentrate to 60.97%, with a recovery rate of 87.48%. The obtained results were analyzed, and recommendations were provided for developing an effective technology for the beneficiation of alunite ores.

Keywords: Alunit, Gushsai deposit, flotation, alunite concentrate, flotation scheme.

Kirish. Alunit mineralining kimyoviy formulasi $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ yoki $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O$ ko‘rinishida berilgan va alunit minerali adabiyotlarda sanoat xomashyosi sifatida qabul qilingan [1]. Ko‘pchilik alunit konlarida alunit minerali jins tarkibida juda nozik tarqalgan bo‘lib, uning donachalari o‘lchami va taqsimlanishi notejisligi bilan farqlanadi. Alunit ko‘pincha kvarts, gil minerallari va boshqa jins hosil qiluvchi minerallar bilan zinch bog‘langan holda uchraydi. Minerallarning fizik xossalari o‘zaro yaqinligi va alunitning mayda inkluziyalari tufayli bunday ma’danlarni boyitishning eng maqbul usuli sifatida flotatsiya jarayoni tanlanadi [2].

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Avvalgi tadqiqotlarimizda Go’shsoy koni alunit ma’danlarining moddiy tarkibi va fizik xususiyatlari chuqur o‘rganilib, kimyoviy va mineralogik tahlillar

asosida ularning asosiy tarkibiy komponentlari aniqlangan. Alovida komponentlarning kimyoviy tahlillari spektrofotometr UV-VID dastgohida va titrlash usulida olib borilgan, namunalarning granulometrik tarkibini aniqlash uchun Siebtechnik GmbH (Germaniya) kompaniyasining ASM200 rusumli elakli tahlil apparatidan foydalanilgan. Namuna va mahsulotlarning mineralogik tarkibini aniqlashda Polam-R312 mikroskopidan foydalanilib, shlif va anshliflar ko‘rilgan.

Kimyoviy tahlil natijalariga (1-jadval) ko‘ra, o‘rtacha namuna tarkibida kremniy oksidi – 40,61%, temir oksidi – 4,24%, alyuminiy oksidi – 20,19%, kaliy oksidi – 4,24% va kuydirishdagagi yo‘qotishlar – 22,63% ni tashkil etadi. Granulometrik tahlilda glinozyom (Al_2O_3) miqdori mayda sinflarda 22,74% gacha ortishi aniqlandi [3]. Mineralogik tahlil ma’lumotlariga (2-jadval)

asoslanib, namuna tarkibida alunit ~35,62%, kvars ~34,51%, kaolinit ~4,10% va plagioklaz ~4,93% miqdorda mavjudligi aniqlangan [4].

1-jadval

Alunit namunasining kimyoiy tahlil natijalari

Komponentlar	Miqdori, %	Komponentlar	Miqdori, %
SiO ₂	49,61	K ₂ O	4,24
Fe ₂ O ₃ (umumiy)	0,38	P ₂ O ₅	0,30
TiO ₂	0,31	S _{umumiy.}	7,68
MnO	0,15	SO ₃	1,65
Al ₂ O ₃	20,19	S _{hisob.sulfid}	7,02
CaO	0,39	KYM (irnn)	22,63
MgO	0,30	H ₂ O	0,26
Na ₂ O	0,58	Σ _{vie.indi}	90,08

2-jadval

Alunit namunalarining taxminiy miqdoriy (silikatli tahlil natijalariga ko‘ra) nisbatlari

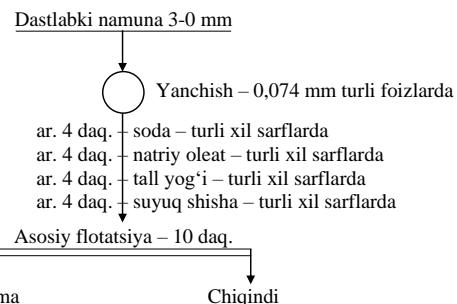
№	Mineral nomi	Minerallarning namunadagi miqdori, %	Mineral donalarining o‘lchami, mm dan gacha	
			Mayda donali	gacha
	Pirit	Kam miqdorda	Mayda donali	
1	Temir gidroksidlari			
1	Kvars	~34,51	0,08	0,95
2	Alunit	~35,62	0,065	2,1
3	Kaolinit	~4,10	0,001	0,02
4	Plagioklaz	~4,93	Mayda donali	
5	Biotit	~2,30		
	Byomit	Kam miqdorda	0,15	2
	Gidroargillit		0,52	1,7
6	Apatit	~0,69	Mayda donali	
7	Rutil	~0,31		
	Barit	Kam miqdorda		
	Sirkon			

