



UDK:550.4(550.84:504.75)

Anzor MAHAMMATOV,

*O'zbekiston Milliy universiteti tayanch doktoranti.*

*H.M.Abdullayev nomidagi Geologiya va geofizika instituti Geokimyo laboratoriyasi kichik ilmiy xodimi*

*E-mail: anzormakhammadov@gmail.com*

Nosir SHUKUROV,

*H.M. Abdullayev nomidagi Geologiya va geofizika instituti, Geokimyo laboratoriyasi boshlig'i, PhD*

Rasulxon ALIMOV,

*Mineral resurslar instituti, Ma'danli foydali qazilmalarni kompleks qayta ishlash laboratoriyasi boshlig'i, PhD*

*PhD K.Xoshjanova taqrizi asosida*

## PROCESSING OF TECHNOGENIC WASTE BASED ON THE APPLICATION OF MAGNETIC SUSPENSION

Annotation

This article investigates the extraction of valuable, rare, and rare earth metals from technogenic mining waste. The relevance of the study is determined by the growing need for sustainable waste management and environmental protection. A separation technology based on the magnetic suspension method was applied. The quantitative composition of gold and silver in technogenic waste was analyzed. The results demonstrate the high efficiency of the proposed technology. The scientific findings and practical recommendations contribute to the development of resource-efficient and environmentally safe technologies in the mining industry.

**Key words:** technogenic waste, magnetic suspension, gold (Au), silver (Ag), copper (Cu), environmental safety, toxic elements.

## ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ СУСПЕНЗИИ

Аннотация

В статье исследуется проблема извлечения ценных, редких и редкоземельных металлов из техногенных отходов горнодобывающей промышленности. Актуальность работы обусловлена необходимостью рационального использования промышленных отходов и снижения их негативного воздействия на окружающую среду. В исследовании применена технология разделения на основе метода магнитной суспензии. Проведен количественный анализ содержания золота и серебра в составе техногенных отходов. Полученные результаты подтвердили высокую эффективность предложенного метода. Научные выводы и практические рекомендации могут быть использованы при разработке экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий в горнодобывающей отрасли.

**Ключевые слова:** техногенные отходы, магнитная суспензия, золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu), экологическая безопасность, токсичные элементы.

## MAGNITLI SUSPENZIYA BILAN ISHLOV BERISH ASOSIDA TEXNOGEN CHIQUINDILARNI QAYTA ISHLASH

Annotatsiya

Mazkur maqolada tog'-kon sanoati texnogen chiqindilari tarkibidagi qimmatbaho, kamyob va nodir yer metallarini ajratib olish muammosi tadqiq etilgan. Tadqiqotning dolzarbli sanoat chiqindilaridan ikkilamchi xomashyo sifatida samarali foydalanish hamda ekologik xavfsizlikni ta'minlash zarurati bilan izohlanadi. Ishda magnitli suspenziya usuliga asoslangan ajratish texnologiyasi qo'llanildi. Texnogen chiqindilar tarkibidagi oltin va kumush elementlarining miqdoriy tarkibi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari taklif etilgan texnologiyaning samaradorligini tasdiqladi. Olingan ilmiy xulosalar tog'-kon sanoatida chiqindilarni qayta ishlash va resurs tejankor texnologiyalarni joriy etishda amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so'zlar:** texnogen chiqindi, magnitli suspenziya, oltin (Au), kumush (Ag), ekologik xavfsizlik, toksik elementlar.

