

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

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ШАРИПОВ САНЪАТ ШУҲРАТ ЎҒЛИ

**ОЛТИН САҚЛАГАН ФЛОТОКОНЦЕНТРАТЛАРНИ
ОКСИДЛАШНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ
ХУСУСИЯТЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

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

Навоий– 2021

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

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

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

Шарипов Санъат Шухрат ўғли

Олтин сақлаган флотоконцентратларни оксидлашнинг
физик-кимёвий хусусиятларини тадқиқ қилиш.....3

Шарипов Санъат Шухрат угли

Исследование физико-химических особенностей
окисления золотосодержащих флотоконцентратов21

Sharipov Sanat Shuhrat ogli

Investigation of physical and chemical features of the oxidation
of gold-containing flotation concentrates39

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

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ШАРИПОВ САНЪАТ ШУҲРАТ ЎҒЛИ

**ОЛТИН САҚЛАГАН ФЛОТОКОНЦЕНТРАТЛАРНИ
ОКСИДЛАШНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ
ХУСУСИЯТЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

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

Навоий – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/T1505 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгаш веб саҳифасида (www.ndki.uz) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Санақулов Қувондиқ
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Самадов Алишер Усманович
техника фанлари доктори, доцент

Худояров Сулейман Рашидович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

«Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/04.06.2021.T.06.01. рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил 27 декабр соат 14⁰⁰ 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).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (80 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 14 декабр куни тарқатилди.
(2021 йил 14 декабрдаги 1 рақамли реестр баённомаси).



М.М. Якубов

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш раиси в.в.б., т.ф.д., профессор




О.У. Фузайлов

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш илмий котиби, PhD, доцент


Н.А. Дониоров

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда олтин сақлаган рудалар турли хил таркибга эга бўлиши, минералларнинг ўзаро боғланиш тартиби билан бир биридан ажралиб туради. Олтин сақлаган сульфидли рудалар қийин қайта ишланадиган минерал рудалар турига киради. Таркибида олтин бўлган рудали ресурсларнинг оксидланган, осон қайта ишланадиган шакллари камая бошлади. Саноат аҳамияти учун мураккаб таркибли олтин сақлаган минералларни қайта ишлаш учун бактериал оксидлаш, автоклавли бойитиш ва бошқа усулларни қўлланилиши соҳада илғор технологияларни жорий этиш имконини беради. Ҳозирги кунда, олтин ишлаб чиқарувчи корхоналар қувватларининг ошиши, ишлаб чиқариш технологияларини «қайта жиҳозлаш»га олиб келди. Шу муносабат билан фойдали қазилмаларнинг янги турларини қайта ишлаш имкониятларини топиш муҳим аҳамият касб этади.

Дунёда бугунги кунда, илмий тадқиқот натижаларини қўллаш асосида мураккаб таркибли сульфидли рудаларни қайта ишлаш технологияларини оптималлаштириш, қимматбаҳо нодир металллар ажралиш унумини ошириш ва технологик занжирнинг мукамал ишлаш режимларини топиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, бактериал оксидлаш натижасида минералларнинг эриш механизмларини, барча жараёнларнинг минералогик таркибини, қимматбаҳо нодир металллар эритувчиларнинг вазифасини ва бўтана таркибидаги ионларнинг таъсирини аниқлаш, бактериал оксидланиш жараёни ёрдамида сульфид рудаларини қайта ишлашнинг замонавий технологиясини яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда сўнгги йилларда сульфидли рудаларни оксидлаш технологик жараёнини мукамаллаштириш, қўлланилаётган технология бўйича қимматбаҳо нодир металлларни ажратишдан иқтисодий фойда олиш мақсадида йўлдош элементларни иложи борича кўп миқдорда ажратиб олиш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармонида¹ «ишлаб чиқаришга тежамкор энергия ва экологик жиҳатдан хавфсиз технологияларни жорий қилиш ва ташкил этиш бўйича илмий-тадқиқот ишларини кенгайтириш...» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, сульфидли рудаларни оксидлашнинг физик-кимёвий хусусиятларини тадқиқ қилиш, бактериал оксидлаш жараёнида минералларнинг эрувчанлигини асослаш, шунингдек, руда ресурсларини қайта ишлашда максимал унумдорликка эришиш учун

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғриси»даги ПФ-4947-сон Фармони // Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами. – Т., 2017. – 103 б.

хомашё таркибидан тегишли элементларни бирваракай ажратиб олишга 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 Фармони ва 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисидаги» қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа маъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда 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)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё амалиётида Олтин сақлаган рудаларни бактериал қайта ишлаш асосларини ривожланишига олимлардан Каравайко Г.И., Кондратьева Т.Ф., Полькин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В., Минеев Г.Г., Денисов О.В., Лодейчиков В.В., Lawson E.N., Brierly J.A., Brierly C.L., Breed F.W., Tomkins A.G., Grimm R., Adams M.D., Седельникова Г.В., Санакулов К.С., Сағдиева М.Г., Абдурахмонов С.А., Хасанов А.С., Мухиддинов Б.Ф., Эргашев У.А., Самадов А.У. ва бошқалар катта ҳисса қўшганлар.

Бугунги кунга келиб, Ўзбекистон шароитида олтин сақлаган минерал хомашёни қайта ишлаш бўйича замонавий технологиялар, бойитилиши қийин бўлган мураккаб таркибли рудаларни саноатда қайта ишланиши оқибатида юзага келган қийинчиликлар туфайли тобора долзарблик касб эта бошлади. Минерал хомашёнинг бу турларидан бири мураккаб таркибли сульфидли рудалар бўлиб, улар таркибида майда дисперс тарқалган олтин бўлади. Бу борада бактериал оксидлаш усули минерал хомашёни қайта ишлашнинг замонавий йўналишларидан бири бўлиб, у мураккаб таркибли олтинли рудаларни қайта ишлаш имконини беради ва атроф-муҳитни самарали муҳофаза қилишни таъминлайди.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ 2-2016-сон «БИОКС реакторларида флотоконцентрларни бактериал оксидлашда кимёвий ва физик-кимёвий жараёнларни тадқиқ қилиш» ва 3-2018-сон «Флотоконцентратни бактериал оксидлашда кимёвий ва физик-кимёвий жараёнларни тадқиқ қилиш» мавзуларидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади флотоконцентратни бактериал оксидлашда кимёвий ва физик-кимёвий жараёнларни аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

флотоконцентратни бактериял оксидлаш жараёнига таъсир этувчи параметрлар (рН муҳити, эритмадаги олтин миқдори, жараён давомийлиги ва бошқ.)нинг қимматбаҳо металлнинг ажралиш унумига таъсир қонуниятларини ўрганиш;

янги ноорганик ва органик бирикмалар ҳосил бўлишининг сифат ва миқдорий тавсифини, флотоконцентратни оксидлашда минераллар ва қимматбаҳо нодир металлларнинг эришига олиб келадиган кислотали аралашмаларнинг хусусиятлари ва таркибини тадқиқ қилиш;

бактериял оксидлаш жараёнида минералларнинг кимёвий ўзгаришларини тадқиқ қилиш;

биокекни сорбцион цианлаш жараёнига тайёрлаш учун нейтралловчи реагентлар табиати таъсирини тадқиқ қилиш;

флотоконцентратни бактериял оксидлаш жараёнида кислотали чиқинди сувлардан КЕЭларини ажратиш имкониятларини тадқиқ қилиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Навоий кон-металлургия комбинатининг 3-сон гидрометаллургик заводидаги Кўкпатас ва Даугизтау конлари рудаларини бойитишда ҳосил бўладиган флотоконцентрат олинган.

Тадқиқотнинг предмети флотоконцентратни бактериял оксидлаш жараёни ва уни комплекс сифат ва миқдорий таҳлили ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида олтин сақлаган сульфидли флотоконцентратларни бактериял оксидлаш хусусиятларини илмий ва назарий жиҳатдан асослаш ҳамда комплекс физикавий-кимёвий таҳлил, жумладан масспектрал таҳлил, суюқлик хроматографияси, рентгенография, сканерли электрон микроскопия усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бор рентген структурали таҳлил усули билан бактериял оксидлаш жараёнида минералларнинг кимёвий ўзгаришлари аниқланган;

илк бор янги ноорганик ва органик бирикмалар ҳосил бўлишининг сифат ва миқдорий кўрсаткичларини аниқлаш орқали флотоконцентратни оксидлашда минераллар ва қимматбаҳо нодир металлларнинг эришига олиб келадиган кислотали аралашмаларнинг хусусиятлари ва таркиблари аниқланган;

биокекни сорбцион цианлашга тайёрлаш жараёнида нейтралловчи реагентлар табиати аниқланиб, СаО нинг самарадорлиги асосланган;

илк бор бактериял оксидлаш жараёнида органик углероднинг сорбцион хусусиятлари ва унда элементларнинг ютилиш хоссалари аниқланган;

илк бор флотоконцентратни бактериял оксидлаш жараёнида кислотали чиқинди сувлардан КЕЭларини ажратиш усули ва технологик схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

биооксидлаш реакторларининг суюқ фазасида 68 та элементнинг, сульфат, хлорид ва нитрат ионларининг сифат ва миқдорий кўрсаткичлари аниқланган;

биооксидлаш реакторларида флотоконцентратни оксидлаш жараёнида минералларнинг кимёвий ўзгаришилари натижасида янги минераллардан ярозит, гидрониумярозит, бассанит ва бошқалар ҳосил бўлиши аниқланган;

кислотали чиқинди сувларни нейтраллаш учун энг самарали реагент кальцинацияланган сода Na_2CO_3 эканлиги асосланган;

флотоконцентратни бактериал оксидлаш жараёнида кислотали чиқинди сувлардан КЕЭларини ажратиш усули ишлаб чиқилган ҳамда технологик схема таклиф этилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тадқиқотларда олиб борилган сезиларли ҳажмдаги тажриба ва саноат миқёсида ўтказилган экспериментларнинг натижаларини қониқарли мутаносиблиги, ISP-масс-спектроскопия, суюқлик хроматографияси, рентгенография, сканерли электрон микроскопия ва бошқалар каби замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари ёрдамида флотоконцентратнинг бактериал оксидланиши натижаларининг мос келиши билан исботланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти олтин сақлаган сульфидли флотоконцентратларни бактериал оксидлашда физик-кимёвий жараёнларни асослаш, шунингдек унинг параметрларига-муҳитнинг рН, эритмадаги олтин миқдори, флотоконцентратни бактериал оксидлаш жараёнининг давомийлиги таъсири қонуниятларини ўрганиш билан изоҳланади;

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти олтин сақлаган сульфидли концентратларни оксидлашда минералогик таркиби ўзгаришларини ўрнатиш ҳамда биокекни сорбцион цианлашга тайёрлашда реагентларни нейтраллаш хусусиятини тадқиқ қилишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Олтин сақлаган флотоконцентратларни оксидлашнинг физик-кимёвий хусусиятларини тадқиқ қилиш бўйича олинган натижалар асосида:

цианлаш жараёнидан олдин биокекни ишқорлаш «Навоий кон-металлургия комбинати» ДК 3-сон гидрометаллургия заводида амалиётга жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2021 йил 7 июлдаги 02-06-07/7028-сон маълумотномаси). Натижада, сўндирилмаган оҳакни қўллаш, бошқа нейтралловчи реагентларни қўллагандагига қараганда олтиннинг ажралиш даражаси (0,8-1,0%) юқори бўлиши имконини берган;