Alunit ma’danini boyitishning asosiy maqsadi – namunalarni zararli aralashmalar, jumladan kvars va temir minerallaridan tozalash orqali foydali komponentning konsentratsiyasini oshirishdan iborat. Alunit tarkibidagi zararli qo’shimchalarning turi hamda olinadigan mahsulot sifatiga qo‘yiladigan talablar tadqiqot sinovlari usulini tanlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Ma’danlardan alunitni flotatsiya qilish tadqiqotlarida natriy oleat qo’llanilgan. Flotatsiya modifikatorlari soda yoki o‘yuvchi natriy bo‘lgan. Eng yaxshi ajralish pH=10 atrofida kuzatilgan [5]. Shunday qilib alunit soda yoki o‘yuvchi natriy yordamida hosil qilinadigan pH=9,5-10 muhitida yog‘ kislotali yig‘uvchilar bilan flotatsiyalanadi. Bo‘s sh jinslar – kvars, xalsedor va gil minerallarini bostirib turish uchun suyuq shisha qo’llaniladi [6].

Mazkur maqolada avvalgi tadqiqotlarda olingan ma’lumotlarga tayangan holda Go’shsoy koni alunit ma’danining samarali boyitish imkoniyatlari va ularni texnologik amalga oshirish yo’llari o‘rganildi. Flotatsion tadqiqotlar FML 3 (240 FL) markali flotatsiya mashinalarida olib

borildi, boyitish jarayoni dastlabki namunalarda turli xil reagentlar sarfi holatlarida amalga oshirildi. Jarayon davomida reagent sifatida soda, suyuq shisha, tal yog‘i va natriy oleatdan foydalanildi hamda ularning optimal sarf miqdorlari aniqlab olindi. Tadqiqotlar natijasida rуданing flotatsion boyitiluvchanligini oshirishga yo‘naltirilgan optimal texnologik parametrlar – maydalash darajasi, ishqoriy muhit pH ko‘rsatkichi, reagentlar turi va ularning sarfi hamda flotatsiya sharoitlari aniqlanib, samarali boyitish sxemalarini shakllantirish imkoniyati belgilandi.

Natijalar va muhokama. Go’shsoy koni alunit ma’dani flotatsion boyitiluvchanligini o‘rganish jarayoni 1-rasmida ko‘rsatilgan namunaviy texnologik sxema yordamida namunalar soda, suyuq shisha, tal yog‘i va natriy oleat kabi yig‘uvchi va bostiruvchi reagentlarning turli sarflarida amalga oshirildi. Har bir reagent miqdori boyitma va chiqindi tarkibidagi alunit, kvars va temir minerallarining taqsimlanishiga ta’sirini aniqlash maqsadida o‘zgartirib borildi. Jarayon davomida optimal reagent sarfi, pH qiymati hamda yanchish darajasi tanlanib, ularning boyitish samaradorligiga ta’siri baholangan.

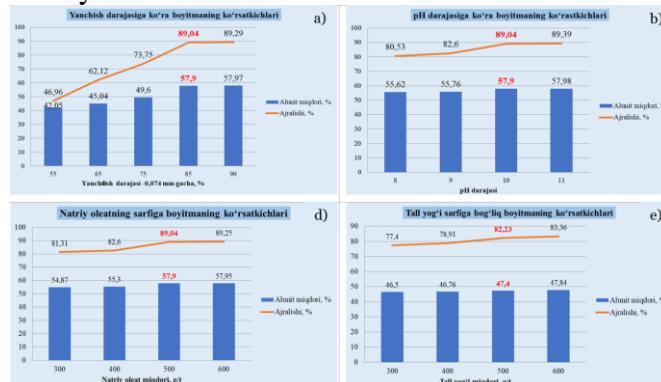


1-rasm. Turli texnologik sharoitlarda (yanchilish darajasi va reagent sarflarida) namunalarini flotatsiyalash sxemasi.

Flotatsiya jarayonlari natijalariga ko‘ra, optimal yanchilish darajasi 85% (~0,074 mm), soda sarfi 1650 g/t, ishqoriy muhit pH=10, yig‘uvchi reagent sifatida natriy oleatning sarfi 500 g/t, ko‘pik hosil qiluvchi tall yog‘ining sarfi esa 500 g/t etib belgilangan (2-rasm).