**Kirish.** Texnogen chiqindilarning samarali boshqarilishi va foydali elementlarni ajratib olish masalasi zamonaviy ekologik va iqtisodiy muammolarning markazida turadi. Bir tomondan, tog'-kon sanoati korxonalarida texnogen chiqindilari atrof-muhitga sezilarli ta'sir ko'rsatadi va ulkan yer maydonlarini egallaydi. Ikkinchi tomondan, ushbu chiqindilar tarkibida oltin hamda kumush kabi qimmatli va boshqa toksik elementlar mavjud bo'lib, ularni qayta ishlash orqali qo'shimcha mahsulot olish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash mumkin. Shu sababli, texnogen chiqindilardan magnitli suspenziya bilan ishlov berish usuli orqali elementlarni ajratib olish dolzarb va amaliy jihatdan muhim vazifa hisoblanadi. Bugungi kunda tog'-kon sanoatining chiqindilari atrof-muhitga sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Shu bilan birga, chiqindilarda mavjud qimmatli elementlarning yo'qotilishi iqtisodiy zarar keltiradi va resurslardan samarali foydalanish imkoniyatini kamaytiradi. Bundan tashqari, toksik elementlar inson salomatligi va ekologiya uchun xavf tug'diradi[2].

**Tadqiqotning maqsadi:** Texnogen chiqindilardan magnitli suspenziya bilan ishlov berish usuli yordamida foydali elementlarni ajratib olish orqali ularni qayta ishlash imkoniyatlarini aniqlash va toksik elementlarni zararini kamaytirib ekologik xavfsizlikni ta'minlash.

**Ushbu tadqiqotning asosiy vazifalari.** Texnogen chiqindilarning tarkibi va xossalari o'rganish, magnitli suspenziya bilan ishlov berish orqali boyitish jarayonining samaradorligini baholash, oltin va kumush elementlarini ajratish usullarini aniqlash, ekologik xavfsizlikni oshirish va chiqindilarni qayta ishlash imkoniyatlarini tadqiq qilish. Ushbu tadqiqot tog'-kon sanoati chiqindilarini qayta ishlash va qimmatli resurslarni tiklashga yo'naltirilgan ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lib, iqtisodiy samaradorlik va ekologik xavfsizlikni birlashtiradi.

Mazkur maqolaning tadqiqot obyekti Angren oltin boyitish zavodining texnogen chiqindilari hisoblanadi. Ushbu maqolada tadqiqotning predmeti sifatida Angren oltin boyitish zavodi chiqindilarining tarkibidagi oltin (Au), kumush (Ag) hamda toksik elementlarning atrof-muhitga ta'siri o'rganiladi.

**Mavzuga oid adabiyotlar tahlili.** Dunyoning ko'pgina mamlakatlarida texnogen chiqindilarda mavjud og'ir metallar va qimmatbaho elementlarning xossalari bo'yicha keng ko'lami fundamental tadqiqotlar olib borilgan. Yetakchi olimlar va ilmiy markazlar ushbu chiqindilarning ekologik ta'siri, geokimyoviy tarkibi va atrof-muhit bilan o'zaro aloqalarini batafsil o'rganib, texnogenez jarayonlarining tabiatga va sanoat resurslariga qanday ta'sir qilishi haqida chuqur tahlillar ishlab chiqqan. Shu orqali, nafaqat og'ir metallar, balki energiya va texnologik sohalarida ahamiyatli bo'lgan oltin, kumush kabi elementlarning chiqindilarda qanday shakllanishi va ularni xavfsiz qayta ishlash imkoniyatlari ham aniqlanmoqda[1]. Bu tadqiqotlar texnologik rivojlanish va ekologik barqarorlikni uyg'unlashtirishga qaratilgan ilmiy asoslarni yaratadi. Respublikamizda atrof-muhitning og'ir metallar bilan ifloslanish jarayonlari, ayniqsa, ilmiy tadqiqot obyekti sifatida olingan hudud ifloslanishini o'rganish XIX asr oxiriga borib taqaladi. Nriagu (1996) tadqiqotlariga ko'ra, tarixiy davrlardan boshlab tog'-kon sanoati natijasida mis, qo'rg'oshin va simob kabi metallarning hududda tarqalishi natijasida havo va tuproqning ushbu elementlar bilan ifloslanishini kuzatgan [2]. XX asrga kelib, tog'-kon chiqindilarining toksikligi bo'yicha aniq ilmiy tadqiqotlar yo'lga qo'yilgan. Amerikalik olim Adriano (1986) kon chiqindilarida og'ir metallar miqdorining yuqoriligi va ularning biologik tizimlarga ta'sirini[3], keyinchalik, polshalik olimlar Kabata va Genri Pendiashlar (2001) og'ir metallar tuproqda qanday harakatlanishi va ularning bioakkumulyatsiya xususiyatlarini o'rgangan.[4] Respublikamizda atrof-muhitning og'ir metallar bilan ifloslanish jarayonlari, ayniqsa, ilmiy tadqiqot obyekti sifatida olingan hudud geotizimlari, geokimyoviy sharoiti va boshqa xususiyatlari Y.A.Skvorsov (1964), Sh.X.Abdullaev (1985), A.A.Rafiqov (1988), N.G.Mavlonov (1989), Sh.S.Zokirov (1972), N.E.Shukurov (1999-2023)[5], M.M.Miraslanov, M.M.Zakirov (2003), Z.A.Amanbaeva (2004), A.N.Nuradilov (2004), Sh.R.Shukurov (2011)[5], E.A.D-Barkovskaya (2008), A.Z.Umarov (2008), Sh.M.Sharipov (2011, 2022), M.A.Petrov (2021), F.F.Fayziyev (2022) va boshqalar tomonidan o'rganilgan[4].

