

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**МАХМАРЕЖАБОВ ДИЛМУРОД БАХТИЯРОВИЧ**

**ҚИЙИН БОЙИТИЛУВЧИ ОЛТИНЛИ РУДАЛАРНИ БОЙИТИШ ВА  
ГИДРОМЕТАЛЛУРГИК УСУЛЛАРНИ БИРГАЛИКДА ҚЎЛЛАБ  
ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Махмарежабов Дилмурод Бахтиярович**

Қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитиш ва гидрометаллургик  
усулларни биргаликда қўллаб қайта ишлаш технологиясини ишлаб  
чиқиш.....3

**Махмарежабов Дилмурод Бахтиярович**

Разработка технологии переработки упорных золотосодержащих руд  
совместным применением методов обогащения и гидрометаллургии.....21

**Makhmarezhabov Dilmurod Bakhtiyarovich**

Processing of technology persistent gold-bearing ores by methods enrichment  
and hydrometallurgy.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**МАХМАРЕЖАБОВ ДИЛМУРОД БАХТИЯРОВИЧ**

**ҚИЙИН БОЙИТИЛУВЧИ ОЛТИНЛИ РУДАЛАРНИ БОЙИТИШ ВА  
ГИДРОМЕТАЛЛУРГИК УСУЛЛАРНИ БИРГАЛИКДА ҚЎЛЛАБ  
ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/T1761 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.ndki.uz](http://www.ndki.uz)) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:** **Худояров Сулейман Рашидович**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Расмий оппонентлар:** **Мухиддинов Баходир Фахриддинович**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Тошқодирова Рано Эркинжоновна**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Етакчи ташкилот:** **«Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ**


Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/04.06.2021.T.06.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил 12 январ соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Навоий давлат кончилик институтининг мажлислар зали. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; (e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz)).


Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (81 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй, Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

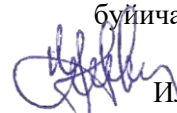
Диссертация автореферати 2021 йил 30 декабр куни тарқатилди.

(2021 йил 30 декабрдаги 3 рақамли реестр баённомаси)



  
**Қ.С.Санакулов**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

  
**О.У.Фузайлов**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш илмий котиби, техника фанлари  
бўйича фалсафа доктори (PhD)

  
**Н.А.Донияров**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., доцент

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳондаги давлатлар орасида қимматбаҳо метал ишлаб чиқариш бўйича Ўзбекистон етакчи давлатлардан бири ҳисобланади. Ишлаб чиқаришнинг ўсиши билан бирга бой ва осон бойитилувчи олтинли рудаларнинг захиралари камайиши ишлаб чиқариш учун бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни жалб қилинишига имкон беради. Ҳозирги кунда қимматбаҳо метал сақловчи рудаларнинг қидириб топилган захираларидан олинган руда таркибида олтин миқдорининг анча камлиги, майин хол холлиги, олтин зарраларининг структуравий нотекис тақсимланганлиги, бойитишда ишлатиладиган реагентларнинг чет давлатларидан сотиб олиниши, уларни бойитишда руда таркибида маргимуш ва сурманинг мавжудлиги олинадиган бойитма сифатини пасайтиради ва таннархини ошириши алоҳида аҳамият касб этади.

Дунёда олтинли рудаларни бойитиш ва металлургик қайта ишлашнинг технологик схемаларини такомиллаштириш, янги камхарж технологик ва техник ечимларни ишлаб чиқиш йўли билан бойитиш ва металлургик қайта ишлаш самарадорлигини ошириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада қийин бойитилувчи олтинли рудаларни қайта ишлаш самарадорлигини ошириш масалаларини ҳал этишда катта муваффақиятларга эришилганига қарамай, реагентларни фаоллаштириш ҳамда маҳаллий саноат корхоналаридан олинадиган реагентларни қўллаб, бойитиш ва гидрометаллургик усуллари бир технологик схемада бирлаштирувчи комплекс технологияларни яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда мавжуд конларнинг рудаларини бойитишда анъанавий ва янги маҳаллий реагентларни қўллаб бойитиш схемаларини ишлаб чиқиш бўйича қўплаб илмий-амалий натижаларга эришилган, аммо бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни бойитиш ва қайта ишлашнинг турли усуллари ишлаб чиқиш, бойитиш фабрикаларида бойитиш самарадорлигини ошириш йўллари излаб топиш, бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни анъанавий реагентлар ёрдамида қайта ишлаш технологиялари бўйича инновацион технологияларни жорий этиш бўйича илғор илмий чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг фармонида<sup>1</sup> «ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш, принципал жиҳатдан янги технология турларини ўзлаштириш, энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш...» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни қайта ишлашнинг маҳаллий саноат чиқиндиларидан синтез қилинган реагентлар қўлланиши мумкин бўлган технологик схемаларни ишлаб чиқиш ва қимматбаҳо металл сақловчи

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисида Фармони.

рудаларини қайта ишлашга қаратилган тадқиқотлар катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги ва 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «Ишлаб чиқаришни структуравий қайта тузиш, модернизациялаш ва диверсификациялашни таъминлаш бўйича 2015-2019 йилларга мўлжалланган чора-тадбирлар дастури» тўғрисидаги Фармонлари ва 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Республика илм-фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиясини ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хомашёларни қайта ишлаш)» нинг устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё амалиётида бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни бойитишда технологик схемаларни яратиш ва уларнинг хоссаларини ўрганиш бўйича олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари дунёнинг бир қатор олимлари, жумладан Зеленов В.И., Масленицкий И.Н., Чугаев Л.В., Агеенков В.Г., Ласкорин Б.Н., Чантурия В.А., Седельникова Г.В., Бергер Г.С., Шадрунова И.В., Матвеева Т.Н., Черняк А.С., Скобеев И.К., Лодейщиков В.В., Войлошников Г.И., Воробьев А.Е., Breed F.W., Tomkins A.G., Исабаев С.М., Митрофанов С.И., Мязин В.П. ҳамда Республикамиздаги бир қатор олимлар Санақулов Қ.С., Абдурахмонов С.А., Ахмедов Х., Ҳасанов А.С., Хабиров В.В., Эргашев У.А. ва бошқаларнинг ушбу соҳада олиб борган ишларида кўриб чиқилган. Бу тадқиқот ишларида қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитишда ишлатиладиган анъанавий реагент (асосан тўпловчи) ўрнини босувчи маҳаллий реагентлар билан алмаштириш, фаоллаштиришнинг муқобил усуллари ҳамда бойитиш ва металлургик усулларини бир технологик схемада бирлаштириш технологияларини такомиллаштириш имкониятлари етарли даражада ўрганилмаган.

Ўзбекистон Республикаси конларидаги мавжуд, қийин бойитилувчи олтинли рудаларнинг моддий таркибида маргимуш, сурма ва бошқа зарарли элементлар, сульфидли минералларининг мавжудлиги билан бир-биридан фарқ қилади.

Осон цианланувчи оксидли олтин конларининг борган сари камайиб бораётгани туфайли сульфидли ва камбағал олтинли рудаларни бойитиш ва қайта ишлашга жалб қилиш, ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш учун ечими тадқиқ қилинаётган муаммо бўлиб бормоқда. Рудаларни бойитишни ва гидрометаллургик жараёнларни биргаликда қўлловчи технологияни ишлаб

чиқишни чуқурроқ комплекс таҳлил ўтказиш бўйича имкониятлар етарли даражада ўрганилмаган. Мазкур ишда валюта ҳисобига импорт қилинадиган флотацион реагентлар сарфини камайтириш мақсадида уларнинг бир қисмини маҳаллий ишлаб чиқариш корхоналарининг саноат чиқиндиларидан синтез қилиб олинган реагентларга алмаштириш, сарфланадиган харажатларни қисқартиришга ҳамда қимматбаҳо метал ишлаб чиқариш тан нархини арзонлаштиришга имкон беради.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №7/15 «Ўзбекистон Республикасининг қидириб топилаётган конлар рудаларини бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш» ва №8/15 «Қизилқум қийин бойитилувчи рудаларини маҳаллий реагентларни қўллаб қайта ишлашнинг рационал технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитишда бойитиш ва гидрометаллургик усулларни бир технологик схемада бирлаштириб қўллаш технологияларини ишлаб чиқиш, бойитиш жараёнида ишлатиладиган анъанавий реагентларни фаоллигини ошириш ва миқдорини қисман маҳаллий саноат корхоналаридан олинадиган реагентларга алмаштиришдан иборат.

#### **Тадқиқот вазифалари:**

қийин бойитилувчи олтинли рудаларнинг хусусиятлари ва моддий таркибининг ўрганиш ҳамда бойитишнинг технологик схемаларини таҳлил қилиш;

намуналарнинг технологик таснифини ўрганиш орқали қийин бойитилувчи олтинли рудаларнинг бойитилувчанлигини ўрганиш йўли билан тадқиқотлар методикасини ишлаб чиқиш;

қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитиш жараёнида олинган гравитацион ва флотацион бойитмаларни ҳамда бойитиш чиқиндиларини цианлаш ва сорбциялаш усулида қайта ишлаш;

қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитиш усулларини қўллаб, амалдаги реагент (тўпловчи) ўрнини босувчи реагентларни қўллаб бойитишнинг технологик схемаларини солиштириш ва уларни такомиллаштириш;

тадқиқот натижалари асосида бойитиш ва гидрометаллургик усулларини биргаликда қўллаган ҳолдаги техник-иқтисодий самара берадиган кўрсаткичларни аниқлаш ва қийин бойитилувчи олтинли рудаларни қайта ишлашнинг самарали технологик схемасини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида қийин бойитилувчи сульфидли олтин рудалари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** – қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитишда ишлатиладиган анъанавий реагентлар фаоллигини ошириш ва миқдорини қисман камайтириш учун унинг ўрнини босувчи

Республикамиздаги саноат корхоналари чиқиндиларидан олинадиган маҳаллий реагентларни аниқлаш ва бойитиш усулларини биргаликда қўллаб қайта ишлашнинг технологик схемасини ишлаб чиқишни ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни қайта ишлаш амалиётини умумлаштирувчи замонавий назарий ва экспериментал, статик ва аналитик усулларни қўллаб, назарий ўрганишлар, лаборатория тадқиқотлари, ярим саноат миқёсида тажрибалар ўтказиш, ишлаб чиқилган услубларни саноат корхоналаридаги ишлаб-чиқариш жараёнида текшириб кўриш, таҳлилларнинг спектрал, кимёвий, рационал, гранулометрик, минералогик, фазавий ва бошқа усулларида олинган натижаларни солиштириш ва аналитик ишлов бериш усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қўйидагилардан иборат:

«Навоийазот» АЖ корхонаси чиқиндисининг моддий таркиби ҳамда ундан олинган акрил кислотаси ва полиакриламиднинг сувда эрувчи сополимери СД-1 реагентини бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни флотация усулида бойитишда маҳаллий реагент сифатида қўллаш мумкинлиги аниқланган;

қийин бойитилувчи олтинли рудаларни дастлаб гравитация усулида бойитилиб, сўнгра гравитация чиқиндиларини флотация усулида бойитиш натижасида олтин ва кумушнинг ажралиши бўйича юқори кўрсаткичларга эришилган, шунингдек тўпловчи реагент сарфининг қисман қисқариши аниқланган;

ксантогенатнинг ( $\text{ROCS}_2\text{Me}$ ) қисман диксантогенатга ( $(\text{ROCSS})_2$ ) ўтиши ва натижада бойитилиши қийин бўлган олтинли рудаларни бойитишда бойитилувчанлик самарадорлигининг ортиши исботланган;

флотация жараёнида янги маҳаллий тўпловчи реагент СД-1 ни анъанавий реагент БКК билан биргаликда қўллаш натижасида БККнинг сарфини 50% га қисқариши аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қўйидагилардан иборат:

«Ауминзо-Амантой» конларидан олинган руда намуналарининг минералогик таркиби ва технологик хоссалари (физикавий ва кимёвий хоссалари, гранулометрик таркиби) аниқланган;

«Ауминзо-Амантой» конларидан олинган технологик намуналар учун бойитиш усуллари танланди ва рудаларни бойитувчанлигини ўрганиш услуги ишлаб чиқилган;

қийин бойитилувчи олтинли рудаларни дастлабки гравитация усулида бойитиш натижасида ажралган гравиочиқиндини флотациялаш, олинган флотобойитмани куйдиргандан сўнг цианли эритмада эритиш ва эритмадан олтин цианли бирикмани ион алмашинувчи смолада сорбциялаш услублари ишлаб чиқилган;

«Ауминзо-Амантой» конлари қийин бойитилувчи олтинли рудаларини комплекс қайта ишлашнинг самарали технологик схемаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** аниқ қўйилган вазифа асосида олинган, тадқиқот натижалари лаборатория ва яримсаноат миқёсида



ўтказилган тадқиқотларнинг ҳажми, қийин бойитилувчи олтинли рудаларни маҳаллий саноат корхоналари чиқиндиларини синтез қилинган реагентларини тўғридан-тўғри ёки электрохимёвий фаоллаштирган ҳолда қўллаб, бойитиш ва металлургик усулларни биргаликда қўллаб қайта ишлашнинг технологик схемасини таққослаш орқали керакли натижалар олинган ва исботланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти «Ауминзо-Амантой» конлари қийин бойитилувчи олтинли рудаларининг моддий таркибини ўрганиш ва уларни маҳаллий саноат корхоналари чиқиндиларидан синтез қилинган янги реагентларни қўллаб қайта ишлашнинг технологик схемасини илмий асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти руда технологик намунасининг моддий таркибини турли усуллар билан батафсил ўрганиш, олтин ва кумушга таҳлиллар ўтказиш ҳамда саноат корхоналари чиқиндиларидан олинган реагентлардан фойдаланиб, уларни электрохимёвий фаоллаштирган ҳолда, қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитишнинг усулларини биргаликда қўллаб қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитиш ва гидрометаллургик усулларни қўллаб қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

анъанавий реагент БКК электрохимёвий усулда фаоллаштирилиб, «Ауминзо-Амантой» конининг Шимолий ва Марказий участкалари руда намуналарининг аралашмасини флотация усули «Минерал ресурслар институти» давлат муассасида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитасининг 2021 йил 29 апрелдаги 14-25-сон маълумотномаси). Натижада, олтиннинг флотобойитмага ажралиш кўрсаткичи анъанавий реагентлардан фойдаланилганда олинган кўрсаткичдан  $0,7 \div 2,8\%$  гача ошиш имконини берган;

ишлаб чиқилган технологик схема бўйича «Ауминзо-Амантой» конининг Шимолий ва Марказий участкалари руда намуналарининг аралашмасини гравитация усулида бойитиш «Минерал ресурслар институти» давлат муассасида амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитасининг 2021 йил 29 апрелдаги 14-25-сон маълумотномаси). Натижада, гравитация усулини қўллаш, олтин ва кумушнинг гравобойитмага ажралишини  $80,09\%$  ва  $67,50\%$  га етказишга имкони берган.