қарама-қарши декантация кислотали чиқинди сувларини нейтраллаш «Навоий кон-металлургия комбинати» ДК 3-сон гидрометаллургия заводида амалиётга жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2021 йил 7 июлдаги 02-06-07/7028-сон маълумотномаси). Натижада, кислотали чиқинди сувларни нейтраллаш учун СаО нинг сарфи кунига 2016 т эканлиги ҳамда бу қолган реагентларга нисбатан энг иқтисодий самарадор эканлигини баҳолаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотларнинг натижалари 5 та халқаро ва 12 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 25 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 7 та, жумладан Республика нашрларида 5 та ва хорижий журналларда 2 та мақола нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 117 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 мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланилиши бўйича тавсиялар, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

«Олтин сақлаган рудалар ва фойдали қазилмаларни қайта ишлашнинг замонавий ҳолати» деб номланган диссертациянинг биринчи боби адабиётлар шарҳи бўлиб, унда олтин сақлаган рудалар ва минералларнинг таснифини, олтинни эритишга олиб келувчи органик ва ноорганик бирикмалар ҳамда бойитиш жараёнларининг технологик босқичларидан тегишли элементларни ажратиб олиш имкониятини кўриб чиқадиган таҳлил ўтказилган. Ўрганилган маълумотлар асосида оксидланиш жараёнининг физик-кимёвий хусусиятларини аниқлашга қаратилган комплекс ва тизимли тадқиқот ўтказиш мақсадга мувофиқ бўлади. Бундай ҳолда, нодир металлнинг ажралиш унуми камайишига сабаб бўладиган омилларни ўрганиш долзарб масала бўлиб қолмоқда. Бундан ташқари, технологик жараёни оқилона олиб бориш ресурсларни тежалишига олиб келади, тайёр маҳсулот чиқиш унумини оширади.

Таҳлиллар асосида сульфидли рудаларни бактериал оксидлаш жараёнининг технологик параметрларига таъсир этувчи асосий омиллар кўрсатилган. Адабиётларни танқидий таҳлил қилиш ва бактериал оксидланиш жараёнининг ҳозирги ҳолатини ўрганиш асосида, иқтисодиёт нуқтаи назаридан талабга жавоб берадиган элементларни бир вақтнинг ўзида ажратиб олиш имконини берувчи технологияни яратиш энг истиқболли саналади.

Сульфидли рудаларнинг бактериал оксидлаш ҳолати ҳақидаги адабиётлар танқидий ўрганилиб, диссертация ишининг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг **«Тадқиқот объектларини асослаш ва тажриба ўтказиш усуллари»** деб номланган иккинчи бобида бошланғич

моддаларнинг физик-кимёвий хусусиятлари ҳамда тадқиқот усуллари берилган. Объект сифатида бактериал реакторларидаги флотоконцентрат танлаб олинган.

Диссертация ишида қўлланилган физик-кимёвий таҳлил усулларининг (масс-спектрал таҳлил, микроскопик таҳлил, газ-суюқлик хроматографияси ва рентген дифракцияси таҳлили) моҳияти ва технологик жараёнларнинг қаттиқ ва суюқ ҳолатидаги элементларнинг ва ионларнинг сифат ва миқдорий хусусиятларини аниқлаш учун стандарт таҳлил усуллари келтирилган.

Диссертациянинг «**Суюқ фазада катион ва анионларнинг сифат ва миқдорий характеристикаларини тадқиқ қилиш**» деб номланган учинчи бобида катион ва анионларнинг бактериал оксидланиш жараёнининг технологик эритмаларида сифат ва миқдорий таҳлили натижалари келтирилган.

3-сонли гидрометаллургия заводидаги технологик занжирнинг 13 та нуқталаридан олинган суюқ намуналарнинг масс-спектрал таҳлили 60 дан ортиқ элементларининг сифат ва миқдорий таркибини аниқлади. Бунда кислотали муҳитда микроорганизмлар томонидан тўлиқ ва қисман эриши лозим бўлган элементлар аниқланади. Элементлар таркиби ИС-ICP-MS-7500 маркали қурилмада кўриб чиқилди.

1-жадвал

Бактериал оксидлаш намуналарида аниқланган анионларни миқдорий тавсифи натижалари

№	Намуналар номи	Суюқ фаза таркиби		
		SO ₄ ²⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ мг/л
1.	Юқори тақсимлаш классификатори	1493	283	15,6
2.	ХТК флотоконц.	2872	320	12,4
3.	2-1 реактор	2548	155	29,4
4.	2-2 реактор	2453	164	35,7
5.	2-3 реактор	2215	124	47,5
6.	2-4 реактор	1955	145	35,6
7.	2-5 реактор	1877	159	29,1
8.	2-6 реактор	1785	164	19,8
9.	ҚҚД-1	2065	305	15,6
10.	ҚҚД-3	-	-	-
11.	КЕМИКС таъминоти	-	-	-
12.	Цианлаш чиқиндилари	-	-	-
13.	Цианлаш куйиндиси чиқиндилари	-	-	-

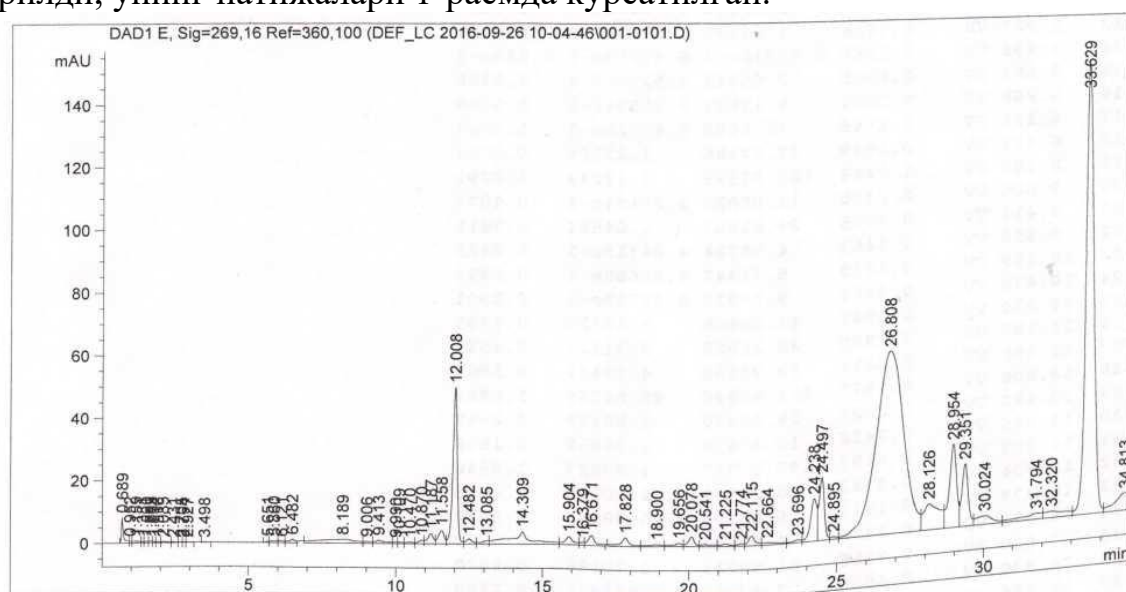
Сульфидли минераллар таркибида энг кўп учрайдиган 6 та кимёвий элемент аниқланди. Бу кимёвий элементлар камайиш тартибида- Si, Ca, Na, K, Fe ва P да келтирилган бўлиб, улар барча турдаги рудалар – руда ҳосил қилувчи, аксессуар ва рудали минераллар таркибига киради. Бу каби

элементларга S ва C элементларини кўшиш тўғри бўлади, чунки уларнинг миқдори руда таркибида юқори бўлиб, улар айниқса бойитиш босқичларидан сўнг бактериал оксидлашга учрайди.

Бактериал оксидлаш жараёни эритмаларидаги анионларнинг сифат ва миқдорий таркиби таҳлил қилинди (1-жадвал). Титриметрик ва фотоколориметрик анализларда эритмадаги хлорид ионларининг ўртача миқдори 283 мг/ л, нитрат ионларининг миқдори эса 15,6 мг/л га тенг бўлди.

Кислотали муҳитда хлорид ва нитрат ионлари хлорид ва нитрат кислоталарни ҳосил қилиши мумкин, у ҳам мос равишда шох ароғи шаклида олтинни эритишда иштирок этиб, эритмага ўтказиши мумкин. Бундан ташқари эритмаларда селенат ва сульфат ионлари ҳам аниқланди.

Бундан ташқари, биз томонимиздан, суюқлик хроматографияси орқали суюқ фазалардаги оксил таркибини сифат ва миқдорий таҳлили амалга оширилди, унинг натижалари 1-расмда кўрсатилган.



1-расм. Флотоконцентратни бактериал оксидлашдаги суюқ фазасидаги аминокислоталарнинг суюқлик хроматограммаси

Тадқиқот натижаларининг таҳлили (1-расм) эритмаларда асосан уч турдаги аминокислоталар-цистеин, треонин ва аргининларни борлигини кўрсатди, уларнинг миқдорий кўрсаткичлари натижалари 2 – жадвалда келтирилган

Иккиламчи оксидланиш реакторларининг суюқ фазасида эркин аминокислоталар миқдори бирламчи оксидланиш реакторларига нисбатан бирмунча кам. Оксиллар таркибига 20 та аминокислота киради, улардан агрессив сульфат кислотали шароитда фақат 3 тасигина эркин аминокислота сифатида аниқланди, улар бошқа 17 та аминокислотага нисбатан, ўз фаоллигини кўрсатиб ва кислотали муҳитларда металллар билан таъсирлашиши мумкин.

Қарама-қарши декантация ҚҚД-1нинг суюқ фазасида аминокислоталарнинг кўпчилигининг ювилиши қайд этилган ва ҚҚД-3 да ювилган биокекда эса аминокислоталар миқдори минимал бўлади. КЕМИКС таъминотида белгиланган учта аминокислотанинг миқдори минимал бўлади.

Сульфат кислота ҳосил бўлиш механизмини аниқлаш учун биз қуйидаги тажрибани бажардик. 50 литр ҳажмли тажриба реакторидан намуналар олинди. Реакторни ишга тушириш учун бактериал оксидлаш 1-сон модулидан рН -1,32 бўлган ва 1100 г/л зичликдаги инокулянтдан олиб келинди.

2-жадвал

Флотоконцентратни бактериал оксидлаш жараёни намуналарида аминокислоталарнинг микдорий кўрсаткичлари натижалари

№	Намуналар номи	Цистеин		Треонин		Аргинин	
		[mAu*s]	мг/мл	[mAu*s]	мг/мл	[mAu*s]	мг/мл
	Стандарт [mAU*s]	73,45		284,8		285,86	
1.	Классификатор юқори тақсимлагичи	-	-	-	-	-	-
2.	ХТК флотоконц.	-	-	-	-	-	-
3.	2-1 реактор	275,6	0,0912	513,67	0,034	519,87	0,0455
4.	2-2 реактор	300,5	0,1023	518,18	0,040	526,24	0,0522
5.	2-3 реактор	314,4	0,1447	524,23	0,046	521,11	0,0504
6.	2-4 реактор	76,64	0,026	325,48	0,028	214,548	0,0187
7.	2-5 реактор	158,67	0,054	347,23	0,033	272,38	0,0238
8.	2-6 реактор	69,48	0,0236	213,17	0,018	185,196	0,0162
9.	ҚҚД -1	367,7	0,0322	187,27	0,011	167,234	0,0163
10.	ҚҚД -3	54,8	0,018	146,18	0,017	189,94	0,0166
11.	КЕМИКС таъминоти	24,3	0,005	76,4	0,008	88,86	0,0077
12.	Цианлаш чиқиндилари	-	-	-	-	248,3	0,0217
13.	Куйиндини цианлашдан кейинги чиқиндилар	-	-	-	-	-	-

Умумий олтингугурт-17,8%, сульфидли олтингугурт- 14, 13%, умумий углерод-2,47%, органик углерод 1,34 %, зичлиги 1335 г/л (намуна №. 793) бўлган флотоконцентрат 20 литр микдорида ХТК (хомашё тайёрлаш контури) дан келтирилди.