Yanchilish darajasi 85% (~0,074 mm) gacha bo‘lganida, alunitning ajralish darajasi ortib, flotatsiya natijalari eng yuqori qiymatlarni namoyon etdi. Bu holat alunitning mayda sinflarda to‘liqroq ochilishi va sirt faol moddalari bilan o‘zarot sirlining kuchayishi bilan izohlanadi. Ishqoriy

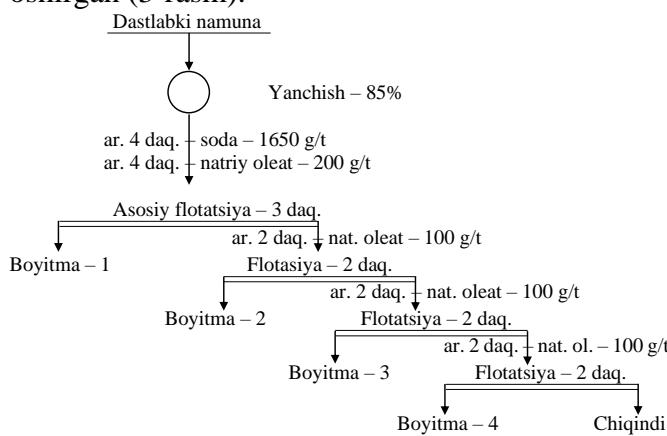
muhitning pH=10 atrofida barqaror saqlanishi natriy oleatning yig‘uvchi xossalari kuchaytirgan, natijada alunitning ko‘pikli fazaga o‘tish darajasi oshgan. Suyuq shisha miqdori oshishi bilan alunit boyitmasining chiqishi, miqdori va ajralishi kamayib borishi kuzatildi.



2-rasm. Turli texnologik sharoitlarning namunalarni flotatsiyalash darajasiga bog‘liqlik grafiklari: a) yanchilish darajasi; b) ishqoriy muhit; d) natriy oleat va e) tall yog‘i sarfi.

O‘tkazilgan tadqiqotlarda yig‘uvchi reagentlarning (natriy oleat va tall yog‘i) miqdori 500 g/t atrofida optimal natijalarni bergan. Reagent miqdorining ortishi boyitmaning chiqishini biroz oshirgan bo‘lsa-da, alunit miqdori o‘zgarmagan, bu esa flotatsiya jarayonining to‘yinish holatini ko‘rsatadi. Natriy oleatning 500 g/t dan ortiq sarflarida ko‘pik barqarorligi oshgani, lekin selektivlikning kamaygani aniqlangan.

Yig‘uvchi reagentni ketma-ketlikda berish va ko‘pikni alohida yig‘ish sxemasi bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalar boyitish jarayonining selektivligini oshirgan (3-rasm).



3-rasm. Yig‘uvchi reagentni ketma-ketlikda berish va ko‘pikni alohida olish bo‘yicha flotatsiya sxemasi.

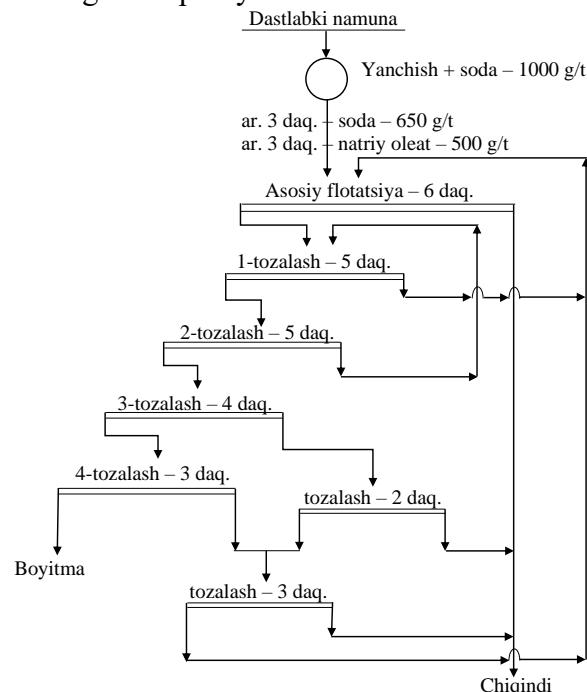
Ushbu yondashuv orqali alunitning bosqichma-bosqich ajralishi ta‘minlanib, yakuniy boyitmada alunitning miqdori 43,51% ga, ajralish darajasi esa 94,3% ga yetgan. Bu esa dastlabki ma‘dan bilan solishtirganda sezilarli yaxshilanishni ko‘rsatadi.