тавсия қилинган технология бўйича «Ауминзо-Амантой» конининг Шимолий ва Марказий участкалари руда намуналарининг аралашмасини гравитация ёрдамида бойитиш чиқиндиларини флотация орқали бойитишда анъанавий реагент БКК эритмасини электрохимёвий фаоллаштириш усули «Минерал ресурслар институти» давлат муассасида амалиётга жорий этилган

(Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар кўмитасининг 2021 йил 29 апрелдаги 14-25-сон маълумотномаси). Натижада, электрохимий фаоллаштирилган реагентни қўллаш олтин ва кумушнинг бойитмаларга умумий ажралишини тегишли равишда 91,8-94,2% ва 81,3-85,92% га эришиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқотнинг натижалари 3 та республика ва 4 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий ишлар, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 4 та, Республика нашрларида 3 та ва хорижий журналларда 1 та мақола нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 105 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланилиши, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг «**Қийин бойитилувчи олтинли рудаларни қайта ишлашнинг замонавий технологияларининг таҳлили ва такомиллаштириш имкониятлари**» деб номланган биринчи бобда қийин бойитилувчи олтинли рудаларнинг классификацион таҳлиллар натижасида рудаларнинг моддий таркибини ўрганиш ва улардан қимматбаҳо компонентларни ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқишда қийинчиликлар туғдириши аниқланган, ҳамда қийин бойитилувчи олтинли рудаларни қайта ишлашнинг ўзига хос хусусиятлари таҳлил қилинганда қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитиш ва гидрометаллургик усуллари биргаликда қўллаш имкониятлари ўрганилган.

Амалга оширилган ва чоп этилган илмий ишлар шуни кўрсатадики, баъзи фабрикаларда олтинни ажратиш жараёни флотация технологиялари билан чегараланган. Қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитиш жараёнида фақат флотация усулини қўллашда ишлатиладиган реагентлар сарфининг ортиши ва рудадан олтиннинг ажралиши пастлиги каби камчиликлар аниқланган.

Жаҳоннинг турли-туман бойитиш фабрикаларида олтинли рудаларни флотациялашда тўпловчи реагентларни биргаликда қўллаш амалиёти якка тартибда ишлатиладиган тўпловчи реагентларга нисбатан руда хусусиятларининг хилма-хиллиги боис, олтиннинг ажралишининг ортиш имкониятлари мавжудлиги ўрганилган.

Республикамиздаги бойитиш фабрикаларида асосан тўпловчи реагентлар сифатида калийнинг бутил ксантогенати (БКК) қўлланиши ўрганилиб чиқиш натижаларига кўра асосан тўпловчи реагентларни флотациялаш амалиётларида уларнинг таъсирлашиш имкониятларидан тўлиқ фойдаланилмаслиги аниқланди. Шунинг учун флотациялаш амалиётида тўпловчи реагентларни биргаликда қўллаш мумкин бўлган реагентларни излаш ва қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш асосида тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари аниқланади.

Диссертациянинг «**Қийин бойитилувчи олтинли рудаларининг хусусиятлари ва уларнинг моддий таркибини ўрганиш**» деб номланган иккинчи бобида руданинг моддий таркибини ўрганиш учун намуналар ажратилган, ҳамда қуйидаги таҳлиллар ўтказилган: спектрал, кимёвий, рационал ва минералогик. Кимёвий таҳлил натижалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвалда келтирилган маълумотларга кўра руда таркибидаги қимматбаҳо компонент олтин ва кумуш ҳисобланиб, уларнинг миқдори тегишли равишда 6,7 ва 3,04 г/т ни ташкил этади. Олиб борилган таҳлиллар асосида олтинли руданинг асосий боғловчиси пирит ва арсенопирит ҳисобланади. Пирит ва арсенопиритнинг ўртача намунадаги миқдори ~17,8 ва ~0,5% ни ташкил этган.

1-жадвал

Руда ўртача намунасининг кимёвий таҳлили натижалари

Компонентлар	Миқдори, %	Компонентлар	Миқдори, %
SiO <sub>2</sub>	43,0	S <sub>сульфид</sub>	9,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,0	SO <sub>3</sub>	1,07
FeO	1,98	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16
TiO <sub>2</sub>	0,71	CO <sub>2</sub>	3,52
MnO	0,04	-H <sub>2</sub> O	0,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,21	п.п.п.	10,37
CaO	2,32	Au, г/т	6,7
MgO	2,43	Ag, г/т	3,04
Na <sub>2</sub> O	0,44	Pt, г/т	0,065
K <sub>2</sub> O	2,89	Pd, г/т	0,12
S <sub>умумий</sub>	9,99	As	0,21

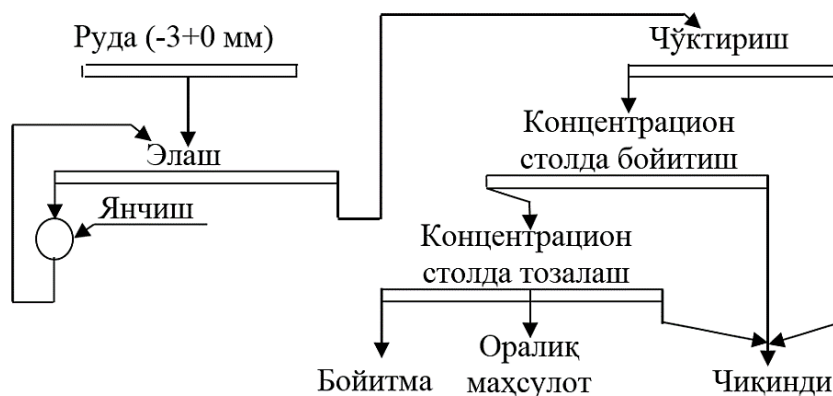
Пирит кўпинча катаклазирланган. Катаклаз жараёнининг пайдо бўлиши минералда олтин зарраларининг тақсимланишида катта аҳамиятга эга. Олтин зарраларининг микронли ўлчами ва уларни пирит ва арсенопирит билан

боғланганлиги олтинни алоҳида бойитмага ажралишига тўсқинлик қилиши аниқланган.

Намунадаги асосий норуда минераллар кварц, серицит, дала шпати, карбонатлар, хлоридлар ва каолинит ҳисобланади.

Диссертациянинг «Қийин бойитилувчи олтинли рудаларнинг бойитилувчанлигини тадқиқ қилиш» деб номланган учинчи бобида «Ауминзо-Амантой» кони Шимолий ва Марказий участкаларининг қийин бойитилувчи олтинли рудасини гравитация ва флотация усулларида бойитиш ҳамда флотация усулида бойитишда ишлатиладиган тўпловчи реагентларни электрокимёвий фаоллаштириш методикаси ишлаб чиқишга бағишланган, шунингдек анъанавий реагент БКК ҳамда ўрганилаётган СД-1 реагенти иштирокида уларни биргаликда қўллаш орқали флотация тажрибалари ўтказилган.

Рудани гравитация усулида бойитиш олтин зарраларини ва сульфидлар билан боғланган олтинни рудадан бойитмага ажратиш учун ўтказилган. Шу мақсадда чўктириш машиналари ва концентрацион столлардан фойдаланилган. Тажрибалар 1-расмда келтирилган схема бўйича олиб борилган.



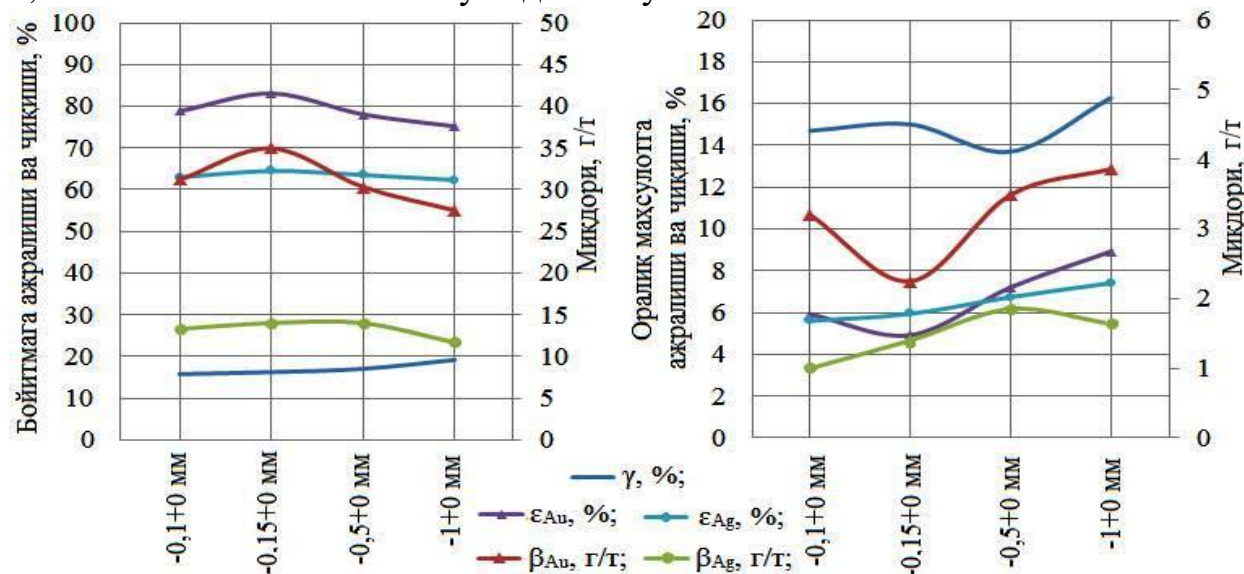
**1-расм. Руда намунасини гравитацион бойитишнинг технологик схемаси**

Чўктириш руданинг 3-0 мм йириклигида чўктириш машиналарида ўтказилган. Чўктиришнинг оғир фракцияси керакли йирикликкача қайта янчилган. Тажрибаларда маҳсулотнинг йириклиги олтиннинг максимал ажралиши ва унинг бойитмадаги миқдорини сақлаш мақсадида 1-0,1 мм оралиғида ушлаб турилган. Тажрибаларни олиб боришда 5 кг рудадан фойдаланилган.

Чўктириш машинасининг ишлаш тартиби: пўлат шардан иборат ўриндикнинг қалинлиги 3-4 мм дан 30 мм гача, тебранишлар амплитудаси – 5,5 мм, тебранишлар частотаси – 500 марта/мин, сув босимининг сарфи – 5 л/мин, дастлабки маҳсулот билан кирадиган сув сарфи – 3 л/мин ва панжара тешикларининг ўлчами – 2 мм.

Юувчи сувнинг сарфи маҳсулотнинг йириклиги ва юзанинг қиялик бурчагига боғлиқ ҳолда бир нечта тажрибалар ўтказиб белгиланган.

Концентрацион столнинг ишлаш тартиби: тебранишлар частотаси – 107 ай/мин; стол юзасининг қиялик бурчаги – 20 мм/м; ювувчи сувнинг сарфи – 4,65 л/мин ва столга келиб тушадиган бўтананинг зичлиги 20-25%.