**Tadqiqot metodologiyasi.** Magnit suspenziyasi bilan ishlov berish asosida qimmatbaho metallarni ajratib olish imkoniyatlari o'rganildi. Texnogen chiqindilar namunalarini quruq magnitli separatsiya usuli bilan boyitish imkoniyati va samaradorligini o'rganish "Geopriborsvetmet" zavodida ishlab chiqarilgan 138T – SEM rusumli laboratoriya induksion-rolikli separator yordamida amalga oshirildi. Nam magnit separatsiya usuli orqali boyitish imkoniyati va samaradorligini o'rganish ishlari 120B-SEP laboratoriya elektromagnit separatorida amalga oshirildi. Namunalardagi elementlarning miqdori aniqlash uchun (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) ICP-MS apparaturasidan foydalanildi..



#### Tahlil va natijalar.

**1-rasm.** Tadqiqot hududidan olib kelingan namunalarni laboratoriya tekshiruviga tayyorlash jarayoni.[1]

Texnogen chiqindilar namunalarini quruq magnit ajratish jarayonida magnit fraksiyaning ko'p miqdorda ajralishi kuzatiladi. Boyitish fabrikalari texnogen chiqindilar asosan juda kichik qum shaklidagi maydalangan zarrachalardan iborat bo'lganligi sabab elektromagnit ajratish jarayonida bu fraksiyalarning magnitlanishi kuzatiladi va magnit fraksiyaga o'tib, magnitli mahsulot unumini oshiradi, ammo ma'danli minerallar bo'yicha boyitish sodir bo'lmaydi. Angren oltin boyitish zavodi texnogen chiqindilaridan umumiy 170 kg miqdorda namuna olinib undan laboratoriya tekshiruv usullariga qarab tayyorlandi.

#### 1-jadval.

Tadqiqot hududidan olingan dastlabki namunalardagi ayrim elementlarning miqdori (g/t) (ICP-MS) tahlili[1].

Element for/si	Au	Ag	Hg*	Tl	Pb	Bi	U
Miqdori g/t	0,4	3,8	0,5	0,9	58	1,4	3,3

Olingan natijalarni Vinogradov klark soni bo'yicha natijalarni hisoblaymiz bunda maxsus jadvalda keltirilgan nordon va asos tarkibli tog' jinslari yig'indisining o'rtachasi olingan qismidagi qiymatlardan foydalandildi chunki bu texnogen chiqindilarni hosil qilgan asosiy jinslar shu guruhga mansub.