3-jadval

Yig‘uvchi reagentni ketma-ketlikda berish va ko‘pikni alohida olish bo‘yicha flotatsiya natijalari

Namuna nomi	Chiqishi, %	Alunit miqdori, %	Ajralishi, %	Natriy oleat sarfi, g/t
Boyitma - 1	40,1	49,4	55,6	200
Boyitma - 2	22,3	42,1	27,6	100
Boyitma - 3	8,7	27,17	7,1	100
Boyitma - 4	6,1	15,7	4	100
Umumiy boyitma	77,2	43,51	94,3	
Chiqindi	22,8	8,9	5,7	
Dastlabki namuna	100	35,62	100	

3-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, dastlabki 5 daqiqada alunitning flotatsiyalanishi, ya’ni ajralishi yuqori bo‘lib, 3-4-flotatsiyada esa bu ko‘rsatgichlar pasayib ketishini kuzatish mumkin.



4-rasm. Yopiq siklda namunalarni flotatsiyalash sxemasi.

Yopiq siklda olib borilgan tajribalarda oraliq mahsulotlar qayta flotatsiyaga yuborildi, natijada foydali komponentning yo‘qotilishi kamaydi va boyitmadagi alunit miqdori yuqorilashga erishildi (4-rasm). Bu usulda yakuniy boyitma chiqishi

51,1%, alunitning miqdori 60,97%, ajralish darajasi esa 87,48% bo'ldi.

4-jadval

*Yopiq siklda namunalarni flotatsiya sxemasi
natijalari*

Namuna nomi	Chiqish, %	Alunit miqdori, %	Ajralishi, %
Boyitma	51,1	60,97	87,48
Chiqindi	48,9	9,12	12,52
Dastlabki ma'dan	100	35,62	100

4-jadvaldan ko'rinish turibdiki, yopiq sikl natijasida boyitma sifati (alunit miqdori) yuqori bo'ldi, ammo ajralish darajasi nisbatan pasaydi.

Shunday qilib, birinchi sxema (ketma-ket reagent berish) yuqori ajralish darajasi bilan tavsiflanadi va foydali komponent yo'qotilishini kamaytirish imkonini beradi, biroq boyitma sifati nisbatan past bo'ladi. Ikkinci sxema (yopiq sikl) esa boyitma sifati yuqori, ya'ni alunitning kontsentratsiyasi oshgan, ammo ajralish darajasi biroz past ko'rsatkichga ega.

Xulosa. Umuman olganda, olingan natijalar

shuni ko'rsatadiki, yopiq siklda namunalarni flotatsiyalash usuli sanoat sharoitida amaliy qo'llash uchun eng maqbul variant hisoblanadi, chunki u boyitma sifatining barqarorligini ta'minlaydi hamda qayta ishlash bosqichlarida texnologik jarayonni yuqori darajada nazorat qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, yig'uvchi reagentlarni ketma-ket berish sxemasi laboratoriya yoki yarim-sanoat sharoitlarida ajralish samaradorligini aniqlash va jarayon imkoniyatlarini baholash uchun foydali hisoblanadi.

Tajriba natijalari asosida aytish mumkinki, ikki yondashuvni kompleks qo'llash, ya'ni dastlab reagentlarni bosqichma-bosqich berish, so'ngra oraliq mahsulotlarni yopiq siklda qayta flotatsiyalash orqali alunit boyitmasining ham sifati, ham ajralish darajasini yuqori darajaga ko'tarish mumkin.

Bunday natijalar flotatsiya jarayonining takroriy bosqichlarda foydali komponentlarni to'liqroq ajratish imkonini berishini va jarayonni uzlusiz siklga o'tkazish uchun ilmiy asos yaratishini tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Bentli, I., Yüzer, H., & Celik, S. M. (2009). Removal of finely disseminated silicates from Kütahya-Şaphane alunite ore by oleate flotation. The Journal of Ore Dressing, 11(2), 10–14.
- [2] Лейе, Ю. А., и др. (1971). Алуниты Закарпатья. Москва: Недра.
- [3] Badalov, F. A., Almatov, I. M., & Alimov, D. Sh. (2024). Изучение вещественного состава технологической пробы алунитовых руд Гушайского месторождения. Geologiya fanlari universiteti xabarlari: ilmiy-texnik jurnal, (2), 52–56. ISSN: 2181-3590.
- [4] Alimov, D. Sh., & Oripov, A. O. (2024). Gushsoy konining alunit ma'dani namunalarining mineralogik tadqiqotlari. In Akademik V. R. Raximovning 90 yilligiga bag'ishlangan "Yer osti boyliklaridan oqilona va bexatar foydalanishda raqamli texnologiyalarni qo'llashning istiqbollari" mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjumani maqolalari to'plami (pp. 87–92). Toshkent, 8–9-oktyabr.
- [5] Справочник по обогащению руд. Основные процессы. (1983). Москва: Недра.
- [6] Богданов, О. С., Максимов, И. И., Подпек, А. К., & Янис, Н. А. (1990). Теория и технология флотации руд. Москва: Недра.