2-расм. Турли ўлчамлардаги рудани концентрацион столда бойитиш

Концентрацион столда -0,15+0 мм ўлчамли рудани бойитишда олинган натижалар 2- расм ва 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

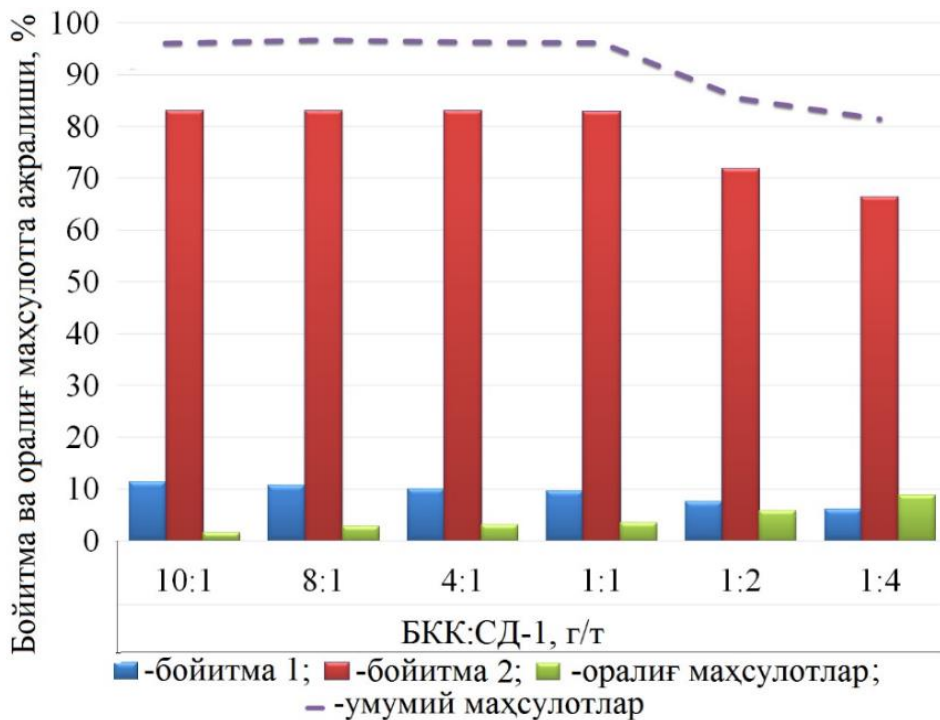
«Ауминзо-Амантой» конлари олтинли руда намунасини концентрацион столда бойитиш натижалари

Бойитиш маҳсулотлари	Чиқиш, %	Микдори, г/т		Ажралиши, %		Йириклиги, мм
		Au	Ag	Au	Ag	
Гравибойитма	6,28	90,63	36,36	83,09	64,5	-0,15+0
Оралик маҳсулот	15	2,25	1,40	4,92	5,94	
Гравиочиқинди	78,72	1,04	1,33	11,99	29,56	
Руда	100	6,85	3,54	100	100	

2-жадвалда келтирилган маълумотларга кўра, «Ауминзо-Амантой» конлари олтинли руда намунасини гравитация усулида бойитишда олтиннинг каттагина микдори гравибойитмага ажралиши аниқланди. Бунда олтиннинг гравибойитмага ажралиши 83,09% ни кумушниги 64,5% ни ташкил этди. Бойитмадаги олтиннинг микдори 90,63 г/т.

Рудани ва уни гравитация усулида бойитиш жараёнларида ҳосил бўладиган чиқиндиларни янги маҳаллий реагентлар билан флотациялаш тажрибаларини ўтказиш жараёни қўйидаги тартиб бўйича, яъни янчиш йириклиги 80-85% -0,074 мм ҳамда фаоллаштирувчи ва муҳит соловчиларининг ўртача сарфида олиб борилди. Асосий эътибор тўпловчи реагентлар сифатида қўлланилиши мўлжалланаётган янги маҳаллий реагент – СД-1 ва анъанавий реагент калийнинг бутил ксантогенати (БКК) га қаратилди. Кўпик ҳосил қилувчи сифатида асосан республикамиз бойитиш фабрикаларида қўлланилувчи Т-80 (оксаль) ишлатилди. Ундан ташқари

Минерал ресурслар илмий текшириш институти ДК да синтез қилинган реагентларни биргаликда қўллаб, флотация жараёнида синаб кўрилди (3-расм).



**3-расм. Рудани флотациялаш жараёнида тўпловчи реагентларни биргаликдаги сарфининг нисбат гистограммаси**

Олиб борилган тажрибалар асосида руданинг ҳар қайси намунаси учун флотациянинг оптимал тартиби ишлаб чиқилди ва улар 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

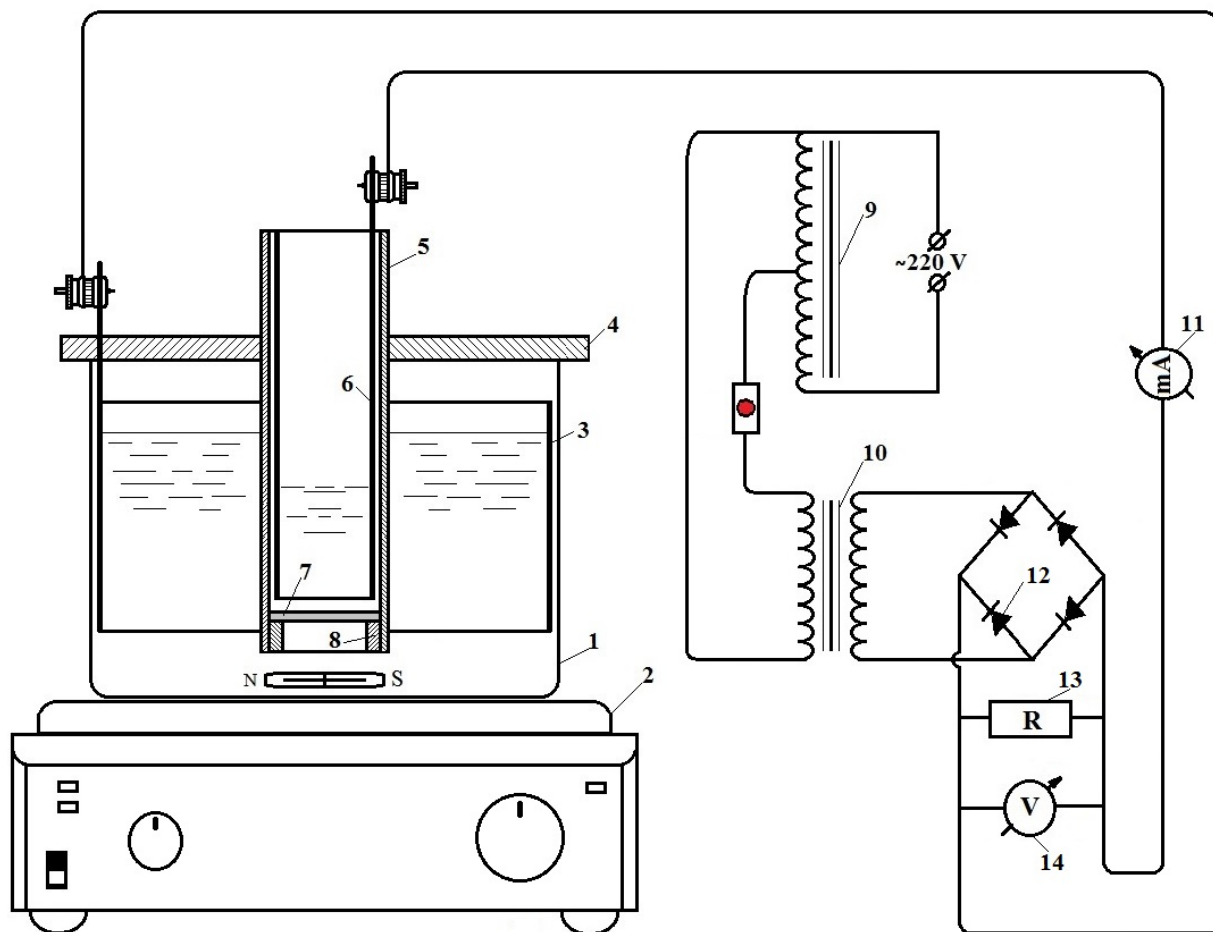
**Олтинли руда намуналарининг анъанавий ва маҳаллий реагентлар иштирокидаги флотациялаш тажрибалари натижалари**

Маҳсулотлар номи	Чиқиш, %	Микдори, г/т		Ажралиши, %		Реагентлар сарфи, асосий ва назорат флотацияга, г/т
		Au	Ag	Au	Ag	
Бойитма 1	10,19	6,26	2,07	9,66	7,82	Сода-1000+500+250
Бойитма 2	20,30	26,96	8,93	82,93	67,17	Урчуқ мойи -40
Оралиқ маҳ-т 1	2,77	5,22	2,18	2,19	2,23	CuSO <sub>4</sub> -300+100+50
Оралиқ маҳ-т 2	3,86	2,36	0,98	1,38	1,41	БКК-75+50+20
Чиқинди	62,88	0,40	0,92	3,84	21,36	СД-1 – 5+2+1
Руда	100	6,60	2,70	100	100	T-80 - 20+80+40+20

Ўрганилаётган кон рудасининг гравитация чиқиндиларини флотациялашда худди дастлабки рудани флотациялашдаги каби реагентлар сарфи самарали эканлиги аниқланди.

Флотация жараёнини бойитиш корхоналарида кенг қўламда ишлатишни, қиммат турувчи реагентлар сарфини қисқартириш, уларни нисбатан арзон маҳаллий реагентларга алмаштириш, қўлланилаётган реагентларнинг самарадорлигини ошириш мақсадида реагентларга электрокимёвий ишлов

бериш борасида тадқиқотлар олиб борилди. Тадқиқотлар ўтказиш учун электрохимёвий ячейка, магнитли аралаштиргич ва электр токини бошқариш манбаидан иборат махсус мослама яратилди (4-расм).



- 1-шиша кристаллизатор; 2-магнитли аралаштиргич; 3-ишчи электрод;  
 4-қопқоқ; 5-чекловчи стакан; 6-ёрдамчи электрод; 7-фильтрловчи қоғоз;  
 8-қисқичли ҳалқа; 9-лаборатория автотрансформатори;  
 10-пасайтирувчи трансформатор; 11-миллиамперметр;  
 12-диодлар; 13-қаршилик; 14-вольтметр.

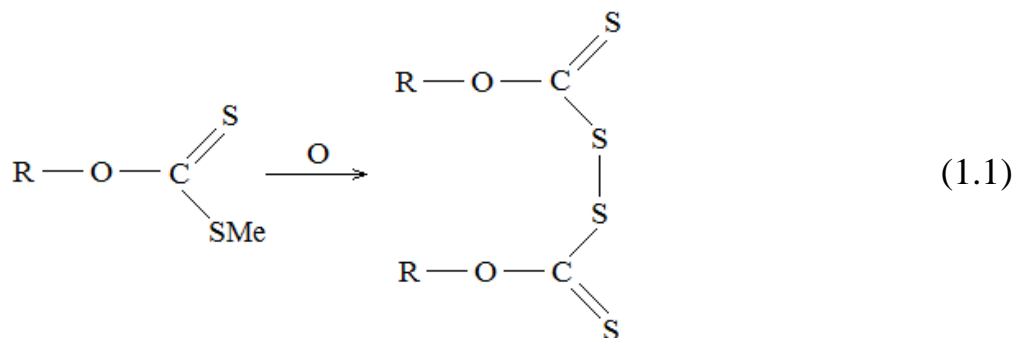
**4-расм. Реагентлар эритмасига электрохимёвий ишлов бериш мосламасининг принципиал схемаси**

Электрохимёвий ячейка 500 мл ли шиша кристаллизатордан иборат бўлиб, кристаллизаторнинг ички периметри бўйлаб қалинлиги 0,5-0,8 мм ли зангламайдиган пўлат листдан тайёрланган цилиндрик ишчи электрод ётқизилган. Кристаллизатор юқоридан думалоқ ойнасимон қопқоқ билан ёпилиб, унинг марказига пастки қисми очиқ ойнасимон чекловчи стакан ўрнатилган. Бу стаканнинг пастки қисмига фильтрловчи қоғоздан доира қўйилиб, қисқич билан қисиб қўйилади. Чекловчи стакан ичига 0,5-0,8 мм ли зангламайдиган пўлат листдан тайёрланган ёрдамчи электрод ўрнатилади. Ўрганилаётган реагент эритмаси ячейкага шундай тартибда қўйиладики, кристаллизатордаги сатҳ чекловчи стакандагидан бирмунча юқорироқ ўрнатилган. Сатҳлардаги фарқ реагент эритмаларининг электр оксидлаш маҳсулотлари электр қайтарилиш маҳсулотлари билан таъсирлашмаслиги

учун яратилди. Бутун эскперимент давомида кристаллизатордан чекловчи стаканга эритманинг секин куйилиши содир бўлади.

Магнитли аралаштиргич электрохимёвий ишлов бериш давомида эритмаларни бир текис берилишини таъминлаш ва асосий электрод юзасида реакция маҳсулотларини ўрнашиб қолишининг олдини олиш учун қўлланилди.

Электр токи таъсирида электрод юзасида аполяр органик моддаларнинг майин дисперсланиши содир бўлади. Бунга типик мисол тариқасида ксантогенат эритмаларининг электрохимёвий оксидланиши натижасида анодда аполяр диксантогенид ҳосил бўлиши ҳисобланади:



Дастлабки ксантогенат эритмасининг концентрацияси ва электродларга берилаётган кучланиш миқдорининг ортиши билан диксантогениднинг чиқиши ортиши аниқланган. Ксантогенат эритмасининг электр оксидланиш вақти диксантогениднинг чиқишига катта таъсир этади.

«Ауминзо-Амантой» конлари рудасини флотациялашда эса БКК реагентининг аралашмасига 20 минут давомида ишлов берилган. Флотация тажрибалари очик циклда олиб борилган ҳамда олинган маълумотларга кўра тўпловчи реагент БКК эритмасини электрохимёвий ишлов бериб ҳамда СД-1 реагенти билан биргаликда қўллаш ўрганилаётган рудалардан олтин ажралишининг ортишига имкон берган. «Ауминзо-Амантой» конлари рудасидан олтиннинг бойитмага ажралиши очик циклда 82,79 дан 85,72% гача ортган. Гравитация чиқиндиларида эса бу сонлар тегишли равишда 81,8 дан 82,5% ни ташкил этган.