#### 2-jadval.

Tadqiqot hududidan olingan dastlabki namunalardagi ayrim elementlarning klark konsentratsiyasi

Formula	Au	Ag	Hg*	Tl	Pb	Bi	U
Element g/t	0.4	3.8	0.5	0.9	58	1.4	3.3
Klark g/t	0.0043	0.07	0.00083	1	16	0.009	2.5
Klark k	93.023	543.00	602.000	0.900	3.6250	156.0	1.3200

Qayta hisoblash natijalariga ko'ra simob (KK=602.0) va vismut (KK=156.0) ning yuqori klar ko'rsatgichlari atrof-muhitga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatadi. Oltin va kumush hozirgi miqdorlari aynan O'zbekiston kon konditsiyasiga binonan rentabelligi yuqori emas. Ammo qimmatbaho elementlarga bo'lgan talab kundan kunga ortib bormoqda va shu sababli narx ham oxirgi 5-6 yillarga nisbatan taqqoslaganda 3-4 barobar oshgan bu jarayon uzluksiz ravishda oshib borayotganini hisobga olsak, bu

chiqindilarni qazib olish va qayta ishlash zavodigacha olib kelishning kam xarajatligi ham bu texnogen chiqindilarni qayta ishlashning rentabelligini yanada oshiradi.

3-jadval.

## 138T-SEM markali separatorda quruq magnit separatsiya natijalari AOBF chiqindilari namunasi, tok kuchi — 2 A.

Boshlang'ich namunaning yirikligi, MM	Namuna turi	Foiz miqdori, %	Miqdori g/t da		Ajratis olish, %	
			Au	Ag	Au	Ag
Tok kuchi 4 A						
Boshlang'ich namuna	Magnit fraksiya	20,5	0,14	3,12	12,3	18,3
	Nomagnit fraksiya	79,5	0,26	3,60	87,7	81,7
	Dastlabki namuna	100,0	0,24	3,50	100,0	100,0
Tok kuchi 2 A						
-0,08+0	Magnit fraksiya	99,3	0,2	2,7	99,6	99,4
	Nomagnit fraksiya	0,7	0,1	2,1	0,4	0,6
	Dastlabki namuna	100,0	0,22	2,68	100,0	100,0

Tadqiqot natijalari texnogen chiqindilar tarkibida oltin, kumush va boshqa qimmatli metallarning sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan konsentratsiyalarda mavjudligini ko'rsatdi. Ayniqsa, o'lchami 0,1 mm dan kichik bo'lgan mayda fraksiyalarda ushbu elementlarning miqdori fon qiymatlaridan yuqori bo'lsada, ularni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlashda quruq magnit separatsiya usulidan foydalanish kutilganidek natija bermasligi tasdiqlandi.

4-jadval.

## 120B-SEP markali separatorda nam magnit separatsiya natijalari AOBF chiqindilari namunasi, tok kuchi - 11 A.

Boshlang'ich namunaning yirikligi, MM	Namuna turi	Foiz miqdori %	Miqdori, g/t		Ajratis olish, %	
			Au	Ag	Au	Ag
Boshlang'ich namuna	Magnit fraksiya	0,3	2,030	6,435	1,5	0,8
	Nomagnit fraksiya	99,7	0,390	2,430	98,5	99,2
	Dastlabki namuna	100,0	0,395	2,442	100,0	100,0
-0,08+0	Magnit fraksiya	0,4	0,870	5,634	1,1	0,8
	Nomagnit fraksiya	99,6	0,322	2,62	98,9	99,2
	Dastlabki namuna	100,0	0,324	2,644	100,0	100,0

Angren oltin boyitish zavodi texnigen chiqindilari namunalari magnit suspenziya qo'llangan holda nam magnit separatsiyasi natijasida olingan magnit fraksiyaning chiqishi 0,3 – 0,4 % foizni tashkil etdi. Shu jarayonda oltin va kumushning ajralib chiqish darajasi mos ravishda 1,1 – 1,5 va 0,8 % bo'ldi. Magnit fraksiyadagi oltin va kumush tarkibi esa 0,87 – 2,03 g/t va 5,634 6,435 g/t ni tashkil etdi.[1]

Shu bois, mazkur mayda dispersli fraksiyalar bo'yicha qimmatbaho va kamyob elementlarni kompleks ajratib olish texnologiyalari ya'ni nam magnitli separatsiyani gravitatsion va flotatsion boyitish usullari bilan integratsiya qilish **tavsiya qilindi**.