Реакторга инокулянт қуйилди ва ҳар 2 соатда 1 литрдан флотоконцентрат бериб борилди. Реакторни ишга туширгандан сўнг рН муҳитидан келиб чиқган ҳолда қуйидаги намуналар олинди : флотоконцентрат рН-8,2 №793- намуна; биокек рН-1,39 842-намуна; биокек рН-1,42 843-намуна; биокек рН-1,37 869-намуна; биокек рН 1,40 870-намуна; биокек рН-1,34 917-намуна. Намуналар рентген фазали таҳлил қилинди.

Юқоридаги намуналарнинг дифрактограммалари Риетвелд усули билан қайта ишланиб, уларнинг умумлашган натижалари 3-жадвалда келтирилган.

Тадқиқот натижаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, пирит микдори намуналарда 13,7% дан 1,79% гача, арсенопирит эса 3,27% дан 0,37% гача ўзгаради ва № 870 ва № 917 намуналарида арсенопирит заррачалари йўқлиги кузатилади.

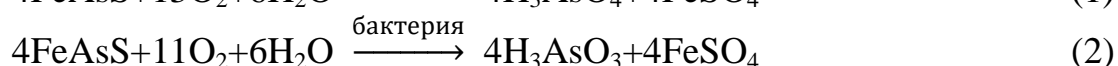
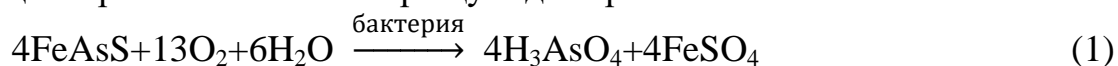
3-жадвал

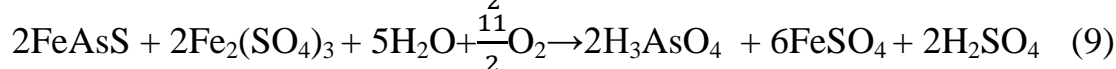
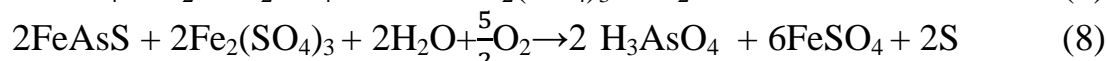
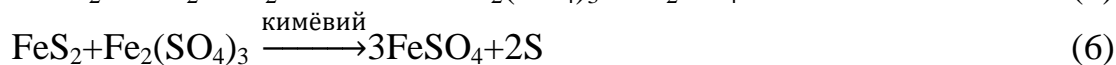
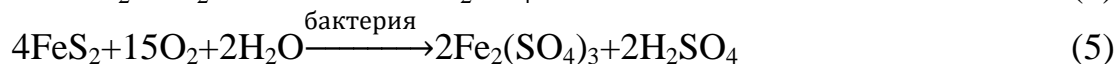
Олинган қаттиқ №842, №843, №869, №870 №793 ва № 917
намуналарни йиғма минералогик таркиби

№	Минерал номи	Намуналар, %					
		№793	№842	№843	№869	№870	№917
1.	Пирит	13,7	4,10	5,73	3,76	28,28	1,79
2.	Кварц	16,9	31,32	30,93	28,26	28,28	28,07
3.	Мусковит	30,2	40,65	42,06	40,47	33,74	45,07
4.	Клинохлор	0,85	-	0,63	1,62	1,7	-
5.	Анортит	11,4	7,89	10,44	10,4	12,82	10,68
6.	Арсенопирит	3,27	2,01	1,84	0,37		
7.	Диккит	3,04	1,06	0,81	1,72	1,11	0,44
8.	Хлорит2b	6,33	2,45	1,9	2,57	2,52	2,48
9.	Графит	4,05	1,3	1,68	2,95	4,75	1,48
10.	Гипс	-	1,21	-	-	1,27	1,36
11.	Рутил	-	0,98	-	0,58	-	-
12.	Каолин	-	0,75	-	1,11	2,54	1,14
13.	Гидрониум-ярозит	-	0,243	0,25	-	0,73	0,32
14.	Ярозит	-	3,74	3,28	4,16	3,24	3,12
15.	Анагаз	-	0,739	-	1,19	1,709	1,052
16.	Накрит	-	1,55	0,46	0,79	1,86	-
17.	Молибденит	-	-	-	-	0,062	0,031
18.	Гидроталькит	-	-	-	-	-	2,97
19.	Кальцит	1,51	-	-	-	-	-
20.	Монтichelлит	4,27	-	-	-	-	-
21.	Анкерит	3,2	-	-	-	-	-
22.	Тальк	1,27	-	-	-	-	-

Олинган натижаларга кўра шундай хулосага келиш мумкинки, жараёнда дастлаб арсенопирит оксидланишга учрайди, сўнгра пирит ва бошқа олтингугуртли минераллар оксидланади.

Арсенопирит ва пиритнинг бактериал ҳужуми асосан бевосита контакт механизми орқали содир бўлади. Пирит ва арсенопирит оксидланиш реакцияларининг тенгламалари қуйида берилган:





Кейинчалик (4 ва (7) реакциялар, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ва H_2SO_4 ҳосил қилиб боради.

Диссертациянинг «**Бактериал оксидланиш технологияси жараёнида флотоконцентратнинг минералогик таркибини тадқиқ қилиш**» деб номланган тўртинчи боби бактериал оксидланиш технологиясининг минералогик таркибини ўзгаришини ўрганишга бағишланган. Пирит (FeS_2), арсенопирит (FeAsS), стибнит (Sb_2S_3), ярозит ($\text{MFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, бу ерда $\text{Me}=\text{K}^+, \text{Na}^+$ ёки NH_4^+), ярозит гидрониуми $\{(\text{H}_3\text{O})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6\}$ ва кальций сульфат концентрациясидаги ўзгаришлари рентгенофаза таҳлил ва ярим микдорий элементар таҳлил учун энерго-дисперсион детекторли сканерли электронли микроскопия усулидан фойдаланган ҳолда бирма бир ўрганилган.

Бактериал оксидлаш реакторларида шакл ўзгариши амалга ошади ва кўплаб янги минераллар - альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, янсит (CaMnMg), тодорокит, кварц ва ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ҳосил бўлади. Иккинчи реакторда биринчи реактордаги минераллар такрорланади. Учинчи оксидлаш реакторида эса юқоридаги минералларга қўшимча тарзда янги- мусковит $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$, фенгит, вашигит ва тодорокит каби минераллар пайдо бўлади.

Бу каби минераллар қолган барча реакторларда ва ҚҚД-1 ва ҚҚД-3 контурларининг қаттиқ фазасида, шунингдек, сорбцион цианлаш ва цианлаш чиқиндиларида ҳам бўлади. Фақат куйдириш пайтида углерод таркибида ўзгариш пайдо бўлади ва гематит, берлинит ва кремний алюминий фосфат кўринишидаги янги ноорганик бирикмалар кўшилади.

Таҳлиллар шуни кўрсатадики, флотоконцентрат таркибида минерал стибнит (Sb_2S_3) мавжуд бўлиб, бактериялар фаолиятига салбий таъсир кўрсатади. Агар бўтана таркибидаги сурьманинг концентрацияси юқори бўлса, асосий минералларнинг тўлиқ бўлмаган оксидланиши кузатилади.

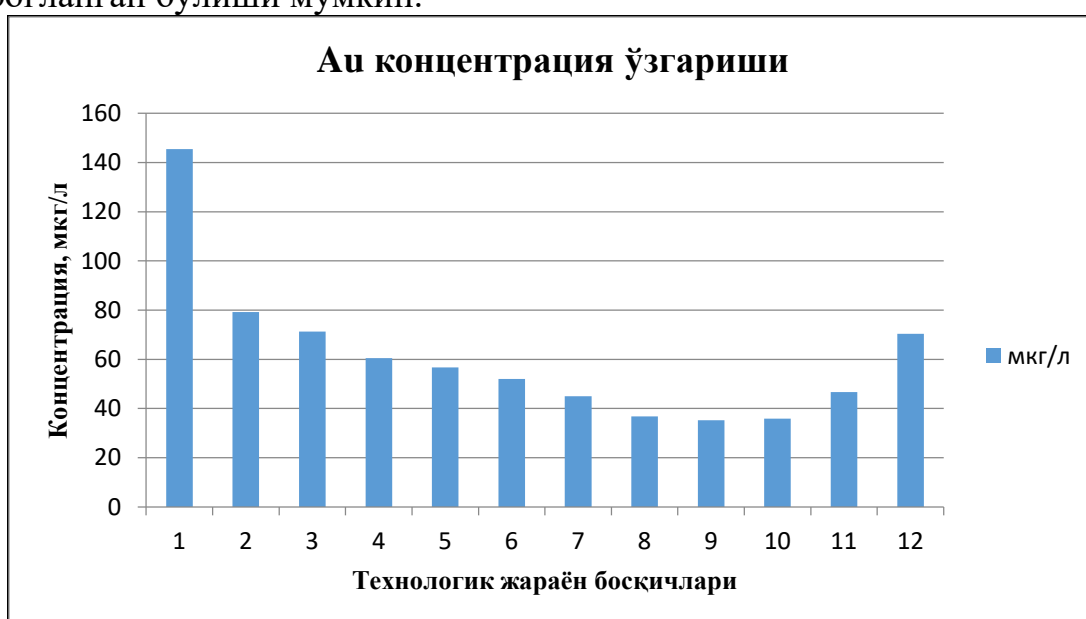
Ярозит, ярозит гидрониуми ва бошқа минералларнинг ҳосил бўлиши адабий маълумотларга кўра, пирит сиртида хлорид ионларининг юқори концентрацияларида (5 г/л дан ортиқ) ҳосил бўлади ва пирит/арсенопиритнинг оксидланиш жараёнига салбий таъсир кўрсатади.

Диссертациянинг «**Қимматбаҳо, нодир ва камёб ер элементларини ажратиб олишга турли омилларнинг таъсири**» деб номланган бешинчи

бобида қимматбаҳо, нодир металлари, ҳамда КЕЭ бойитиш ва ажратиб олиш жараёнига турли омилларнинг таъсирини ўрганишга бағишланган.

Суюқ фазада олтин ионларининг мавжудлиги бўйича тадқиқот натижаларини таҳлил қилиш (2-расм) шуни кўрсатдики, майдалаш босқичида эритмага 141 мкг/л миқдорда коллоид олтин ажралади.

Флотация пайтида бу олтиннинг бир қисми йўқолади ва эритмада фақат 80 мкг/л ни қолади. Бундан кўришиб турибдики, флотация реагентларининг айрим турлари бўйича депрессияли олтин ионлари флотация чиқиндиларига ўтади. Кейинчалик оксидланиш реакторларида ион ҳолидаги олтин миқдори 60 дан 45 мкг/л гача камаяди. Коллоид олтиннинг қолган қисми нейтралланиш босқичига ўта туриб ҚҚД-1 да ювилиб, нейтраллаш босқичига ўтади. Агар руда ва концентратда коллоид ва дисперс олтин аниқланган бўлса, оксидланиш реакторларида эса бу олтин аминокислоталар билан боғланган бўлиши мумкин.