Олинган маълумотларга кўра ксантогенат эритмаларини электрохимёвий ишлов бериб қўллаш истиқболли деб ҳисобласа бўлади.

Диссертациянинг «**Қийин бойитилувчи олтинли рудалари ва уларни бойитиш маҳсулотларини гидрометаллургик қайта ишлаш имкониятларини ўрганиш**» деб номланган тўртинчи бобида руда ва бойитиш маҳсулотларини цианлаш жараёнини қўллаб олтинни ажратиш ўрганилган.

Цианлаш жараёни ҳажми 0,75 дм<sup>3</sup> ли махсус кимёвий шиша идишда бўтанани механик, пневматик аралаштириш орқали амалга оширилди. 50-200 г маҳсулот идишга жойлаштирилади, устига ҳимояловчи ишқорнинг керакли миқдори солиниб, натрий цианиднинг сувдаги эритмаси қуйилади. Жараёни назорат қилиш бўтананинг суюқ фазасидаги натрий цианид ва ҳимояловчи ишқорнинг концентрациясини аниқлаш орқали амалга оширилган. Цианлашнинг оптимал шароитларини танлаш учун цианли эритма



концентрациясига цианлаш вақти, янчиш даражасининг таъсири каби параметрлар ўрганилди. Цианлашнинг дастлабки хомашё ва охириги маҳсулотларидаги кек-каттиқ қолдиқдаги нодир металлларнинг миқдори атом-абсорбцион спектрометр ёрдамида кимёвий усулда аниқланган.

Оптималь тартибда рудани цианлаш тажрибалар натижасига кўра сульфидли руда намунасида углеродли моддалар ва миснинг эрувчи бирикмаларининг иштироки сабабли, олтин ва кумушнинг сульфидли руда намунасида ажралиш кўрсаткичи 50 % дан ошмаслиги аниқланди ҳамда оксидловчи куйдириш орқали цианлаш, цианли эритма олтин заррачаларининг юзасига етиб бориши ва реакцияга киришиши имкониятларидан фойдаланиб олтинни цианли эритмага 92% гача ўтишига эришилди.

Диссертациянинг «**Олтинли рудаларни қайта ишлашнинг технологик схемасини ишлаб чиқиш**» деб номланган бешинчи бобида «Ауминзо-Амантой» конлари рудасини қайта ишлаш учун ўхшаш намуна бойитилувчи 5-расмда келтирилган схема тавсия қилинади. Руда гравитация усулида бойитилишидан олдин 0,315 мм (45% кл. -0,074 мм) гача янчилиши керак. Ишлаб чиқариш шароитида олтин ва кумушнинг йирик зарраларини ажратиш учун тегирмоннинг қуюлмасига гравитация аппаратларини ўрнатиш зарур. Чўктириш машинасининг оғир фракцияси концентрацион столда тозаланиши керак. Гравитация чиқиндилари 80-85% ли -0,074 мм гача қайта янчилгандан сўнг флотацияланади. Гравитация ва флотация бойитмаларини 6-расмда келтирилган схема бўйича қайта ишлаш тавсия қилинади. Ушбу схема оксидловчи куйдиришни ва олинган кулни қайта янчиш; намунадан мис, рух, никель ва бошқа қўшимчаларни йўқотиш учун кулни сульфат кислотасида танлаб эритишни ўз ичига олади. Сульфат кислотасида танлаб эритишда олинган кек нейтралланади ва нодир металлларни ажратиб олиш учун сорбцион танлаб эритилади.

Куйида руда (гравитация чиқиндилари) ни флотациялаш схемаси асосий бўғимларининг характеристикаси ва реагент тартиби келтирилган:

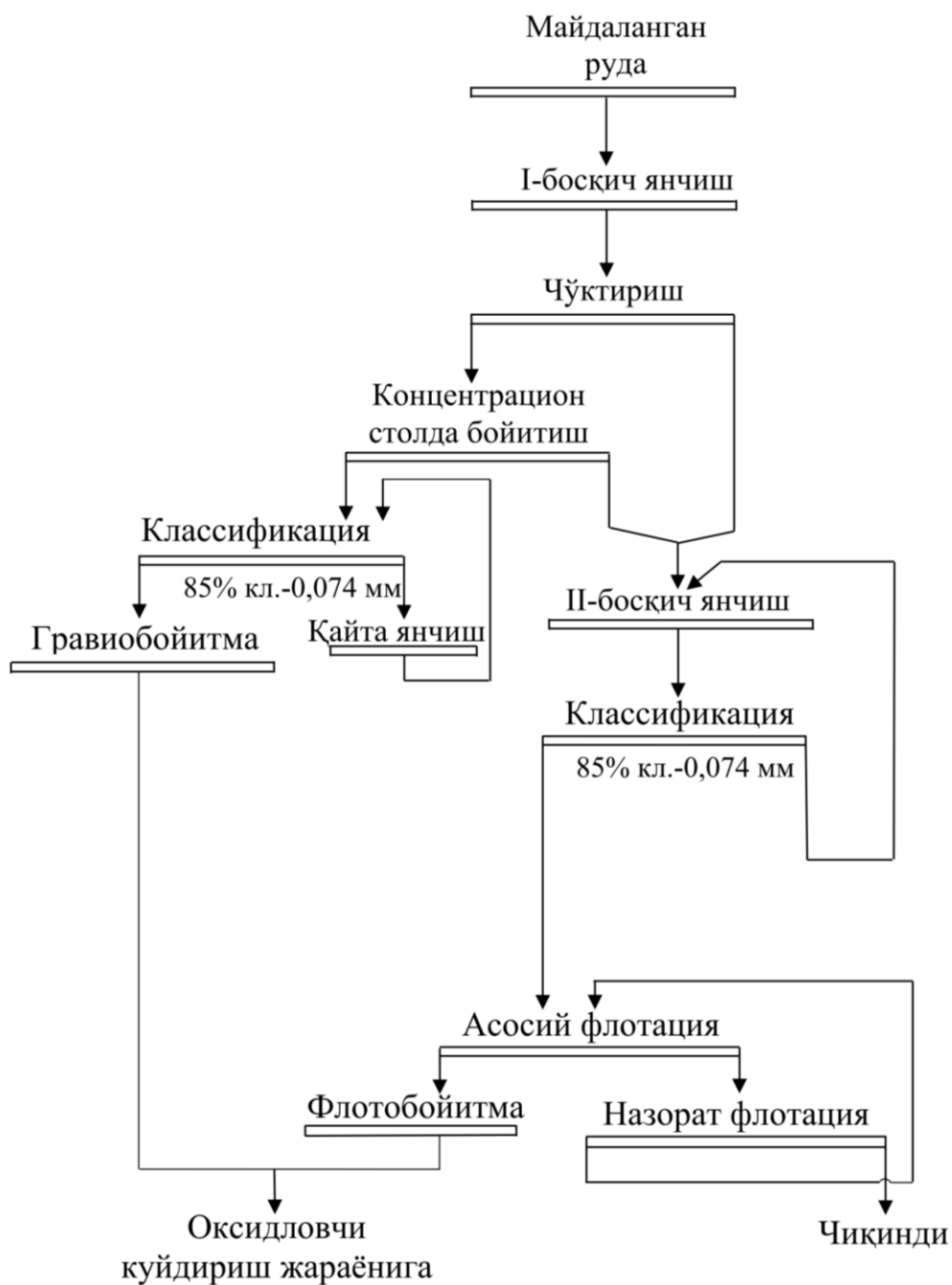
- асосий флотациядан олдин гравитация жараёни чиқиндиларини 85% - 0,074мм ли синфгача янчиш;

- асосий флотация: флотация вақти – 10 мин, бўтананинг зичлиги -28% қаттиқ зарралар, реагентлар сарфи (г/т): сода – 1000, урчуқ мойи - 40,  $\text{CuSO}_4$  – 300, БКК-140 (эритмасининг электрохимёвий фаоллаштирилган ҳолда) ва Т-80 – 80, флотациялашда муҳитнинг рН=8-9;

- назорат флотацияси: флотация вақти – 10 мин, бўтананинг зичлиги 22% қаттиқ зарралар, реагентлар сарфи (г/т):  $\text{CuSO}_4$  – 130, БКК – 60, (эритмасининг электрохимёвий фаоллаштирилган ҳолда), Т-80 – 40;

Олинган бойитмалар зарарли қўшимчаларнинг миқдори бўйича қўйилган талабларга жавоб беради.

Ауминзо-Амантой руда майдони рудасини бойитишнинг тавсия қилинадиган схема бўйича олинган натижалар 4-жадвалда келтирилган.

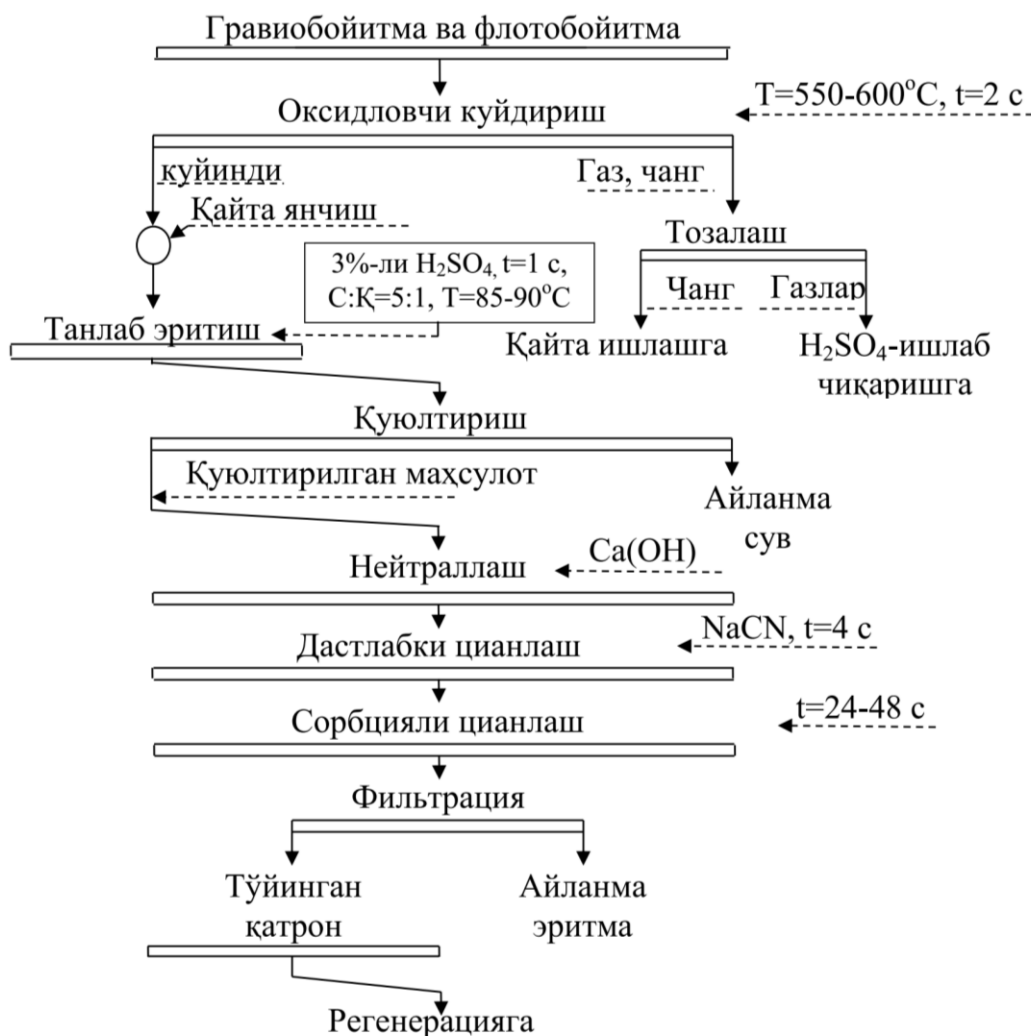


**5-расм. Ауминзо-Амантой руда майдони рудасини бойитишнинг тавсия қилинадиган технологик схемаси**

4-жалвал

Тавсия қилинадиган схема бўйича олинган натижалар

Маҳсулот номи	Чиқиши, %	Микдори, г/т		Ажралиши, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Гравиобойитма	6,28	90,55	34,39	80,09	67,5
Флотобойитма	18,37	5,45	3,21	14,11	18,42
Чиқинди	75,35	0,55	0,60	5,8	14,08
Руда	100	7,1	3,20	100	100



**6-расм. Бойитмани оксидловчи куйдириш ва қайта ишлаш технологик схемаси**

Гравиобойитмани оксидловчи куйдириш ва кейин цианлаш схемаси бўйича олтиннинг ажралиши 90,7%, кумушнинг ажралиши эса 65,7% ни ташкил этди. Худди шу кўрсаткичлар флотобойитма учун 91,4 ва 67,5%. Гравиобойитма кулини сульфат кислотада танлаб эритишдан сўнг цианлашда олтиннинг ажралиши 91,8% га, кумушники эса 71% гача ортди. Флотобойитма кулидан олтин ва кумушники 92,4% ва 72,1% тенг. Цианлаш икки босқичда амалга оширилди: 24 соатдан кейин эритма янгисига алмаштирилди ва цианлаш яна 24 соат NaCN нинг 0,15% ли концентрациясида бўтана ҳажмининг 5% микдорида смола иштирокида цианлаш давом эттирилади. Тавсия қилинаётган схема бўйича олтиннинг умумий ажралиши 91,82% ни, кумушники эса 69,47% ни ташкил этди.