Tadqiqod davomida erishilgan natijalar tahliliga tayangan holda **quyidagi xulosaga kelindi**. Magnitli separatsiya metodologiyasi mayda dispersli texnogen chiqindilarni dastlabki boyitishning asosiy mexanizmi sifatida o'z samaradorligini ko'rsatdi. Nam magnetli separatsiyani gravitatsion va flotatsion usullar bilan birgalikda qo'llash natijasida oltin va kumushning konsentratsiyadagi miqdorini oshirish hamda ajratib olish darajasini oltin bo'yicha 4,6 % gacha, kumush bo'yicha esa 3,7 % gacha oshirish mumkin.

## ADABIYOTLAR

1. Шукуров.Н.Э. Разработка технологии извлечения золота и других ценных компонентов из техногенных отходов горнодобывающих предприятий на основе использования магнитной суспензии. Отчет.–Ташкент, 2025.– 111 с.
2. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья. Горный вестник Узбекистана, №4 (43), 2010 г. 7-11 с.
3. Санакулов К.С. Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья. Международной научно – практической конференции «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК», 2019, с. 18-21.
4. Shukurov N.E., Mahammatov A.B. Tog'-kon sanoat chiqindilarining atrof-muhitga ta'sirini monitoring qilish (Angren Oltin Boyitish zavodi chiqindilari misolida) // O'zMU xabarlari. -Toshkent, 2025. 3/1/1. -B. 275-278.
5. Шукуров.Н.Э., Туресебеков А.Х., Кодиров О.К. и др. «Минералогическая оценка металлоносности техногенных отходов Новоангреновской, Ангреновской ТЭС и Чадакской золотоизвлекательной фабрики», АН РУз ИГТ, Ташкент 2014.
6. Шукуров Ш.Р., Шукуров Н.Э., Туресебеков А.Х., Жумакулов А.А., Рашидов Н.И.Распределение породообразующих, токсичных и попутных элементов в техногенных отходах в районе техногенного влияния объектов АРУ // Атроф-мухит мухофазаси ва экологик районлаштириш: муаммо ва ечимлар” мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжуман. – Тошкент, 2023. – Б. 435-448.
7. Хурсанов А.Х., Хасанов А.С. Перспективы развития производства редких металлов в АО «Алмалыкский ГМК». Международной научно –практической конференции «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК», 2019, с. 94-96.
8. Туресебеков А.Х., Шарипов Х.Т., Алаберганов Р.Д., Зунунов А.Ч. Техногенные отходы новый тип минерально-сырьевых ресурсов Алмалыкского горно – металлургического комбината. Международной научно – практической

конференции «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК», 2019, с. 43-45.

9. Хахимов К.Ж. и др. Техногенные отходы – перспективное сырье для металлургии узбекистана в оценке отвальных хвостов фильтрации медно-молибденовых руд. *Universum: Технические науки*. 2020. № 12(81), URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11107>
10. Рахмонкулова Ш.Ш., Шукуров Н.Э., Мусаев А.М., Шукуров Ш.Р., Сайитов С.С. Минералого-геохимическая и технологическая оценка перспектив утилизации золошлаковых отходов Ангренской и Новоангренской ТЭС, как нового техногенного месторождения железа и редких металлов. Материалы конференции «Современные проблемы связи геодиманики, магматизма и оруденения», Ташкент, 2012. 291-296 с.
11. Дунин-Барковская Э.А. Изучение химического состава и формы нахождения химических элементов в отвальных хвостах Ангренской золотоизвлекательной фабрики с целью создания основы для технологии их переработки. Отчет. –Ташкент, 2008. – 134 с.
12. Бакшеева И.И. Разработка физико-химических способов подготовки минерального сырья к обогащению. Дис.канд. техн. наук. —Красноярск, 2014. 168 с.