2-расм. Олтин ионларининг турли хил оксидлаш босқичларидаги миқдорлари ўзгариши

Қаттиқ фазадаги қимматбаҳо нодир металллар миқдори ўзгаришини ўрганиш концентранган нитрат кислота билан, шунингдек 60 °С ҳароратда тўйинган КОН эритмаси билан ишлов бериш ва 4 соат давомида қуритиш шкафида қуритиш йўли билан амалга оширилди. Олинган қаттиқ қолдиқ 450 °С ҳароратда муфель печида қуйдирилди. Кислотали ва ишқорий қайта ишлашдан сўнг барча олинган қолдиқлар таҳлил қилинди (4-жадвал).

4-жадвалдан шуни хулоса қилиш мумкинки, олтиннинг рудада ва флотоконцентратда миқдор жиҳатидан оз миқдорда эриши кузатилади. Нитрат кислота юқори эҳтимоллик билан олтин бирикмалари бўлган кварцни, дала шпатини ва бошқа минераллар агрегатларини эритади. Пирит ва арсенопиритнинг майда зарралари ичидаги олтин эса нитрат кислота таъсирига учрамайди. Оксидланиш реакторларида нитрат кислота ва калий ишқори таъсирида олтин эриши ҳақидаги бир қанча ҳолатларни кўриш

мумкин. ҚҚД -1 да олтиннинг кислотага нисбатан ишқор билан максимал эриши қайд этилди ва ҚҚД-3 да эса ишқор таъсири кузатилмади.

4-жадвал

Кислотали ва ишқорий қайта ишлашдан сўнг қаттиқ намуналардаги олтин таркибини таҳлил қилиш натижалари

Вариантлар номи	Намуналар	Au ()
Классификатор юқори тақсимлагичи	Намуна 1 кислота	797,76716
	Намуна 1 ишқор	389,15825
ХТК флотоконцентрат	Намуна 2 кислота	291,86604
	Намуна 2 ишқор	0
2-1 реактори	Намуна 3 кислота	1478,9281
	Намуна 3 ишқор	0
2-2 реактори	Намуна 4 кислота	379,42662
	Намуна 4 ишқор	0
2-3 реактори	Намуна 5 кислота	3327,3969
	Намуна 5 ишқор	428,06867
2-4 реактори	Намуна 6 кислота	3989,1352
	Намуна 6 ишқор	0
2-5 реактори	Намуна 7 кислота	5477,7156
	Намуна 7 ишқор	0
2-6 реактори	Намуна 8 кислота	5964,2433
	Намуна 8 ишқор	933,98302
ҚҚД-1	Намуна 9 кислота	8387,176
	Намуна 9 ишқор	1439,8998
ҚҚД-3	Намуна 10 кислота	14313,834
	Намуна 10 ишқор	0
КЕМИКС таъминоти	Намуна 11 кислота	8250,9392
	Намуна 11 ишқор	0
Цианлаш чиқиндилари	Намуна 12 кислота	7287,5946
	Намуна 12 ишқор	1235,7839
Куйиндини цианлашдан кейинги чиқиндилари	Намуна 13 кислота	39880,71
	Намуна 13 ишқор	3784,6911

Катионли элементларнинг органик углевод томонидан ютилиши учун масс-спектрометрик анализ усули қўлланилди. Таҳлил натижалари 5-жадвалда келтирилган.

Жадвалдан кўриш мумкинки, ҚҚД-3 контуридаги эритмага ўтказилган ва органик углеводдан ажратилган Fe-38000 г/т, As-3000 г/т, Zn-230 г/т, Cr-130-г/т, Mg-13000 г/т, Mn-180 г/т миқдорда ионлар сорбент томонидан ютилиши мумкин, сорбентнинг қолган қисмини эса Ag-20,0 г/т и Au-3,6 г/т каби нодир металллар эгаллайди.

Сулфидли минераллар намуналарининг масс-спектрометрик таҳлили
натижалари

Намуналарнинг номи	Эриган элементларнинг номланиши, г/т									
	Fe	Ag	Au	As	Zn	Cr	Mg	Al	Mn	Li
ХТК флотокон.	58000	1,2	1,00	3500	93,0	140	29000	69000	940	24,0
2-3-реактори	56000	8,3	4,30	5000	200	110	11000	45000	180	17,0
2-6-реактори	55000	4,0	5,10	7200	230	190	13000	60000	22,0	18,0
ҚҚД-3	38000	2,0	7,60	3000	230	130	13000	51000	180	22,0

Олтинни бактериал оксидаш жараёнида эритманинг асосий компонентлари одатда темир, мышьяк ва сульфат кислота (H_2SO_4) ҳисобланади. Темир одатда уч валентли олтин кўринишида ($Fe_2(SO_4)_3$), мышьяк арсенат кўринишида - (As^{5+}) ва арсенат кислота - (H_3AsO_4) шаклида мавжуд бўлади. Нейтраллаш босқичининг асосий мақсади зарарли элементларни нейтраллаш, темир ва мышьякни зарарсиз ажратиш учун барқарор шаклда чўктиришдан иборат.

Таклиф этилаётган нейтралловчи реагентларнинг солиштирма
сарфлари натижалари

№	Вақт, мин	Нейтралловчи реагентлар							
		Сарф СаО, г	рН муҳит	Сарф СаСО ₃ , г	рН муҳит	Сарф NaOH, г	рН муҳит	Сарф Na ₂ CO ₃ , г	рН муҳит
1.	0	50	1,53	50	1,50	50	1,50	50	1,53
2.	15	50	1,55	50	1,53	50	1,58	50	1,73
3.	45	100	1,85	100	2,11	50	2,16	50	2,28
4.	75	100	2,35	100	2,43	50	2,69	50	2,74
5.	105	50	2,85	100	2,69	50	2,88	50	2,94
6.	135	30	3,35	50	3,33	30	3,13	50	3,07
7.	150	20	6,22	30	4,30	10	6,26	30	3,32
8.	165			30	4,88			50	5,76
9.	175			30	5,30			5	6,08
10.	195			20	5,76				
11.	210			10	5,95				
	3 ³⁰	400	6,22	570	5,95	290	6,26	385	6,08

Нейтралловчи реагентлар сарфини солиштириш учун бир қатор тажрибаларни бажардик. Нейтралланган оқим ҚҚД-1 нинг юқори қисмидан 5 литр ҳажмда ($\rho=1045$ г/т, $pH=1,3$, $Fe^{2+}=0,05$ г/л, $Fe^{3+}=10,3$ г/л) намуна олинди. Нейтралловчи реактивлар сифатида тажрибада СаО, СаСО₃, NaOH, Na₂CO₃ танланди. Реагентлар сарфининг вақтга боғлиқ ҳолда олинган натижалари 6-жадвалда кўрсатилган.

Шуни таъкидлаш лозимки, оҳактош билан нейтраллаш вақтида реакторларда гипс қолдиқлари ҳосил бўлиб, улар нейтраллаш бакларининг ишчи қисмларига, аралаштиргичларга, бўлинмаларга, аераторларга ва танк бакларнинг ички қисмига чўкиши мумкин. Шу билан бирга бакларнинг иш ҳажми камаяди, механик ускуналарнинг ишлаши қийинлашади ва жараённинг самарадорлиги пасаяди.

ҚҚД-1 кислотали чиқинди сувини нейтраллашда гипс ҳосилаларини ҳосил бўлишига йўл қўймаслик учун кальцинацияланган содадан фойдаланиш таклиф этилади.

Биооксидлаш маҳсулотини ишқорий муҳитга етказишда ишлатиладиган турли нейтралловчи реагентларнинг сорбцион цианлаш вақтида олтинни ажратиб олиш кўрсаткичларига таъсирини аниқлаш учун ҚҚД-3 маҳсулотларининг қаттиқ фазаси қуйидаги реагентлар – сўндирилмаган оҳак, каустик ва кальцинацияланган сода билан нейтраллаш жараёни олиб борилди, уларнинг натижалари 7-жадвалда келтирилган.

7-жадвал

ҚҚД -3 даги биокекни турли нейтралловчи реагентлар ёрдамида сорбцион цианлаш натижалари

Цианлаш шартлари: pH-10,5-11; $V_{\text{кумир}}$ -10,0%, $C_{(\text{NaCN})}$ -2500 мг/л, 4 соат ушлаб турган ҳолда, сорбциялаш вақти-16 соат.

Ишқорловчи реагентлари	Бошланғич намунадаги элементлар миқдори			Au, сорб. ционлаш қаттиқ чиқин., г/т	Au, сорб. ционлаш суюқ чиқин., мг/л	Ажратиб олинган, %
	Au, г/т	S _s , %	C _{орг} , %			
CaO	22,7	1,81	1,59	3,24	Мавжуд эмас	85,7
Na ₂ CO ₃				3,30	Мавжуд эмас	85,5
NaOH				3,42	Мавжуд эмас	84,9
CaO	24,4	1,74	1,53	3,81	Мавжуд эмас	84,4
Na ₂ CO ₃				3,96	Мавжуд эмас	83,7
NaOH				4,04	Мавжуд эмас	83,4

Кўплаб минерал ва рудаларни кўп сонли кимёвий ва спектрал таҳлили шуни кўрсатдики, улар орасида КЕЭ кенг тарқалган. Танланган реактивлар ва ион алмашувчи смолалар ёрдамида тегишли технологик схемаларни ишлаб чиқиб, бу элементларни эритма ва чўкмадан ажратиб олиш мумкин. Тадқиқот объекти сифатида қарама-қарши декантация жараёнидан кейин олинган эритма танланди. Эритма дастлаб механик қўшимчалардан филтрланди. Механик филтрациядан кейин кислотали чиқинди сув pH-1,2, $\rho=1021$ г/л эга бўлди.