## ХУЛОСА

«Қийин бойитилувчи олтинли рудаларни бойитиш ва гидрометаллургик усулларни биргаликда қўллаб қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация бўйича ўтказилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Қийин бойитилувчи олтинли рудалар моддий таркибини ўрганиш орқали руда таркибида асосан хол-холли сульфидлардаги минераллар билан ассоцияланган майин олтин мавжудлиги аниқланади.

2. Руда таркибидаги сульфидли заррачаларни дастлаб гравитация усулида ажратиб олиш сўнгра гравитация чиқиндиларини флотация усулида бойитишда олтин ва кумушнинг ажралиши ( $\gamma=24,65\%$  да  $\varepsilon_{Au}=91,8\%$  ва  $\varepsilon_{Ag}=81,3\%$ ) бўйича юқори кўрсаткичлар олинади ҳамда тўпловчи реагент сарфининг қисман қисқаришига эришилади.

3. Йириклаштирилган лаборатория шароитида СД-1 ва БКК реагентларини биргаликда (1:1) тўпловчи сифатида қўллашда олтинни бойитмага ажралиш даражаси 0,73% дан 1,5% гача ошганлиги аниқланади.

4. Флотацион бойитишда тўпловчи флотореагент ББК эритмасини электрокимёвий усулида фаоллаштириб, СД-1 тўпловчи реагент билан биргаликда қўлланилганда олтин сақловчи сульфидли минералларнинг бойитмага ажралиш 2,8% гача ошганлиги аниқланди ва ишлаб чиқаришга жорий этишга мақбул ҳисобланди.

5. Илмий тадқиқот ишлари натижасида олтинли рудаларни бойитишнинг таклиф қилинган схема асосида гравитацион бойитмага сульфидли минералларнинг максимал ўтиши таъминланди, ҳамда олтин ва кумушнинг ажралиш кўрсаткичлари дастлабки рудага нисбатан 80,09 ва 67,5% ни ташкил этиши аниқланди;

6. Оптимал тартибда цианлаш тажрибалари натижаларига кўра гравиобойитмани оксидловчи куйдириш ва кейин цианлаш схемаси бўйича олтиннинг ажралиши 90,7%, кумушнинг ажралиши эса 65,7% ни ҳамда худди шу кўрсаткичлар флотобойитма учун 91,4 ва 67,5%. Гравиобойитма ва флотобойитма куйиндисини сульфат кислотада танлаб эритишдан сўнг цианлашда гравиобойитмадаги олтиннинг ажралиши 91,8% га ва кумушники 71% гача ортди. Тавсия қилинаётган схема бўйича олтиннинг бойитмага умумий ажралиши 91,8-94,2% ни, кумушники эса 81,3-85,92% ни ташкил этган қийматлари аниқланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

**МАХМАРЕЖАБОВ ДИЛМУРОД БАХТИЯРОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ  
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД СОВМЕСТНЫМ ПРИМЕНЕНИЕМ  
МЕТОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ И ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ**

**04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD)**

**Навои – 2021**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2020.2.PhD/T1761.**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете им. Ислама Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www.ndki.uz](http://www.ndki.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Худояров Сулейман Рашидович</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Мухиддинов Баходир Фахриддинович</b> доктор химических наук, профессор <b>Тошкодирова Рано Эркинжонова</b> доктор философии по техническим наукам (PhD)
<b>Ведущая организация:</b>	<b>АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»</b>


Защита диссертации состоится 12 января 2022 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.17/04.06.2021.T.06.01 (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: [info@ndki.uz](mailto:info@ndki.uz), [nsmi@gmail.com](mailto:nsmi@gmail.com)).


С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №81). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

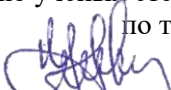
Автореферат диссертации разослан 30 декабря 2021 года.

(реестр протокола рассылки №3 от 30 декабря 2021 года).



  
**К.С.Санакулов**  
Председатель Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

  
**О.У.Фузайлов**  
Ученый секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней, доктор философии  
по техническим наукам (PhD)

  
**Н.А.Донияров**  
Председатель научного семинара при Научном  
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире одной из ведущих стран по производству драгоценных металлов является Узбекистан. Наряду с ростом добычи и уменьшения запасов богатых и легкообогатимых золотых руд вовлекаются к добыче труднообогатимые золотосодержащие руды. В настоящее время особое значение приобретает увеличение стоимости и снижение качества обогащенной массы, вызванное при обогащении руд в составе которых содержатся сурьма и мышьяк, приобретением используемых при обогащении реагентов из зарубежных стран, структурном неравномерном распределении частиц золота в составе руды, которую получают из запасов при разведке руд, содержащих значительно меньшее количество золота.

В мире проводятся научные исследования по совершенствованию технологических схем обогащения и металлургической переработки золотых руд, обогащению за счет разработки новых малозатратных технологических и технических решений и повышению эффективности металлургической переработки. Несмотря на большие успехи в решении вопросов повышения эффективности переработки труднообогатимых золотых руд, особое внимание уделяется активации реагентов и созданию комплексных технологий, сочетающих в одной технологической схеме поддержку, обогащение и гидрометаллургические методы реагентов, добываемых на местных промышленных предприятиях.

В республике многие научно-практические результаты были достигнуты при разработке схем обогащения с использованием традиционных и новых местных реагентов при обогащении руд существующих месторождений, однако ряд научных и практических результатов достигается разработкой различных методов обогащения и переработкой труднообогатимых золотых руд, за счет внедрения передовых научных мероприятий по внедрению инновационных технологий при переработке труднообогатимых золотосодержащих руд, с помощью традиционных реагентов. В Указе Президента Республики Узбекистан<sup>1</sup> определены важные задачи по «дальнейшей модернизации и диверсификации промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленных на опережающее развитие высокотехнологичных отраслей, освоению принципиально новых видов технологий, сокращению энергоемкости и ресурсоемкости, широкому внедрению в производство энергосберегающих технологий...». В связи с этими задачами большое научное и практическое значение имеют исследования, направленные на разработку технологических схем, в которых могут быть применены реагенты, синтезированные из местных промышленных отходов переработки труднообогатимых золотосодержащих руд и исследования, направленные на переработку руд-содержащих драгоценные металлы.

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-4707 от 4 марта 2015 г. «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства в 2015-2019 гг.» и Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы.** В мировой практике в развитие научных основ и создание технологических схем, а также изучение свойств упорных золотосодержащих руд значительный вклад внесли ряд ученых, в том числе Зеленов В.И., Масленицкий И.Н., Чугаев Л.В., Агеенков В.Г., Ласкорин Б.Н., Чантурия В.А., Седельникова Г.В., Бергер Г.С., Шадрунова И.В., Матвеева Т.Н., Черняк А.С., Скобеев И.К., Лодейщиков В.В., Войлошников Г.И., Воробьев А.Е., Breed F.W., Tomkins A.G., Исабаев С.М., Митрофанов С.И., Мязин В.П. а также ряд ученых нашей Республики Санакулов К.С., Абдурахмонов С.А., Ахмедов Х., Хасанов А.С., Хабиров В.В., Эргашев У.А. В этих работах не достаточно изучены проблемы замены традиционных реагентов, в частности реагентов собирателей на новые местные реагенты при обогащении упорных золотосодержащих руд и совмещение в одной технологической схеме методов обогащения и гидрометаллургии.

Упорные золотосодержащие месторождения Республики Узбекистан различаются друг от друга содержанием в составе мышьяка, сурьмы и других элементов сульфидных минералов.

По мере сокращению запасов легко цианируемых окисленных золотосодержащих месторождений, для поддержания и увеличения объема производства золота, актуальным становится вопрос вовлечения в переработку сульфидных и бедных золотосодержащих руд. Несмотря на достигнутые успехи в данном направлении на сегодняшний день не до конца изучены возможности применения технологий, совмещающих процессы обогащения и гидрометаллургической переработки. В данной работе проведены исследования по частичной замене флотационных реагентов, импортируемых за выплату из-за рубежа, на реагенты, синтезированные из техногенного отхода местных промышленных предприятий. Это в свою очередь позволяет сократить расходы и тем самым удешевить себестоимость производства драгоценных металлов.



**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова на темы: №7/15 «Разработка технологии обогащения руд разведываемых месторождений Республики Узбекистан» и №8/17 «Разработка рациональной технологии переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов с использованием местных реагентов».

**Целью исследования** является разработка технологии, объединяющей в технологической схеме обогатительные и гидрометаллургические методы переработки упорных золотосодержащих руд, а также повышение активности используемых традиционных реагентов электрохимическим способом и их частичной замены на реагенты, полученные из техногенных отходов местных предприятий.

**Задачи исследования:**

анализ технологических схем обогащения и исследование особенностей вещественного состава упорных золотосодержащих руд;

разработка методики исследования на обогатимость путём изучения технологических образцов упорных золотосодержащих руд;

переработка методами цианирования и сорбции гравитационных и флотационных концентратов, а также хвостов обогащения, полученных при обогащении упорных золотосодержащих руд;

сравнение и совершенствование технологических схем обогащения упорных золотосодержащих руд с применением комбинированных методов обогащения и заменой традиционных реагентов-собирателей на местные реагенты;

разработка эффективной технологической схемы обогащения упорных золотосодержащих руд с применением совместно обогатительных и гидрометаллургических методов, увеличивающих технико-экономические показатели.

**Объектом исследования** являются сульфидных и упорные золотосодержащие руд.

**Предмет исследования** – разработка технологической схемы переработки упорных золотосодержащих руд и определение заменителя для традиционных реагентов с использованием реагентов из отходов местной промышленности нашей Республики, с целью уменьшения расходов реагентов.

**Методы исследований.** При выполнении диссертационной работы использованы комплексные методы исследований, включающие научные и теоретические обобщения теории и практики переработки золотосульфидных руд; теоретические исследования с использованием аналитического, графоаналитического и статистического методов; лабораторные эксперименты, опытно-промышленные испытания и проверка разработанных методик в производственных условиях; спектральные и минералогические

анализы, пробирный, химический и фазовые методы анализа, математические методы обработки экспериментальных данных.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определены вещественный состав отходов предприятия АО «Навоийазот», а также возможность применения местного реагента СД-1 полученного из него, являющегося водорастворимым сополимером акриловой кислоты и полиакриламида при флотационном обогащении упорных золотосодержащих руд;

в результате предаврительного гравитационного обогащения упорных золотосодержащих руд с последующим флотационным обогащением хвостов гравитационного обогащения, достигнуты высокие показатели извлечения золота и серебра, а также снижен расход реагента собирателя;

доказано увеличение эффективности обогатимости при обогащения упорных золотосодержащих руд в результате перехода ксантогената ( $\text{ROCS}_2\text{Me}$ ) в форму диксантогената ( $(\text{ROCSS})_2$ ).

достигнуто снижение расхода традиционного реагента БКК на 50%, в результате совместного использования БКК и нового местного реагента собирателя СД-1 в процессе флотации.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

изучен минералогический состав и технологические свойства (физические и химические свойства, гранулометрический состав) руд месторождений «Ауминзо-Амантой»;

выбраны методы обогащения упорных золотосодержащих руд месторождений «Ауминзо-Амантой» и разработана методика изучения обогатимости этих руд;

разработана методика обогащения хвостов гравитации флотацией, с последующим окислительным обжигом полученного флотационного концентрата, цианирования и извлечения золота сорбцией из цианистых растворов при помощи ионообменных смол;

разработана технология комплексной переработки упорных золотосодержащих руд месторождений «Ауминзо-Амантой».

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных и полупромышленных экспериментов, идентичностью и количественным подтверждением основной идеи работы по обоснованию технологических схем переработки упорных золотосодержащих руд с использованием реагентов из отходов местной промышленности и применение электрохимической обработки реагентов при флотации.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обусловлена изучением вещественного состава упорных золотосодержащих руд месторождений «Ауминзо-Амантой» и научным обоснованием технологической схемы переработки таких руд с новыми реагентами, синтезированными из отходов местных промышленных предприятий.

Практическая значимость результатов исследований заключается в детальном изучении минералогического состава образца рудной технологии различными методами, проведении анализов золота и серебра, разработке технологии переработки труднообогатимых золотосодержащих упорных руд с одновременным применением методов обогащения с использованием электрохимически активированных реагентов, полученных из отходов промышленных предприятий.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных научных результатов по разработке технологии переработки упорных золотосодержащих руд методами обогащения и гидрометаллургии получены следующие результаты:

традиционный реагент, активированный электрохимическим методом при обогащении смеси золотосодержащих руд месторождения «Ауминзо-Амантой» Северного и Центрального участков флотацей внедрен в практику ГУ «Институт минеральных ресурсов» (справка Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральных ресурсов №14-25 от 29 апреля 2021 г). В результате появилась возможность повышения извлечения золота во флотоконцентрате на  $0,7 \div 2,8\%$  по сравнению с показателями извлечения, при использовании традиционного реагента;

по разработанной технологической схеме, гравитационное обогащение для проб руд месторождения «Ауминзо-Амантой» Северного и Центрального участков, внедрено в практику ГУ «Институт минеральных ресурсов» (справка Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральных ресурсов №14-25 от 29 апреля 2021 г). В результате применения гравитационного метода обогащения удалось достичь извлечения золота и серебра 80,09% и 67,50% соответственно;

применение для флотации хвостов гравитационного обогащения смеси золотосодержащих руд Северного и Центрального участков месторождения «Ауминзо-Амантой» электрохимического активированного традиционного реагента БКК внедрен в практику ГУ «Институт минеральных ресурсов» (справка Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральных ресурсов №14-25 от 29 апреля 2021 г). В результате применения электрохимического активированного реагента удалось добиться суммарного извлечения золота и серебра во флотоконцентрате 91,8-94,2% и 81,3-85,92% соответственно.

**Апробация результатов исследования.** Апробация результатов данного исследования произведена на 3 республиканских и 4 международных научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы всего 14 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 4 статей, в том числе 3 из которых в республиканских и 1 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 105 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Анализ современных технологических схем обогащения упорных золотосодержащих руд и возможности их совершенствования»** определены озникновения трудностей при классификационном анализе вещественного состава и разработке технологии извлечения ценного компонента упорных золотосодержащих руд, а также при анализе своеобразных свойств переработки упорных золотосодержащих руд изучено применение совместного метода обогащения упорных золотосодержащих руд и гидрометаллургического метода.

Анализ изданных научных работ показывает, что на некоторых действующих обогатительных фабриках извлечение золота ограничивается только применением флотационных технологий. При обогащении упорных золотосодержащих руд флотацией наблюдались такие недостатки, как увеличение расхода реагентов и снижение извлечения золота.

На различных фабриках мира показано, что совместное применение реагентов в отличие от отдельного применения способствует повышению извлечения золота, учитывая различия в свойствах обогащаемой руды.

Изучив применение бутилового ксантогената калия (БКК) на обогатительных фабриках республики в качестве реагента-собирателя выявлена возможность неполного использования возможностей реагента БКК, поэтому основной целью и задачей данного исследования является поиск новых местных реагентов в практике флотации.

Во второй главе диссертации **«Изучение вещественного состава упорных золотосодержащих руд»** для изучения вещественного состава от исходных проб отбирались образцы и проведены следующие анализы: спектральный, химический, рациональный и минералогический. Результаты химического анализа приведены в табл.1.

Как видно из табл.1. основными ценными компонентами руды являются золото и серебро, содержание которых составляет 6,7 и 3,04 г/т соответственно. В результате проведенных исследований основными коллекторами золота являются пирит и арсенопирит, содержание которых в руде ~17,8 и ~0,5% соответственно. Пирит обычно катаклазирован.

Результаты химического анализа средней пробы

Компоненты	Содержание, %	Компоненты	Содержание, %
SiO <sub>2</sub>	43,0	S <sub>сульфид</sub>	9,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,0	SO <sub>3</sub>	1,07
FeO	1,98	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16
TiO <sub>2</sub>	0,71	CO <sub>2</sub>	3,52
MnO	0,04	-H <sub>2</sub> O	0,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,21	п.п.п.	10,37
CaO	2,32	Au, г/т	6,7
MgO	2,43	Ag, г/т	3,04
Na <sub>2</sub> O	0,44	Pt, г/т	0,065
K <sub>2</sub> O	2,89	Pd, г/т	0,12
S <sub>общ.</sub>	9,99	As	0,21

Появление в минерале катаклаза имеет большое значение в распределении частиц золота. Микронные размеры частиц золота и их приуроченность к пириту и арсенопириту не позволяют отделить золото в самостоятельный концентрат.

Главными нерудными минералами пробы являются кварц, серицит, полевые шпаты, карбонаты, хлориты и каолинит.

Третья глава диссертации **«Исследование обогатимости труднообогатимых золотосодержащих руд»** посвящена исследованию обогатимости упорных руд участков Северный и Центральный месторождения «Ауминзо-Амантой» гравитационным и флотационным методами, а также разработке методики электрохимической обработки реагентов собирателей, применяемых при флотации, проведены флотационные испытания с электрохимической обработкой традиционного реагента БКК совместно с изучаемым реагентом СД-1.

Гравитационное обогащение руды проведено с целью выделения в гравикоцентрат относительно крупных частиц золота и сульфидов из руды. Для этой цели использованы отсадочные машины и концентрационный стол. Эксперименты проведены по схеме, приведенной на рис.1.

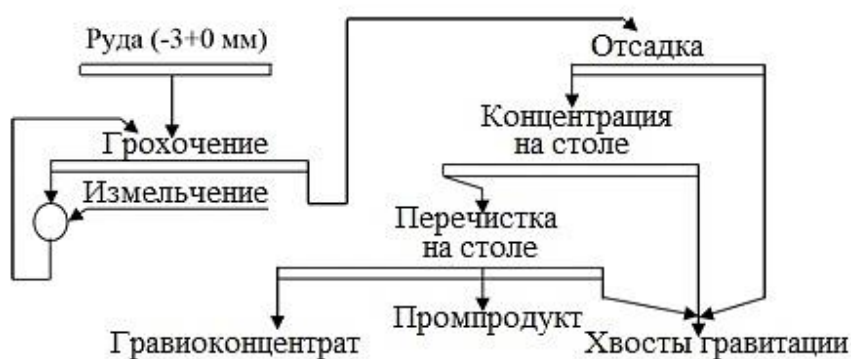


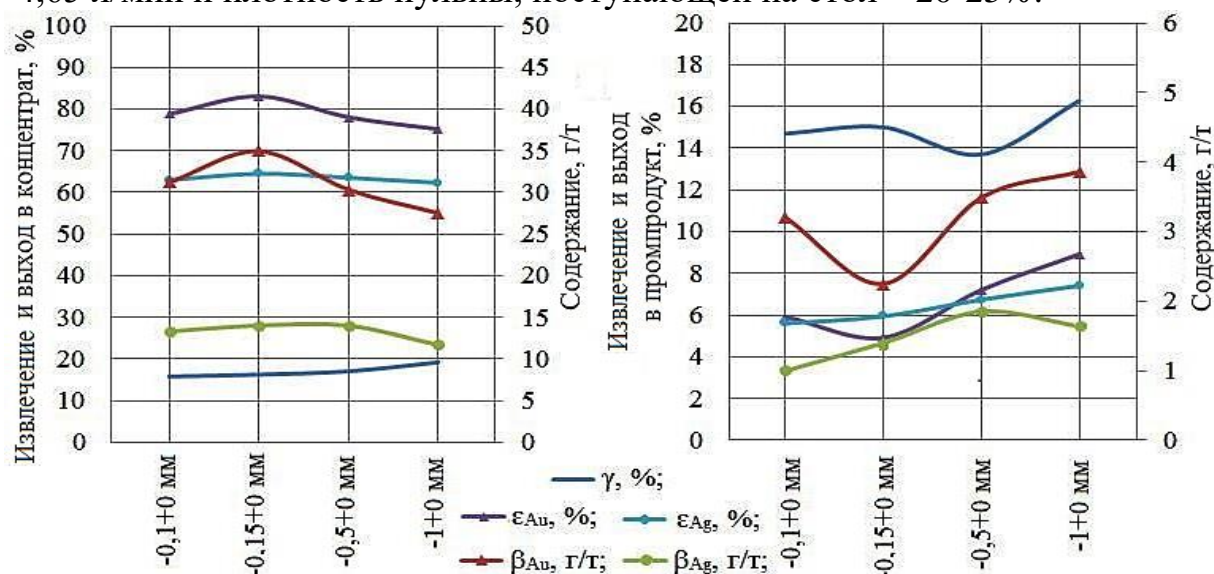
Рис.1. Технологическая схема гравитационного обогащения пробы руды

Отсадку проводили на отсадочных машинах при крупности руды 3-0 мм. Тяжелая фракция отсадки доизмельчалась в шаровой мельнице до требуемой крупности. В опытах с целью максимального извлечения золота и содержания в концентрате крупность продуктов поддерживали в пределах 1-0,1 мм. Опыты проведены с навеской руды массой 5 кг.

Режим работы отсадочной машины: толщина постели из стальной дроби крупностью 3-4 мм составляла 30 мм, амплитуда колебаний – 5,5 мм, частота колебаний 500 мин<sup>-1</sup>, расход воды – 5 л/мин, расход воды с исходной пульпой – 3 л/мин, размер отверстий решета – 2 мм.

Расход смывной воды определяли в зависимости от крупности материала и уклона деки стола, сравнивая результаты нескольких опытов.

Режим работы стола: частота колебаний стола – 107 об/мин; амплитуда качаний – 8-11 мм; поперечный наклон деки – 20 мм/м; расход смывной воды – 4,65 л/мин и плотность пульпы, поступающей на стол – 20-25%.



**Рис.2. Обогащение на концентрационном столе руд различной крупности**

Результаты обогащения руды крупности -0,15+0 мм на концентрационном столе приведены на рис.2. и табл.2.

Таблица 2

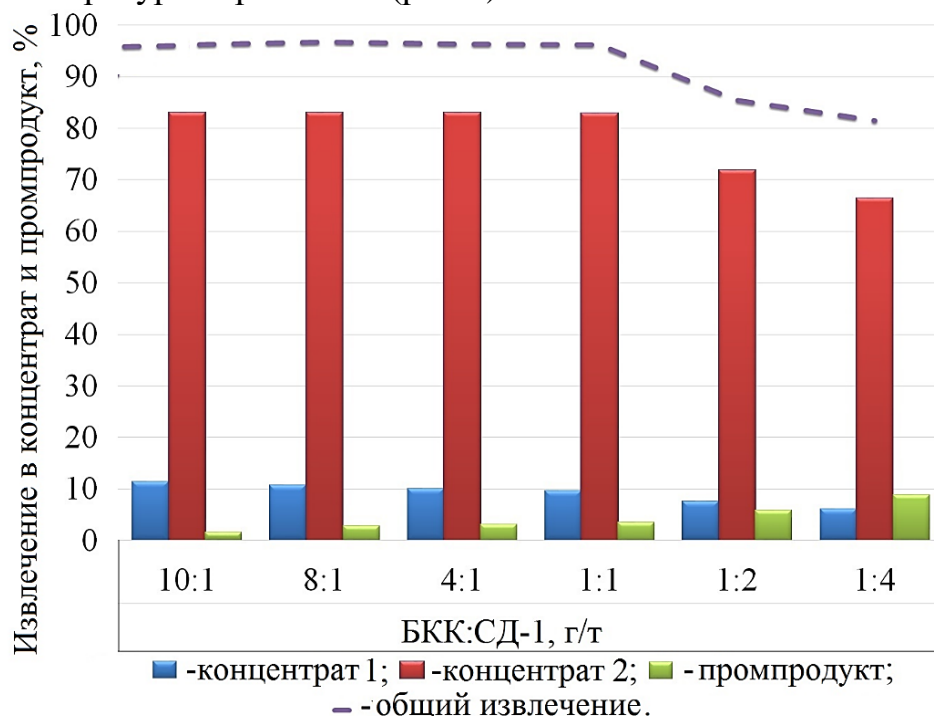
Результаты обогащения пробы руды месторождений «Ауминзо-Амантой» на концентрационном столе

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %		Крупность, мм
		Au	Ag	Au	Ag	
Гравиоконцентрат	6,28	90,63	36,36	83,09	64,5	-0,15+0
Помпродукт	15,00	2,25	1,40	4,92	5,94	
Хвосты гравитации	78,72	1,04	1,33	11,99	29,56	
Руда	100	6,85	3,54	100	100	

Как видно из табл.2, при гравитационном обогащении золотосодержащих руд месторождений «Ауминзо-Амантой» значительная

часть золота извлечена в гравиконоцентрат. Извлечение золота в гравиконоцентрат составило 83,09%, а серебра 64,5%. При этом содержание золота в концентрате 90,63 г/т, серебра 36,36 г/т.

Флотационные опыты руды и хвостов получаемые в процессе гравитации, с новыми местными реагентами проведены в следующем режиме: крупность измельчения 80-85% класса -0,074 мм, расход активаторов и регуляторов среды переменные, основное внимание уделено применению в качестве реагента собирателя СД-1 и традиционного реагента бутиловогоксантогената калия (БКК). В качестве пенообразователя применяли, используемый на многих обогатительных фабриках реагент Т-80. Кроме этого в процессе флотации испытаны синтезированные в институте Минеральных ресурсов реагенты (рис.3).



**Рис.3. Гистограмма соотношении расходов реагентов в процессе флотации при совместном применении реагентов**

В результате проведенных исследований для каждой пробы руды разработаны оптимальные режимы флотации, которые приведены в табл.3.