Экстракция шишадан тайёрланган тақсимловчи варонкаларда олиб борилди, аралаштириш вақти 15 минут, қаватларга ажралиш вақти 20 минут бўлди. Д2ЭГФК экстрагент сифатида, HCl эса реэкстракция учун қўлланилди. Элементлар миқдорини аниқлашни индуктив-боғланган

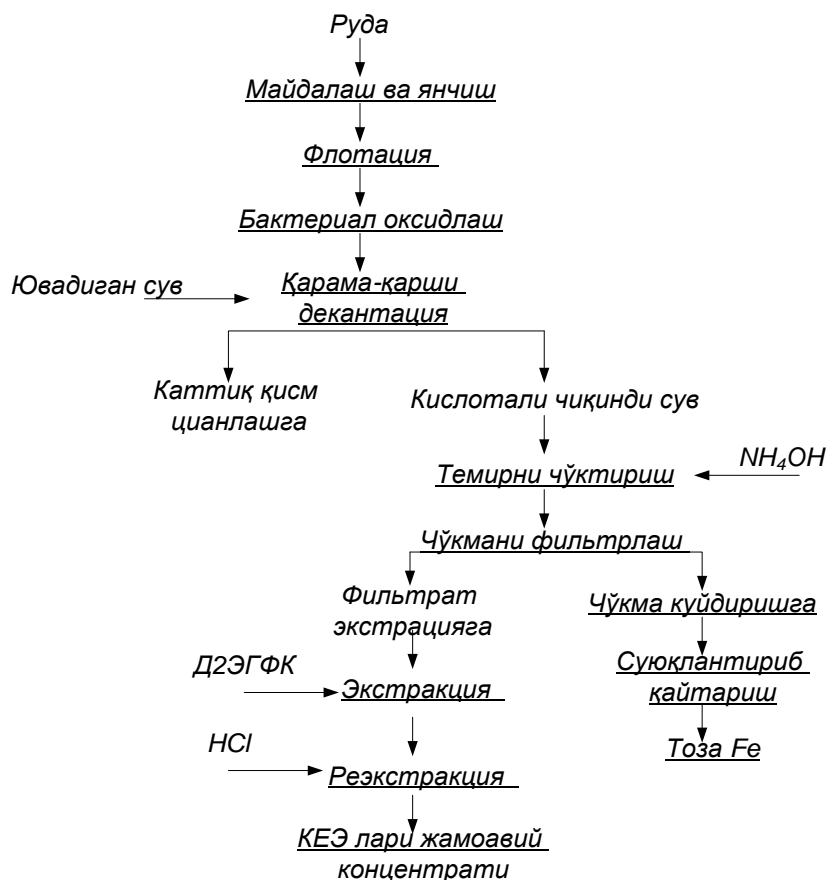
плазмали, ELAN 9000 KRC-e (Perkin Elmer, USA) динамик реакцион ячейкали лазерли намуна олиш системаси UR 266 MACRk (New Wave Research, UK)га эга бўлган масспектрометрда (ICP-MS) амалга оширилди.

8-жадвал

Экстракциядан сўнг эритмадаги элементларнинг миқдори (мкг/л)

№	Номланиши	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
1.	Дастлабки эритмадаги миқдори	320	350	220	500	63,0	300	90,0	19,0
2.	I босқич экстракциядан сўнг	120	68,0	190	430	58,0	270	59,0	16,0
3.	II босқич экстракциядан сўнг	110	7,10	190	420	53,0	260	57,0	12,0
№	Номланиши	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1.	Дастлабки эритмадаги миқдори	120	15,0	74,0	13,0	33,0	3,90	22,0	3,60
2.	I босқич экстракциядан сўнг	53,0	5,90	19,0	3,60	5,60	0,530	2,30	0,400
3.	II босқич экстракциядан сўнг	49,0	3,10	6,00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Экстракция масспектрал таҳлили натижалари 8-жадвалда келитирлган.



3-расм. КЕЭ ларини ажратиб олишнинг тавсия этилаётган технологик схемаси

Эритмани экстракция қилиш натижаларидан кўриниб турибдики, бу усул енгил ва оғир КЕЭ ни ажратиб олишга имкон берган (3-расм).

Бундан ташқари, босқичма-босқич ажратиб олиш жараёни максимал миқдорда КЕЭларни юқори унумда олиш имконини беради. Тажриба ишлари натижаларига кўра темирни аммиакли сув билан чўктиришни, ва КЕЭ ларини бактериал оксидлаш жараёни кислотали чиқинди сувларидан ажратиб олиш имконини берадиган технологик схема таклиф этилди.

ХУЛОСА

«Олтин сақлаган флотоконцентратларни оксидлашнинг физик-кимёвий хусусиятларини тадқиқ қилиш» мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Бактериал оксидлаш жараёни эритмалари суюқ фазадаги катионларнинг сифат ва миқдорий таркиби таҳлил қилиниб, 68 та элемент аниқланди. Анионлар сифатида хлорид, сульфат ва нитрат ионларининг миқдори аниқланди. Бу ионларнинг миқдори технологик жараён сув билан таъминлаганда ҳамда микроорганизмлар учун озуқа муҳитига кўра ўзгаради.

2. Аминокислоталарнинг суюқ фазадаги таркиби тадқиқ қилинди. Эритмада асосан уч хил аминокислоталар – цистеин, треонин ва аргинин борлиги аниқланди. Бу аминокислоталар олтин ионлари билан – хелатлар металл-органик комплексларни ҳосил қилиши мумкин, бу эса қимматбаҳо металлларни ажратиш унуми пасайишига олиб келади.

3. Илк бор технологик жараёнида углероднинг қаттиқ намуналари таҳлил қилинди. Сульфид минераллари таркибида органик углероднинг активланиши ундаги нодир металлларнинг ютилишини асослаш имконини беради.

4. Илк бор бактериал оксидлаш технологияси қаттиқ намуналарининг минералогик таркиби тадқиқ қилинди. Бактериал оксидланиш жараёнларида ярозит, гидрониумярозит, бассанит, арсенолит каби янги минераллар ҳосил бўлиши аниқланди.

5. Бактериал оксидлаш кислотали чиқинди сувларини нейтраллаш учун турли реагентларнинг таъсири ўрганилди. ҚҚД-1 кислотали чиқинди сувларини нейтраллаш вақтида олинган қаттиқ фазанинг минералогик таҳлили натижаларига кўра кальцинацияланган сода энг яхши нейтралловчи реагент эканлиги асослаш имконини беради.

6. Бактериал оксидлаш жараёни технологик эритмалардан бир йўла КЕЭ ни ажратиб олиш технологияси тадқиқ қилинди. Енгил ва оғир КЕЭ ажратиб олинди. Тадқиқот натижалари асосида темирни аммиакли сув билан чўктириш ва КЕЭ чиқариш имконини берувчи технологик схема таклиф этилади.

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

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ШАРИПОВ САНЪАТ ШУХРАТ УГЛИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ОКИСЛЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТОВ**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Навои – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2021.4.PhD/T1505

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)), размещен на веб-странице Научного совета по адресу www.ndki.uz и информационно-образовательном портале Ziyonet по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель: **Санакулов Кувандик**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Самадов Алишер Усманович**
доктор технических наук, доцент
Худояров Сулейман Рашидович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»**

Защита диссертации состоится 27 декабря 2021 года в 14⁰⁰ 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, nsmi@gmail.com).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №80). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 14 декабря 2021 г.
(реестр протокола рассылки №1 от 14 декабря 2021 г.).



М.М. Якубов

И.о. председателя Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор



О.У. Фузайлов

Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, PhD, доцент



Н.А. Дониоров

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 золотосодержащие руды различаются по своему вещественному составу, взаимному связью минералов. Золотосодержащие руды относятся к типу труднообогатимых минеральных руд. Окисленные, легко перерабатываемые формы рудных ресурсов, содержащие золото, начали уменьшаться. Промышленное использование бактериального окисления, автоклавного обогащения и других методов переработки золотосодержащих руд позволяет внедрять передовые технологии в этой области. В настоящее время в мире увеличение мощностей производства золотодобывающих предприятий привело к «перевооружению» технологий заводов. В связи с этим важным является нахождение возможности переработки новых видов полезных ископаемых.

В мире, на сегодняшний день ведутся работы по оптимизации технологий переработки упорных сульфидных руд, увеличению выхода благородных металлов, нахождению оптимальных режимов работы технологической цепочки путем применения результатов научно-исследовательских работ. Вместе с этим установление механизма растворения минералов под действием бактериального окисления, минералогических составов всех процессов, определение роли растворителей благородных металлов и влияние ионного состава пульпы являются основой создания современной технологии переработки сульфидных руд с применением процесса бактериального окисления.

В Республике выполнен ряд научно-практических работ по совершенствованию технологического процесса окисления сульфидных руд, созданию попутных технологий, дающих возможность максимально извлекать сопутствующие элементы с целью увеличения экономической выгоды из действующих технологий, с применением современных технологий, позволяющих увлечению извлечения благородного металла. В Постановлении Президента Республики Узбекистан¹ определены важные задачи по «расширению научно-исследовательских работ по созданию и внедрению в производство энергосберегающих и экологически безопасных технологий...». В связи с этим, особое внимание уделяется выполнению задач по исследованию физико-химических особенностей окисления сульфидных руд, обоснованию растворимости минералов в процессе биоокисления, а также возможностей извлечения сопутствующих элементов из состава сырья с учетом максимальной выгоды переработки рудных ресурсов.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» // Сборник правовых документов Республике Узбекистан. – Т., 2017. – 103 с.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной 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 значительный вклад в развитие основ бактериальной переработки золотосодержащих руд внесли ученые Каравайко Г.И., Кондратьева Т.Ф., Польшкин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В., Минеев Г.Г., Денисов О.В., Лодейщиков В.В., Lawson E.N., Brierly J.A., Brierly C.L., Breed F.W., Tomkins A.G., Grimm R., Adams M.D., Седельникова Г.В., Санакулов К.С., Сагдиева М.Г., Абдурахмонов С.А., Хасанов А.С., Мухиддинов Б.Ф., Эргашев У.А., Самадов А.У. и др.

На сегодняшний день в условиях Узбекистана современные технологии переработки золотосодержащего минерального сырья приобретают остроту, из-за трудностей, вызванных вовлечением в технологию труднообогатимых упорных руд. Одним из таких видов минерального сырья являются упорные сульфидные руды, которые в своем составе содержат тонкодисперсное золото. Бактериальные методы выщелачивания относятся к одному из современных направлений переработки минерального сырья, которые позволяют перерабатывать золотосодержащие упорные руды и обеспечивают эффективную защиту окружающей среды.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института на темы: №2-2016 – «Исследование химических и физико-химических процессов при бактериальном окислении флотоконцентрата в реакторах БИОКС» и №3-2018 – «Исследование химических и физико-химических процессов при бактериальном окислении флотоконцентрата».

Целью исследования является определение химических и физико-химических процессов при бактериальном окислении флотоконцентрата.

Задачи исследования:

изучение закономерности влияния параметров (рН среды, содержания золота в растворе, продолжительности процесса и др.) процесса бактериального окисления флотоконцентрата на показатели извлечения благородного металла;

исследование качественных и количественных характеристик появления новых промежуточных неорганических и органических соединений, характер и состав кислотных смесей, приводящих к растворению минералов и благородных металлов при бактериальном окислении флотоконцентрата;

исследование химических превращений минералов в процессе бактериального окисления;

исследование природы нейтрализующих реагентов при подготовке биокека к сорбционному цианированию;

исследование возможности извлечения РЗЭ и сопутствующих элементов из кислых стоков процесса бактериального окисления флотоконцентрата.

Объектом исследования является флотоконцентрат, полученный при обогащении руд месторождений Кокпатас и Даугызтау на Гидрометаллургическом заводе №3 Навоийского горно-металлургического комбината.

Предметом исследования является процесс бактериального окисления флотоконцентрата и его комплексный качественный и количественный анализ.

Методы исследований. В исследованиях были использованы методы научного и теоретического обоснования свойств бактериального окисления сульфидных золотосодержащих флотоконцентратов, а также физико-химические методы анализа, включая масс-спектральный анализ, жидкостную хроматографию, рентгенографию, сканирующую электронную микроскопию.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

методом рентгеноструктурных анализов впервые определены и обоснованы химические изменения минералов в процессе бактериального окисления;

впервые определением качественных и количественных характеристик появления новых промежуточных неорганических и органических соединений, установлены свойства и состав кислотных смесей, которые способствуют к растворению минералов и благородных металлов при бактериальном окислении флотоконцентрата;

определением природы нейтрализующих реагентов биокека обоснована эффективность применения СаО;

впервые определены свойства поглощения элементов и сорбционные свойства органического углерода в процессе бактериального окисления;

впервые разработан способ и технологическая схема выделения РЗЭ из кислых стоков процесса бактериального окисления флотоконцентрата.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены качественные и количественные показатели содержания 68 элементов, ионов сульфата, хлорида и нитрата в жидкой фазе реакторов биоокисления;

установлено, что в результате химических превращений минералов в процессе окисления флотоконцентрата в реакторах биоокисления образуются ярозит, гидрониумярозит, бассанит и др.;

обоснована эффективность кальцинированной соды Na_2CO_3 в качестве реагента для нейтрализации кислых стоков;

исследованы возможности извлечения РЗЭ из кислых стоков процесса бактериального окисления флотоконцентрата и предложена технологическая схема;

Достоверность результатов исследования доказана проведением значительных объемов лабораторных и промышленных экспериментов, с удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением характеристик бактериального окисления флотоконцентрата с использованием современных физико-химических методов анализа, таких как ISP-масс-спектрометрия, жидкостная хроматография, рентгенография, электронно-сканирующая микроскопия и др.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований обусловлена установлением физико-химических процессов при бактериальном окислении золотосодержащих сульфидных руд, а также изучением закономерностей влияния параметров рН среды, содержания золота в растворе, продолжительности процесса бактериального окисления флотоконцентрата на его показатели;

Практическая значимость результатов исследований характеризуется установлением изменения минералогического состава при окислении золотосодержащих сульфидных руд, а также исследованием природы нейтрализующих реагентов при подготовке биокека к сорбционному цианированию.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по исследованию физико-химических особенностей окисления золотосодержащих флотоконцентратов:

процесс защелачивания биокека перед цианированием внедрен в ГМЗ №3 Навоийского горно-металлургического комбината (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» 02-06-07/7028 от 7 июля 2021 года). В результате наиболее высокий выход золота (0,8-1,0%) наблюдался при применении негашеной извести по сравнению с другими нейтрализующими реагентами;

процесс нейтрализации кислых стоков противоточной декантации внедрен в ГМЗ №3 Навоийского горно-металлургического комбината (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» 02-06-07/7028 от 7 июля 2021 года). Результат позволил оценить, что расход СаО на

нейтрализацию кислых стоков составляет 2016 т в сутки, что является наиболее экономически эффективным по сравнению с остальными реагентами.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования доложены и обсуждены на 12 республиканских и 5 международных научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 25 научных работ, из них 7 статей в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 5 из которых в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, цель и задачи исследования, характеризуется объект и предмет, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, изложены научная новизна и практическая значимость результатов исследования, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации «**Современное состояние переработки золотосодержащих руд и минералов**» представляет собой аналитический обзор, в котором рассмотрены классификация золотосодержащих руд и минералов, соединения органического и неорганического происхождения, способствующие растворению золота, а также возможности извлечения сопутствующих элементов из технологических стадий процессов обогащения. На основании изученных данных, возникает целесообразность проведения всестороннего и систематического исследования, направленного на определение физико-химических особенностей протекания процесса окисления. В этом случае актуальность приобретает изучение отрицательно влияющих факторов, которые приводят к уменьшению выхода благородного металла. Кроме того, рациональное ведение технологического процесса позволит сэкономить на расходы, увеличить выход готового продукта.

На основе анализов, показаны основные факторы, влияющие на технологические показатели процесса бактериального окисления сульфидных руд. Основываясь на критическом анализе литературы и изучении современного состояния процесса бактериального окисления наиболее перспективным будет создание технологии, позволяющей попутное извлечение элементов, которые будут востребованы с точки зрения экономики.

Критически изучая источники по состоянию бактериального окисления

сульфидных руд, были определены цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «**Обоснование объектов исследования и методик проведения экспериментов**», приведены физико-химические характеристики исходных материалов, а также методы исследования. В качестве объекта был выбран флотоконцентрат находящийся в реакторах биоокисления.

В диссертационной работе приведены характеристики использованных физико-химических методов (масспектральный анализ, микроскопический анализ, газожидкостная хроматография и рентгеноструктурный анализ) и стандартных методов анализа по определению качественных и количественных характеристик элементов и ионов в твердом и жидком состоянии технологических процессов.

В третьей главе диссертации «**Исследование качественных и количественных характеристик катионов и анионов в жидкой фазе**» приведены результаты качественного и количественного анализа катионов, а также анионов в технологических растворах бактериального окисления. Масспектральным анализом жидких проб отобранных из 13 точек технологической цепочки гидрометаллургического завода №3 установлено, качественное и количественное содержание более 60 элементов. При этом определены элементы, подвергающиеся полному и частичному растворению микроорганизмами в кислой среде. Содержание элементов были исследованы на приборе марки ICP-MS-7500.

Таблица 1

Результаты количественной характеристики обнаруженных анионов в образцах биоокисления

№	Наименование образца	Ионный состав жидкой фазы образцов		
		SO ₄ ²⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ мг/л
1.	Классификатор верхнего слива	1493	283	15,6
2.	Флотоконц. из УПС	2872	320	12,4
3.	Реактор 2-1	2548	155	29,4
4.	Реактор 2-2	2453	164	35,7
5.	Реактор 2-3	2215	124	47,5
6.	Реактор 2-4	1955	145	35,6
7.	Реактор 2-5	1877	159	29,1
8.	Реактор 2-6	1785	164	19,8
9.	ПТД-1	2065	305	15,6
10.	ПТД-3	-	-	-
11.	Питание КЕМИКС	-	-	-
12.	Хвосты цианирования	-	-	-
13.	Хвосты цианир. огарка	-	-	-

Отмечены 6 химических элементов, имеющие наиболее высокое содержание в составе сульфидных минералов. Эти химические элементы, представлены в порядке убывания - Si, Ca, Na, K, Fe и P и входят в состав всех известных типов руд – порообразующих, акцессорных и рудных минералов. К этим элементам следует добавить S и C, которые поддаются бактериальному выщелачиванию и количество которых в составе сульфидных руд достаточно высока, особенно после проведения обогатительных процессов.

Было проанализировано качественное и количественное содержание анионов в растворах бактериального окисления (табл. 1). При титриметрическом и фотоколориметрическом анализах количество хлорид-ионов в растворе в среднем составило 283 мг/л, нитрат ионов - около 15,6 мг/л. Возможно, хлорид- и нитрат ионы в кислой среде способны образовывать соляную и азотную кислоты, которые также в виде царской водки могут участвовать в растворении золота и выделять его в раствор. Кроме того, в растворах были обнаружены селенат- и сульфат-ионы.

Также методом жидкостной хроматографии определены качественный и количественный анализ белкового состава жидкой фазы, результаты которой приведены на рис.1.

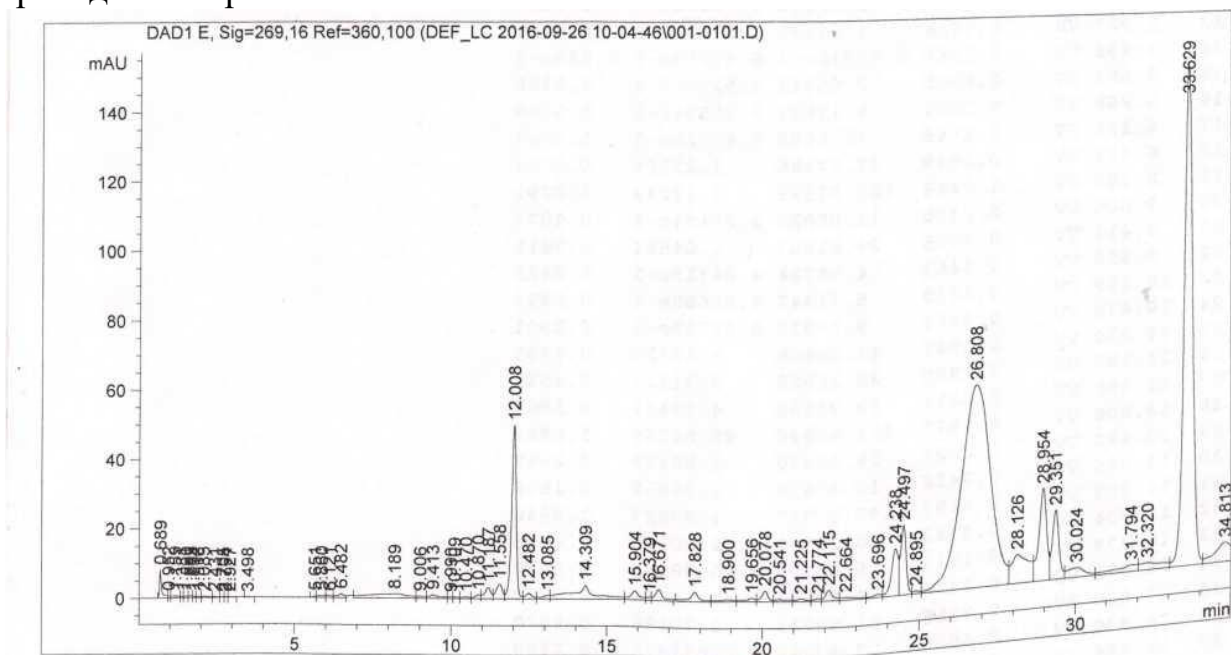


Рис. 1. Жидкостная хроматограмма аминокислот жидкой фазы бактериального окисления флотоконцентрата

Анализ результатов исследования (рис. 1), показывает, наличие в растворе в основном трех видов аминокислот – цистеина, треонина и аргинина, количественные результаты которых предоставлены в табл. 2.

В реакторах вторичного окисления в жидкой фазе количество свободных аминокислот несколько меньше, чем в реакторах первичного окисления. В состав белков входят 20 аминокислот, из которых в агрессивной серноокислой среде выявлено всего 3 свободных аминокислот, которые по сравнению с

остальными 17 аминокислотами, по-видимому, могут проявлять свою активность и способны взаимодействовать с металлами в кислых средах.

В жидкой фазе противоточной декантации ПТД-1 отмечено вымывание большей части аминокислот и в ПТД-3 в отмытом биокеке количество аминокислот минимальное. В питании КЕМИКС количество отмеченных трех аминокислот тоже минимально.

Для установления механизма образования серной кислоты нами был выполнен следующий опыт. Пробы отбирали из опытного реактора объёмом 50 л. Для пуска реактора использовано 34 литра инокулята из модуля 1 биоокисления с рН - 1,32, плотностью - 1100 г/л.

Таблица 2

Результаты количественной характеристики аминокислот образцов бактериального окисления флотоконцентрата

№	Наименование образцов	Цистеин		Треонин		Аргинин	
		[mAu*s]	мг/мл	[mAu*s]	мг/мл	[mAu*s]	мг/мл
	Стандарт [mAU*s]	73,45		284,8		285,86	
1.	Классификатор верхнего слива 1.	-	-	-	-	-	-
2.	Флотоконц. из УПС	-	-	-	-	-	-
3.	Реактор 2-1	275,6	0,0912	513,67	0,034	519,87	0,0455
4.	Реактор 2-2	300,5	0,1023	518,18	0,040	526,24	0,0522
5.	Реактор 2-3	314,4	0,1447	524,23	0,046	521,11	0,0504
6.	Реактор 2-4	76,64	0,026	325,48	0,028	214,548	0,0187
7.	Реактор 2-5	158,67	0,054	347,23	0,033	272,38	0,0238
8.	Реактор 2-6	69,48	0,0236	213,17	0,018	185,196	0,0162
9.	ПТД-1	367,7	0,0322	187,27	0,011	167,234	0,0163
10.	ПТД-3	54,8	0,018	146,18	0,017	189,94	0,0166
11.	Питание КЕМИКС	24,3	0,005	76,4	0,008	88,86	0,0077
12.	Хвосты цианирования	-	-	-	-	248,3	0,0217
13.	Хв. цианир. огарка	-	-	-	-	-	-

Флотоконцентрат был отобран из УПС (узел подготовки сырья) в количестве 20 л, с плотностью 1335 г/л, содержанием общей серы – 17,8%, сульфидной серы – 14,13%, общего углерода – 2,47%, органического углерода – 1,34 (проба №793).