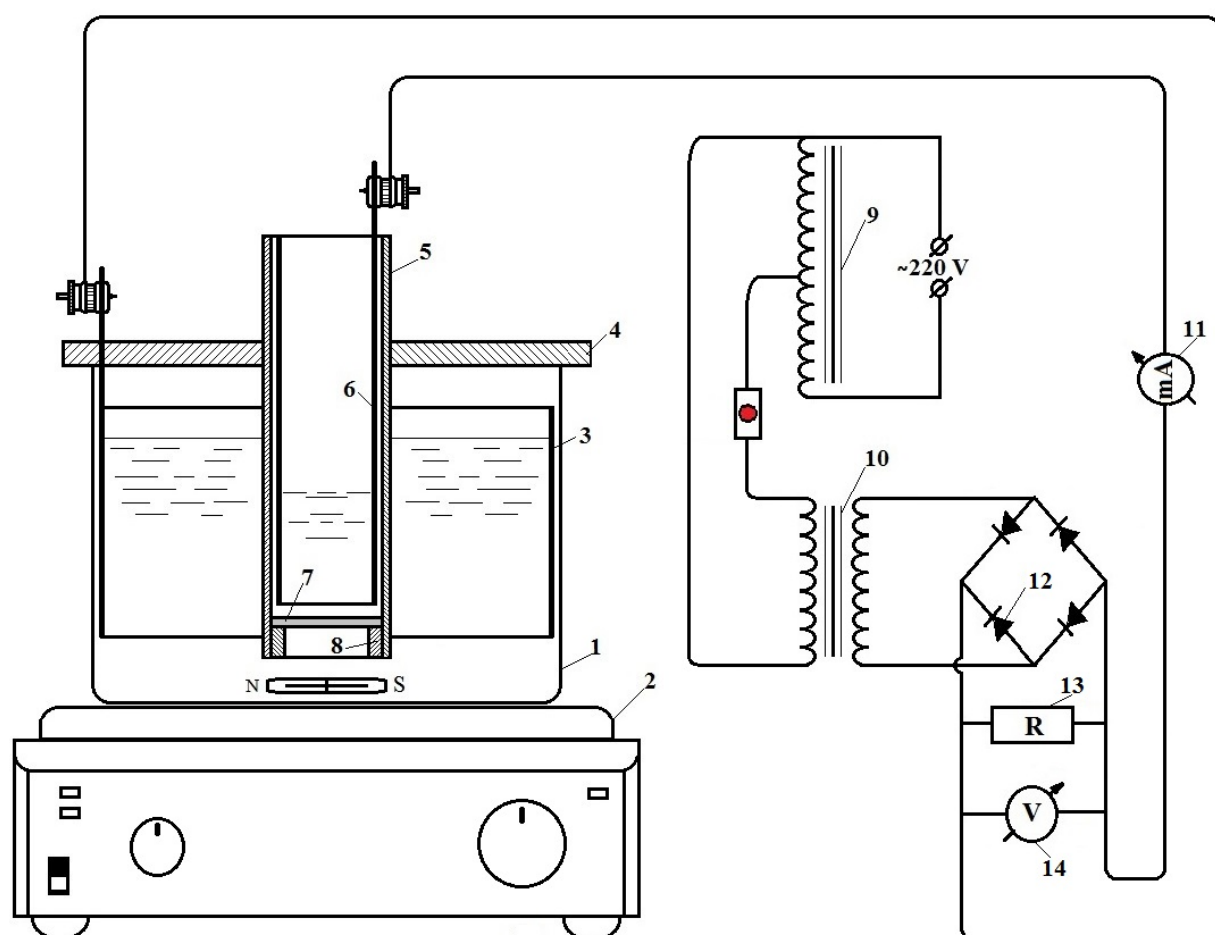
Определено, что флотация хвостов гравитации изучаемой руды эффективно происходит аналогично флотации исходной руды при различных расходах реагентов.

Также исследовано применение электрохимической обработки реагентов с целью повышения их флотационной активности и уменьшения расходов реагентов. Для экспериментального изучения процесса электрохимической обработки реагентов собрана специальная установка, состоящая из электрохимической ячейки, магнитной мешалки и регулируемого источника электрического тока (рис. 4).

Таблица 3

Результаты опытов флотации проб золотосодержащих руд с традиционным и местными реагентами

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %		Расход реагентов, основная и контрольная флотация, г/т
		Au	Ag	Au	Ag	
Концентрат 1	10,19	6,26	2,07	9,66	7,82	Сода-1000+500+250 Веретенная масло -40
Концентрат 2	20,30	26,96	8,93	82,93	67,17	
Промпродукт 1	2,77	5,22	2,18	2,19	2,23	CuSO <sub>4</sub> -300+100+50 БКК-75+50+20
Промпродукт 2	3,86	2,36	0,98	1,38	1,41	
Хвосты	62,88	0,40	0,92	3,84	21,36	СД-1 – 5+2+1
Руда	100	6,60	2,70	100	100	T-80 – 20+80+40+20



1-стеклянный кристаллизатор; 2-магнитная мешалка; 3-рабочий электрод;  
4-крышка; 5-ограничительный стакан; 6-вспомогательный электрод;  
7-фильтровальная бумага; 8-прижимное кольцо; 9-лабораторный  
автотрансформатор; 10-понижающий трансформатор; 11-миллиамперметр;  
12-диоды; 13-сопротивление 14-вольтметр

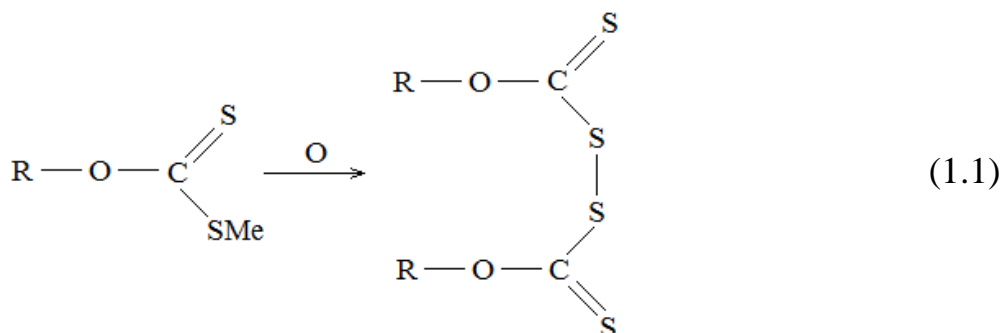
**Рис. 4. Принципиальная схема установки для электрохимической обработки растворов реагентов**



Электрохимическая ячейка состоит из стеклянного кристаллизатора емкостью 500 мл, по внутреннему периметру кристаллизатора проложен цилиндрический рабочий электрод, изготовленный из листовой нержавеющей стали толщиной 0,5-0,8 мм. Сверху кристаллизатор закрывается круглой плексигласовой крышкой, в центр которой вставлен ограничительный стакан из плексигласа, открытый с нижней стороны. В нижний конец этого стакана вставляется кружок из фильтровальной бумаги и прижимается прижимным кольцом. Внутри ограничительного стакана помещается вспомогательный электрод в виде цилиндра из листовой нержавеющей стали толщиной 0,5-0,8 мм. Изучаемый раствор реагента заливают в ячейку с таким расчетом, чтобы уровень в кристаллизаторе был несколько выше уровня в ограничительном стакане. Различие в уровнях создается для того, чтобы продукты электроокисления раствора реагента не взаимодействовали с продуктами его электровосстановления. В течение всего эксперимента происходит слабый перелив раствора из кристаллизатора в ограничительный стакан.

Магнитная мешалка была необходима для перемешивания раствора реагента в течение электрохимической обработки для создания равномерного режима электрохимической обработки растворов и предотвращения закрепления продуктов реакции на поверхности основного электрода.

Под действием электрического тока происходит тонкое диспергирование аполярных органических веществ на поверхности электрода. Типичным примером этого является образование аполярного диксантогенида на аноде при электрохимическом окислении растворов ксантогената:



Установлено, что с увеличением концентрации исходного раствора ксантогената и величины подаваемого напряжения на электроды повышается выход диксантогенида. Большое влияние на выход диксантогенида оказывает время электроокисления раствора ксантогената.

При флотации руды месторождений «Ауминзо-Амантой» смесь реагентов БКК в течение 20 минут подвергается электрохимической обработке. Флотационные опыты проводились в открытом цикле. Полученные данные свидетельствуют о повышении извлечения золота при применении смеси растворов БКК электрохимической обработки и СД-1. При открытом цикле извлечение золота в концентрат из руды месторождений «Ауминзо-Амантой» повышается от 82,79 до 85,72%. При обогащении хвостов гравитации эти цифры составляют 81,8 и 82,5%.

Из полученных данных можно сделать вывод, что применение ксантогената с электрохимической обработкой является перспективной.

В четвертой главе диссертации **«Изучение возможности гидрометаллургической переработки упорных золотосодержащих руд»** рассмотрено извлечение золота цианированием из руд и продуктов обогащения.

Процесс цианирования исследуемых проб осуществлялся в открытых стеклянных сосудах объемом 0,75 дм<sup>3</sup> с механическим и пневматическим перемешиванием пульпы. 50-200 г продукта помещали в склянку, заливали водным раствором цианистого натрия и добавляли необходимое количество защитной щелочи. В исходных и конечных продуктах цианирования определялось содержание благородных металлов химическим методом с помощью атомно-абсорбционного спектрометра.

В результате опытов цианирования в оптимальном режиме в связи присутствием в составе пробы сульфидной руды углерода и растворимых соединений меди извлечение золота не превышает 50%, но цианирование через окислительный обжиг способствует проникновению цианида на поверхность золота и повышает его взаимодействие, в результате чего переход золота в цианистый раствор составляет 92%.

В пятой главе диссертации **«Разработка технологической схемы переработки золотосодержащих руд»** для обогащения руды месторождений «Ауминзо-Амантой» рекомендуется схема, приведенная на рис. 5, которая применяется для обогащения аналогичной руды. Руда перед гравитационным обогащением измельчается до крупности 0,315 мм (45% кл. -0,074 мм). В промышленных условиях гравитационные аппараты следует устанавливать на сливе мельницы для улавливания крупного самородного золота и серебра. Тяжелая фракция отсадочной машины должна перечищаться на концентрационных столах. Хвосты гравитации после доизмельчения до крупности 80-85% класса -0,074 мм подвергаются флотации. Полученный гравитационный и флотационный концентраты рекомендуется перерабатывать по схеме, изображенной на рис.6. Данная схема включает окислительный обжиг с последующим доизмельчением огарка, сернокислотное выщелачивание огарка с целью удаления из пробы примесей меди, цинка, никеля и др. Кек сернокислотного выщелачивания нейтрализуется и подвергается сорбционному цианированию с извлечением благородных металлов.

Ниже приведены реагентные режимы и характеристика основных узлов схемы флотации руды (хвостов гравитации):

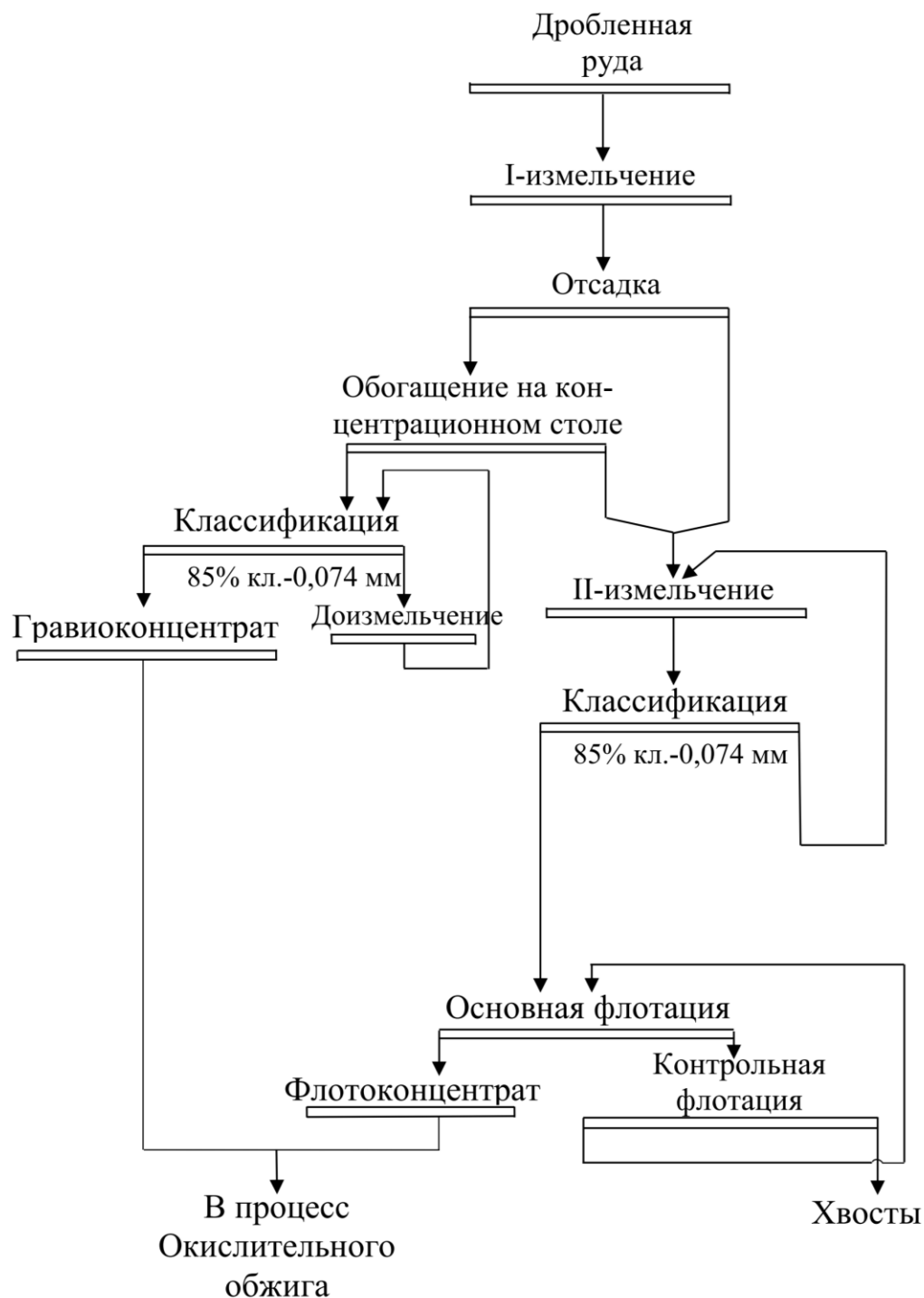
- перед основной флотацией хвосты гравитации измельчаются до крупности 85% класса -0,074 мм;

- основная флотация: время флотации – 10 мин, плотность пульпы – 28% твердого, расход реагентов (г/т руды): Т-80 – 20, сода – 1000, веретенное масло – 40, CuSO<sub>4</sub> – 300, БКК-140 (при активизации раствора электрохимией) и Т-80 – 80, рН среды при флотации – 8-9;

- контрольная флотация: время флотации – 10 мин, плотность пульпы – 22% твердого, расход реагентов (г/т):  $\text{CuSO}_4$  – 130, БКК – 60 (при активизации раствора электрохимией), Т-80 – 40;

Полученные концентраты по содержанию вредных веществ соответствуют, предъявляемым требованиям.

Результаты обогащения по рекомендуемой схеме руды Ауминзо-Амантойского рудного поля приведены в табл.4



**Рис. 5. Рекомендуемая технологическая схема обогащения руды Ауминзо-Амантойского рудного поля**

Таблица 4

Результаты полученные по рекомендуемой схеме

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Гравиоконцентрат	6,28	90,55	34,39	80,09	67,5
Флотоконцентрат	18,37	5,45	3,21	14,11	18,42
Хвосты	75,35	0,55	0,60	5,8	14,08
Руда	100	7,1	3,20	100	100



Рис. 6. Технологическая схема переработки концентрата с окислительным обжигом

По схеме с окислительным обжигом гравиконоцентрата и последующим цианированием извлечение золота составило 90,7%, серебра 65,7%. Для флотокоцентрата данные показатели составляют 91,4 и 67,5%. После серноокислотного выщелачивания огарка гравиконоцентрата извлечение золота при цианировании повышается до 91,8% и серебра 71% соответственно. Из огарка флотокоцентрата извлечение золота и серебра составило 92,4% и 72,1%. Цианирование осуществлялось в две стадии: после 24ч раствор заменялся на свежий и цианирование продолжалось еще 24ч в растворе концентрацией 0,15% NaCN в присутствии смолы в количестве 5% от объема пульпы. По рекомендуемой схеме общее извлечение золота составляло 91,82%, а серебра 69,47%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) на тему: «Разработка технологии переработки упорных золотосодержащих руд совместным применением методов обогащения и гидрометаллургии» получены следующие результаты:

1. В результате анализа состава упорных золотосодержащих руд установлено, что в составе руды содержится в основном тонко-вкрапленное золото ассоциированное с сульфидными минералами.

2. В результате предварительного извлечения сульфидных частиц гравитационным способом, с последующим флотационным обогащением хвостов гравитации, получены высокие показатели извлечения золота и серебра ( $\gamma=24,65\%$  составит  $\varepsilon_{Au}=91,8\%$  и  $\varepsilon_{Ag}=81,3\%$ ) и достигнуто частичное снижение расхода реагента собирателя.

3. В укрупнённых лабораторных условиях определено, что при совместном использовании реагентов СД-1 и БКК (в соотношении 1:1) в качестве собирателя, извлечение золота в концентрат увеличилось с 0,73% до 1,5%.

4. Установлено, что при предварительной электрохимической активации флотореагента БКК и его совместного применения с реагентом собирателем СД-1, извлечение золотосодержащих сульфидных минералов в концентрат увеличилось на 2,8%.

5. В результате научных исследований работы, на основе рекомендуемой схемы обогащения обеспечивался максимальный перевод сульфидных минералов в гравиконоцентрат и извлечение золота и серебра при гравитационном обогащении составило 80,99 и 67,5% от исходной руды.

6. При проведении экспериментов по цианированию при принятых оптимальных условиях процесса, установлено, что при цианировании предварительно обожённого гравитационного концентрата, извлечение золота в раствор составило 90,7% а серебра 65,7%, а при цианировании предварительно обожённого флотационного концентрата, извлечение золота в раствор составило 91,4% а серебра 67,5%. При цианировании гравитационного и флотационного концентратов после предварительного

сернокислотного выщелачивания, извлечение золота и серебра в раствор из гравитационного концентрата составило 91,8% и 71% соответственно. По предлагаемой схеме общее извлечение золота в концентрат составило 91,8-94,2%, а извлечение серебра - 81,3-85,92%.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF  
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE**  

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED ISLAM KARIMOV**

**MAKHMAREZHABOV DILMUROD BAKHTIYAROVICH**

**PROCESSING OF TECHNOLOGY PERSISTENT GOLD-BEARING ORES  
BY METHODS ENRICHMENT AND HYDROMETALLURGY**

**04.00.14 – Mineral processing**

**DISSERTATION ABSTRACT  
FOR THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) OF TECHNICAL SCIENCES**

**Navoi – 2021**

**The topic of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) is registered at the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2020.2.PhD/T1761.**

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume) on the webpage of the Scientific Council (www.ndki.uz) and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal (www.ziyo.net.uz).

**Scientific Consultant:** **Khudoyarov Suleyman Rashidovich**  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Official opponents:** **Mukhiddinov Bakhodir Fakhriiddinovich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Toshkodiurova Rano Erkinjonovna**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences

**Leading organization:** **«Almalyk Mining and Metallurgical combinat» JSC**


The defence of the dissertation will be held on 12 January 2022 at 14<sup>00</sup> at meeting of the Scientific council of scientific degrees DSc.17/04.06.2021.T.06.01 at the Navoi State Mining institute (address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-00-55; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com.

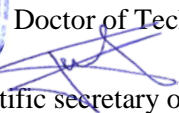
The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No 81. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Phone: (79) 223-56-90; fax: (79) 223-00-55.

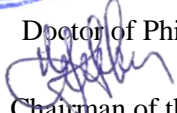
The abstract of the dissertation is distributed on 30 December 2021.

(Protocol at the register № 3 on 30 December 2021).



  
**K.S.Sanakulov**  
Chairman of the scientific council for  
awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

  
**O.U.Fuzaylov**  
Scientific secretary of the scientific council for  
awarding the scientific degrees,  
Doctor of Philosophy (Phd) in Technical Sciences

  
**N.A.Doniyarov**  
Chairman of the scientific seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor



## INTRODUCTION (Doctor of Philosophy (PhD) dissertation annotation)

**The aim of the research** is to develop the technology for enrichment persistent gold-bearing ores with the joint use of concentrating and hydrometallurgical processing methods, activate the flotation reagents used by electrochemical treatment, and partially replace them with reagents obtained based on waste from local enterprises.

**The object of research work** is persistent gold-bearing ores of the Amantaytau deposit of the Northern and Central sections.

**The scientific novelty of the research** is as follows:

the material composition of wastes of Navoi-Azot enterprise was studied and the possibility of using local reagent obtained from it SD-1 which is a water-soluble copolymer of acrylic acid and polyacrylamide in flotation enrichment of resistant gold-bearing ores, was determined;

as a result of preliminary gravitational enrichment of thrust gold-bearing ores with subsequent flotation enrichment of gravitational enrichment tailings, high rates of gold and silver extraction are achieved, as well as collector reagent consumption is reduced;

enrichment of golden ores, as a result of which it is difficult to enrich and increased efficiency of enrichment of xanthate ( $\text{ROCS}_2\text{Me}$ ) with partial transition to dixanthate ( $\text{ROCSS}_2$ );

reduced consumption of traditional BCC reagent by 50%, as a result of joint use of BCC and new local reagent of collector SD-1, during flotation.

**Implementation of the research results.** Based on the obtained scientific results on the development of technology for enrichment of hard-to-recover golden ores and support of hydrometallurgical methods:

to use a traditional reagent of BCC is activated by the electrochemical process and introduced into the practice of the state institution «Institute of Mineral Resources» to enrich a mixture of ore samples of the Northern and Central sections of the Auminzo-Amantoy deposit by flotation (data of the State Committee for Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan dated April 2021, 29 14-25. As a result, division of gold into fleet production allowed to provide up to 0,7 – 2,8%;

according to the developed technological scheme, the state institution «Institute of Mineral Resources» introduced the enrichment of a mixture of ore samples of the Northern and Central sections of the Auminzo-Amantoy deposit by gravity (directory of the State Committee of Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan dated April 2021, 29, 14-25). As a result, the separation of gold and silver into gravel made it possible to increase to 80.09% and 67.50%;

according to the recommended technology, the Institute of Mineral Resources state institution introduced electrochemical activation of the traditional BKK reagent solution enriching waste by the gravity of a mixture of ore samples of the Northern and Central sections of the Auminzo-Amantoy deposit (State Institute of Geology of the Republic of Uzbekistan). As a result, the general division of gold and silver into wealth made it possible to achieve 91,8-94,2% and 81,3-85,92%, respectively.

**The structure and scope of the thesis** structure consist of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references, and applications. The volume of the thesis is 105 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST of PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Khudoyarov S.R., Matkarimov S.T., Makhmarejabov D.B. Researching the Possibility of Hydrometallurgical Processing of Hard-Enriched Gold Ores and Their Enrichment Products at the Amantau Mine // International journal of advanced research in science, engineering and technology. – India, 2020. – Vol. 7, Issue 10. – pp. 15074-15080 (05.00.00; №8).

2. Makhmarejabov D.B., Sharifova N.Z. Development of an optimal technological scheme for collective flotation of refractory gold ores // Technical science and innovation, – Tashkent, 2020. – №1. – pp. 48-54 (05.00.00; №16).

3. Махмарежабов Д.Б. Бойитилиши қийин бўлган олтин рудаларини коллектив флотациялашнинг мақбул технологик схемасини ишлаб чиқиш // ТошДТУ хабарлари, 2019. – №1. – 224-230 б. (05.00.00; №16).

4. Махмарежабов Д.Б., Умирзоқов А.А. Экспериментальные результаты оптимального обогащения упорных золото-мышьяковых руд с использованием флотационного метода // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2018. – №2. – С. 201-205 (05.00.00; №16).

**II бўлим (II часть; part II)**

5. Махмарежабов Д.Б., Умарова И.К. Рудани моддий таркибини ўрганиш учун тайёрлаш // «Техник ва ижтимоий-иктисодий фанлар соҳаларининг муҳим масалалари» мавзусидаги Республика Олий ўқув юртлараро илмий ишлар тўплами. – Тошкент, 2017. – 69-70 б.

6. Шарифова Н.З., Махмарежабов Д.Б. Эффективная технология флотационного обогащения отходов гравитации упорных золото – мышьяковых руд // Сборник докладов: Республиканской научной-технической конференции «Роль интеллектуальной молодежи в развитии науки и техники». – Ташкент, ТашГТУ, 2018. – С. 304-306.

7. Махмарежабов Д.Б., Солижанова Г.Қ., Худойберганов Ф.Т. Полиметал таркибли рудаларни бойитиш технологияси ва самарали ажратиш усуллари // «Ер ости бойликларидан оқилона ва бехатар фойдаланишнинг замонавий муаммолари ва такомиллаштириш истиқболлари» мавзусидаги ҳалқаро илмий-техникавий анжумани маърузалар тўплами. – Тошкент, 2018. – 237-239 б.

8. Умарова И.К., Маткаримов С.Т., Махмарежабов Д.Б. Исследование вещественного состава и гравитационное обогащение золотосодержащих руд месторождения Амантайтау // Материалы Международной научно-практической конференции на тему: «Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации». Сборник статей XXXII. – Пенза, Состоявшейся 25 ноября 2019 г. – С. 65-69.

9. Шарифова Н.З., Махмарежабов Д.Б. Бойитилиши қийин бўлган олтин-мишьякли рудаларни босқичма-босқич флотациялашнинг мақбул технологиясини ишлаб чиқиш // «Фан ва техника тараққиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни» мавзусидаги Республика илмий-техникавий анжумани маърузалар тўплами. – Тошкент, ТошДТУ, 2019. – 537-539 б.

10. Aminjanova S.I., Umarova I.K., Salijanov G.Q., Qalandarov Q.S., Mahmarejabov D.B. Research of the Ore Dressability of the Khandiza Polymetallic Ore Deposit // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2019. – Volume 9, Issue 2. – pp. 4789-4792. DOI: 10.35940/ijeat.B3713.129219.

11. Худояров С.Р., Махмарежабов Д.Б. Изучение вещественного состава и обогатимости проб руд месторождения Амантайтау // Материалы Международной научно-практической конференции на тему: «XLVI International scientific conference World Science: Problems And Innovations». – Пенза, Состоявшейся 30 сентября 2020 г. – С. 18-21.

12. Умарова И.К., Ибрагимов Ж.М., Махмарежабов Д.Б. Разработка эффективной схемы обогащения медно-молибденовых руд с применением новых реагентов –собирателей // «Инженерные решения». – Новосибирск, 2020. – № 10 (20). – С. 4-9. DOI:10.32743/2658-6479.2020.10.20.374

13. Ахмедов Х., Бекпулатов Ж.М., Маткаримов С.Т., Махмарежабов Д.Б. Способы очистки хвостов и сточных вод от цианидов и мышьяка // Monografia Pokonferencyjna. Science, Research, Development. – Vol. 2. (28.02.2020). – Warszawa, 2020. – PP. 227-232.

14. Умарова И.К., Маткаримов С.Т., Махмарежабов Д.Б. Разработка технологии флотационного обогащения золотосодержащих руд месторождения Амантайтау // Обогащение руд. – Санкт-Петербург: «Руда и Металлы», 2020. – №2. – С. 29-33. DOI:10.17580/or.2020.02.05.



Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 60x84 1/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 51.

Баҳоси келишилган нархда.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.