Инокулят был загружен в реактор и каждые 2 часа была организована подача 1 литра флотоконцентрата. После запуска реактора были отобраны пробы исходя из рН среды: флотоконцентрат рН-8,2 проба №793; биокек рН-1,39 проба 842; биокек рН-1,42 проба 843; биокек рН-1,37 проба 869; биокек

1,40 проба 870; биокек рН-1,34 проба 917. Пробы проанализированы рентгенофазовым методом.

Дифрактограммы вышеуказанных образцов обработаны также методом Риетвелда, обобщенные результаты которых представлены в табл. 3.

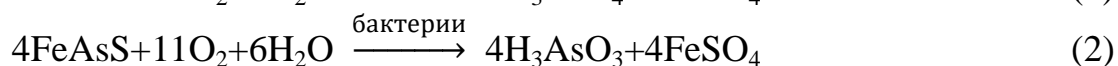
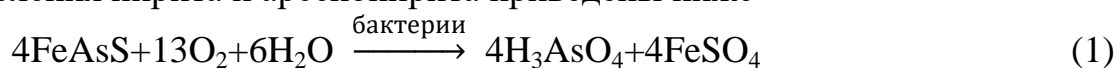
Анализ результатов исследования показывает, что количество пирита изменяется в образцах от 13,7% до 1,79%, а арсенопирита от 3,27% до 0,37%, а в образцах №870 и № 917 наблюдается отсутствие следов арсенопирита. На основе этих результатов можно сделать вывод, что в окислению подвергается в первую очередь арсенопирит, а далее происходит окисление пирита и других серосодержащих минералов.

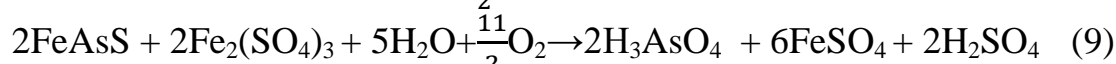
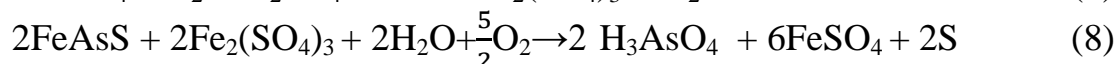
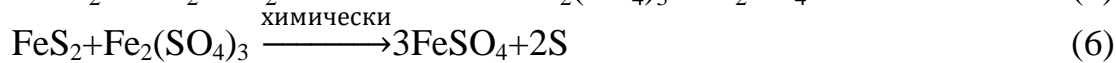
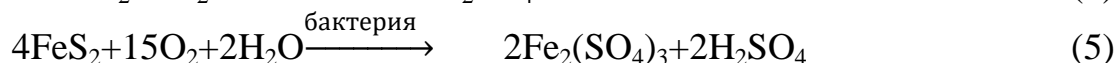
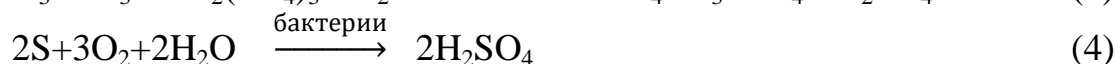
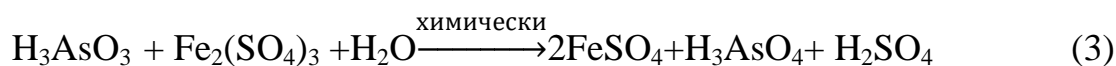
Таблица 3

Сводный минералогический состав отобранных твердых образцов №793, №842, №843, №869, №870 и №917

№	Наименование минерала	Образцы, %					
		№793	№842	№843	№869	№870	№917
1.	Пирит	13,7	4,10	5,73	3,76	28,28	1,79
2.	Кварц	16,9	31,32	30,93	28,26	28,28	28,07
3.	Мусковит	30,2	40,65	42,06	40,47	33,74	45,07
4.	Клинохлор	0,85	-	0,63	1,62	1,7	-
5.	Анортит	11,4	7,89	10,44	10,4	12,82	10,68
6.	Арсенопирит	3,27	2,01	1,84	0,37		
7.	Диккит	3,04	1,06	0,81	1,72	1,11	0,44
8.	Хлорит2b	6,33	2,45	1,9	2,57	2,52	2,48
9.	Графит	4,05	1,3	1,68	2,95	4,75	1,48
10.	Гипс	-	1,21	-	-	1,27	1,36
11.	Рутил	-	0,98	-	0,58	-	-
12.	Каолин	-	0,75	-	1,11	2,54	1,14
13.	Гидрониумярозит	-	0,243	0,25	-	0,73	0,32
14.	Ярозит	-	3,74	3,28	4,16	3,24	3,12
15.	Анатаз	-	0,739	-	1,19	1,709	1,052
16.	Накрит	-	1,55	0,46	0,79	1,86	-
17.	Молибденит	-	-	-	-	0,062	0,031
18.	Гидроталькит	-	-	-	-	-	2,97
19.	Кальцит	1,51	-	-	-	-	-
20.	Монтichelлит	4,27	-	-	-	-	-
21.	Анкерит	3,2	-	-	-	-	-
22.	Тальк	1,27	-	-	-	-	-

Бактериальная атака арсенопирита и пирита происходит главным образом посредством прямого контактного механизма. Уравнения реакций окисления пирита и арсенопирита приведены ниже





Далее повторяются реакции (4) и (7) образуя $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ и H_2SO_4 .

Четвертая глава диссертации **«Исследование минералогического состава флотоконцентрата в процессе технологии бактериального окисления»** посвящена исследованию изменений минералогического состава технологической цепочки бактериального окисления. Изменения в концентрациях пирита (FeS_2), арсенопирита (FeAsS), стибнита (Sb_2S_3), ярозита ($\text{MFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, где $\text{Me}=\text{K}^+$, Na^+ или NH_4^+), гидрониум ярозита $\{(\text{H}_3\text{O})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6\}$ и сульфатов кальция были изучены детально с использованием методов электронной микроскопии с энерго-дисперсионным детектором для полуколичественного элементного и рентгенофазового анализа.

При бактериальном окислении в реакторах происходит формообразование и появляется множество вновь образованных минералов - альбит $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, янсит (CaMnMg), тодорокит, кварц и ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Во втором реакторе наличие минералов из реактора 1 повторяется. В третьем реакторе окисления появляются дополнительно к вышеуказанным минералам, новые - мусковит $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$, фенгит, вашигит и тодорокит.

Эти минералы сопутствуют по всем оставшимся реакторам и твердой фазе узлов ПТД-1 и ПТД-3, а также при сорбционном цианировании и хвостах цианирования.

Только при обжиге, в составе огарка появляются изменения и добавляются новые неорганические соединения в виде гематита, берлинита и кремне-алюминиевого фосфата.

Из анализов видно, что в составе флотоконцентрата имеется минерал стибнит (Sb_2S_3), который негативно влияет на активность бактерий. Если концентрация сурьмы высокая в составе пульпы, то наблюдается неполное окисление основных минералов

Образованные минералы ярозита, гидрониум ярозита и др. согласно литературным данным, образуются при высоких концентрациях хлорид ионов (более 5 г/л) на поверхности пирита и отрицательно влияют на процесс окисления пирита/арсенопирита.

Пятая глава диссертации **«Влияние различных факторов на извлечение благородных и редкоземельных элементов»** посвящена

исследованию влияния различных факторов на обогащение и извлечение благородных металлов, а также РЗЭ.

Анализ результатов исследования (рис. 2) по наличию в жидкой фазе ионов золота, показали, что в самом начале, на стадии измельчения в раствор выделяется коллоидное золото в количестве 141 мкг/л.

При флотации часть этого золота пропадает, в растворе остается всего лишь около 80 мкг/л. Ионы золота депрессированные некоторыми видами флотореагентов перешли в хвосты флотации. В дальнейшем в реакторах окисления происходит уменьшение количества ионного золота в количестве от 60 до 45 мкг/л. Остальное коллоидное золото вымывается из ПТД-1, переходя на стадию нейтрализации. Если в руде и концентрате выявлено коллоидное и дисперсное золото, то в реакторах окисления — это золото может быть связано уже с аминокислотами.



Рис. 2. Поведение ионов золота на разных стадиях выщелачивания

Изменение содержания благородных металлов в твердой фазе изучали обработкой концентрированной азотной кислотой, а также насыщенным раствором КОН при температуре 60⁰ С и просушкой в сушильном шкафу в течение 4 часов. Полученный твердый остаток был подвергнут обжигу в муфельной печи при температуре 450⁰ С. Все полученные остатки после кислотной и щелочной обработки были проанализированы (табл. 4).

Из табл. 4 можно сделать вывод о том, что удалось определить незначительное, в количественном отношении, растворение золота из руды и флотоконцентрата. Азотная кислота, по всей вероятности, осуществляет растворение соединений золота в сростках кварца, полевого шпата и других минералов. Тонко вкрапленное золото пирита и арсенопирита, по-видимому, не затрагивается действиями азотной кислоты. В реакторах окисления отмечена неоднозначная картина растворения золота под действием азотной кислоты и едкого калия. На противоточной декантации – ПТД-1 отмечено

максимальное растворение золота щелочью по сравнению с кислотой, а на ПТД-3 действия щелочи не наблюдается.

Таблица 4

Результаты анализов содержания золота в твердых пробах после кислотной и щелочной обработки

Наименование вариантов	Образцы	Au ()
Верхний слив классификатора	Образец 1 кислота	797,76716
	Образец 1 щелочь	389,15825
Флотоконцентрат из УПС	Образец 2 кислота	291,86604
	Образец 2 щелочь	0
Реактор 2-1	Образец 3 кислота	1478,9281
	Образец 3 щелочь	0
Реактор 2-2	Образец 4 кислота	379,42662
	Образец 4 щелочь	0
Реактор 2-3	Образец 5 кислота	3327,3969
	Образец 5 щелочь	428,06867
Реактор 2-4	Образец 6 кислота	3989,1352
	Образец 6 щелочь	0
Реактор 2-5	Образец 7 кислота	5477,7156
	Образец 7 щелочь	0
Реактор 2-6	Образец 8 кислота	5964,2433
	Образец 8 щелочь	933,98302
Узел противоточной декантации ПТД-1	Образец 9 кислота	8387,176
	Образец 9 щелочь	1439,8998
Узел противоточной декантации ПТД-3	Образец 10 кислота	14313,834
	Образец 10 щелочь	0
Питание КЕМИКС	Образец 11 кислота	8250,9392
	Образец 11 щелочь	0
Хвосты цианирования	Образец 12 кислота	7287,5946
	Образец 12 щелочь	1235,7839
Хвосты цианирования огарка	Образец 13 кислота	39880,71
	Образец 13 щелочь	3784,6911

Для определения поглощения катионных элементов органическим углеродом был применен масс-спектрометрический метод анализа. Результаты анализов представлены в табл. 5.

Из табл. 5, видно что, выведенные в раствор на узле ПТД-3 и высвобожденные из органического углерода ионы Fe в количестве 38000 г/т, As-3000 г/т, Zn-230 г/т, Cr-130-г/т, Mg-13000 г/т, Mn-180 г/т могут быть поглощены сорбентом, а оставшуюся емкость сорбента займут благородные металлы Ag-20,0 г/т и Au-3,6 г/т.

Таблица 5

Результаты масс-спектрометрического анализа образцов сульфидных минералов

Наименование образцов	Наименование растворенных элементов, г/т									
	Fe	Ag	Au	As	Zn	Cr	Mg	Al	Mn	Li
Фл/конц.из УПС	58000	1,2	1,00	3500	93,0	140	29000	69000	940	24,0
Реактор 2-3	56000	8,3	4,30	5000	200	110	11000	45000	180	17,0
Реактор 2-6	55000	4,0	5,10	7200	230	190	13000	60000	22,0	18,0
Узел ПТД-3	38000	2,0	7,60	3000	230	130	13000	51000	180	22,0

В процессе бактериального окисления упорного золота основными составляющими выщелачивающего раствора обычно являются железо, мышьяк и серная кислота (H_2SO_4). Железо обычно присутствует в состоянии трехвалентного железа ($Fe_2(SO_4)_3$), мышьяк присутствует в виде арсената - (As^{5+}) и мышьяковой кислоты - (H_3AsO_4). Основной целью стадии нейтрализации является нейтрализация токсичных элементов, осаждение железа и мышьяка стабильной формы пригодной для безопасного удаления.

Таблица 6

Результаты сравнительного расхода предлагаемых нейтрализующих реагентов

№	Время, мин	Нейтрализующие реагенты							
		Расход CaO, г	pH среда	Расход CaCO ₃ , г	pH среда	Расход NaOH, г	pH среда	Расход Na ₂ CO ₃ , г	pH среда
1.	0	50	1,53	50	1,50	50	1,50	50	1,53
2.	15	50	1,55	50	1,53	50	1,58	50	1,73
3.	45	100	1,85	100	2,11	50	2,16	50	2,28
4.	75	100	2,35	100	2,43	50	2,69	50	2,74
5.	105	50	2,85	100	2,69	50	2,88	50	2,94
6.	135	30	3,35	50	3,33	30	3,13	50	3,07
7.	150	20	6,22	30	4,30	10	6,26	30	3,32
8.	165			30	4,88			50	5,76
9.	175			30	5,30			5	6,08
10.	195			20	5,76				
11.	210			10	5,95				
	330	400	6,22	570	5,95	290	6,26	385	6,08

Для сравнения расхода нейтрализующих реагентов нами был выполнен следующий эксперимент. Нейтрализационный сток отбирался из верхнего слива ПТД-1 в объеме 5 литров ($\rho=1045$ г/т, $pH=1,3$, $Fe^{2+}=0,05$ г/л, $Fe^{3+}=10,3$ г/л). В качестве нейтрализующих реагентов экспериментально выбраны CaO, CaCO₃, NaOH, Na₂CO₃ (табл. 6). Зависимость расхода реагентов от времени приведена в табл. 6.

Стоит отметить, что при нейтрализации известняком, в реакторах происходит образование гипсовых отложений, которые могут оседать на рабочих частях баков нейтрализации, мешалках, перегородках, аэраторах и на внутренней части корпусов самих баков. При этом происходит уменьшение рабочего объема баков, затрудняется работа механического оборудования и снижается эффективность процесса.

Предлагается использовать кальцинированную соду, которая даст возможность избежать образование гипсовых отложений при нейтрализации слива ПТД-1.

Для определения влияния различных нейтрализующих реагентов, используемых при защелачивании продукта биоокисления, на показатели извлечения золота при сорбционном цианировании, была проведена нейтрализация твердой фазы продуктов ПТД-3 следующими реагентами - известковым молоком, каустической и кальцинированной содой, результаты которых представлены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты опытов по сорбционному цианированию биокека из ПТД-3 с применением различных реагентов-нейтрализаторов

Условия цианирования: pH-10,5-11; $V_{\text{угля}}$ -10,0% об/об., $C_{(\text{NaCN})}$ -2500 мг/л, с поддержанием в течение – 4-х часов, время сорбции-16 часов.

Продукт на защелачивании	Содержание элементов в исходной пробе			Au, в тв.хв.сорбц. циан-я, г/тн	Au, в ж.ф.хв.сорбц. циан-я, мг/л	Извл., %
	Au, г/т	S _s , %	C _{орг} , %			
CaO	22,7	1,81	1,59	3,24	отс.	85,7
Na ₂ CO ₃				3,30	отс.	85,5
NaOH				3,42	отс.	84,9
CaO	24,4	1,74	1,53	3,81	отс.	84,4
Na ₂ CO ₃				3,96	отс.	83,7
NaOH				4,04	отс.	83,4

Проведенные многократные химические анализы и спектральные исследования большого количества образцов и руд показали, что среди них РЗЭ распространены довольно в широком диапазоне. Разработав соответствующие технологические схемы с применением селективных реагентов и ионообменных смол, эти элементы можно извлечь из раствора и осадка.

Объектом исследования был выбран раствор, полученный после процесса противоточной декантации. Раствор изначально был отфильтрован от механических примесей. Кислый сток после механического фильтрования имел pH-1,2, $\rho=1021$ г/л.

Экстракцию проводили в стеклянных делительных воронках, время перемешивания составляло 15 мин, время расслаивания 20 мин. В качестве экстрагента использовали Д2ЭГФК, для реэкстракции использовали раствор HCl. Определение содержаний элементов проводили на масс-спектрометре с

индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), оснащенном динамической реакционной ячейкой ELAN 9000 KRC-e (Perkin Elmer, USA) с системой лазерного пробоотбора UR 266 MACRk (New Wave Research, UK).

Таблица 8

Содержание элементов в растворе после экстракции (мкг/л)

№	Наименование	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
1.	Содержание в исходном растворе	320	350	220	500	63,0	300	90,0	19,0
2.	Содержание после I стадии экстракции	120	68,0	190	430	58,0	270	59,0	16,0
3.	Содержание после II стадии экстракции	110	7,10	190	420	53,0	260	57,0	12,0
№	Наименование	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1.	Содержание в исходном растворе	120	15,0	74,0	13,0	33,0	3,90	22,0	3,60
2.	Содержание после I стадии экстракции	53,0	5,90	19,0	3,60	5,60	0,530	2,30	0,400
3.	Содержание после II стадии кстракции	49,0	3,10	6,00	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Результаты масспектрального анализа экстракции приведены в табл. 8.

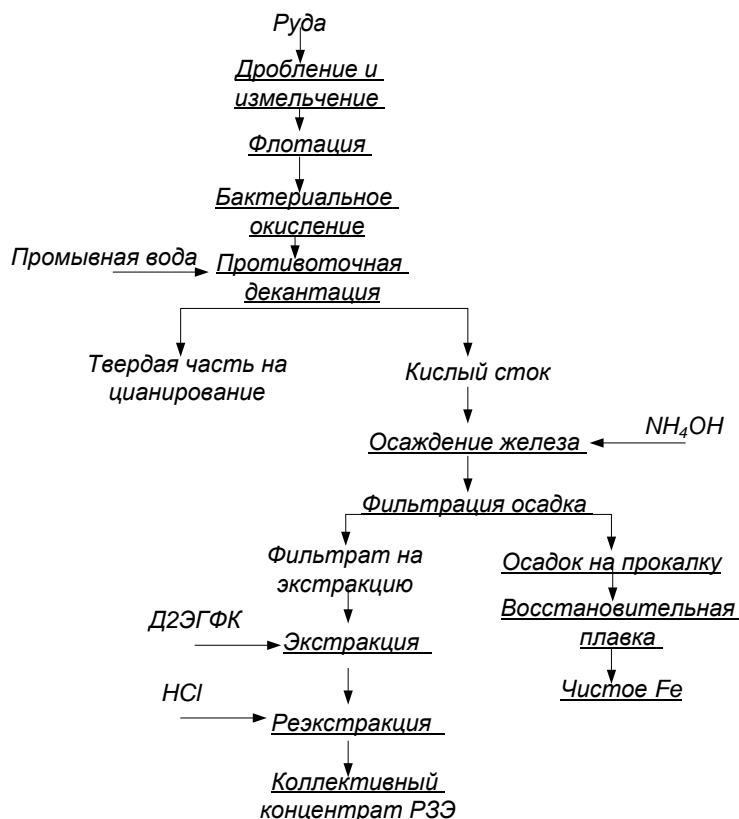


Рис. 3. Рекомендуемая технологическая схема извлечение РЗЭ

Из результатов экстракции раствора видно, что данный метод способствовал извлечению легких и тяжелых РЗЭ (рис. 3).

Кроме того, ступенчатость процесса экстракции способствовала извлечению максимального содержания легких и тяжелых РЗЭ. По

результатам лабораторных исследований рекомендована технологическая схема, включающая осаждение железа аммиачной водой и извлечение РЗЭ из кислых стоков процесса бактериального окисления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему: «Исследование физико-химических особенностей окисления золотосодержащих флотоконцентратов» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Впервые исследованы качественные и количественные содержания катионов в жидкой фазе технологического раствора биоокисления и выявлено 68 элементов. В качестве анионов определены ионы хлоридов, сульфатов и нитратов. Содержание этих ионов изменяется в соответствии подачей воды в технологическом процессе, а также питательной средой для микроорганизмов.

2. Исследованы содержания аминокислот в жидкой фазе. Выявлено, что в растворе присутствует, в основном, три вида аминокислот – цистеин, треонин и аргинин. Установлено что, эти аминокислоты способны образовывать с ионами золота металлорганические комплексы – хелаты, которые вызывают уменьшение извлечения благородных металлов.

3. Впервые исследованы поведения углерода в твердых образцах технологического процесса. Выявлена активизация органического углерода, находящегося в составе сульфидных минералов и установлено поглощение благородных металлов.

4. Впервые исследован минералогический состав твердых образцов технологии бактериального окисления флотоконцентрата. Установлено, что в процессах бактериального окисления образуются новые минералы, такие как ярозит, гидрониумярозит, бассанит, арсенолит и др.

5. Исследованы влияние различных реагентов на нейтрализацию кислых стоков бактериального окисления флотоконцентрата. Установлено что, если не учитывать стоимость реагентов, по результатам минералогических анализов твердой фазы, полученных при нейтрализации слива ПТД-1, кальцинированная сода является самым хорошим нейтрализующим реагентом.

6. Исследована технология попутного извлечения РЗЭ из технологических растворов бактериального окисления. Методом экстракции были выделены легкие и тяжелые РЗЭ. На основе результатов исследования предлагается технологическая схема, которая даёт возможность осаждения железа аммиачной водой и извлечение РЗЭ.

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

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

SHARIPOV SANAT SHUHRAT OGLI

**INVESTIGATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL FEATURES OF THE
OXIDATION OF GOLD-CONTAINING FLOTATION CONCENTRATES**

04.00.14 – Mineral processing

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

Navoi – 2021

The topic of the dissertation for the degree of the Doctor of Philosophy in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan № B2021.4.PhD/T1505.

The dissertation was completed at the Navoi State Mining Institute.

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


Scientific Consultant:	Sanakulov Kuvandik doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Samadov Alisher Usmanovich doctor of technical sciences, associate professor Khudoyarov Suleyman Rashidovich Candidate of technical Sciences, associate professor
Leading organization	«Almalyk Mining and Metallurgical Combine» JSC


The defence of the dissertation will be held on December 27, 2021 at 14⁰⁰ at the 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) 223-49-66; 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 80. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Phone: (79) 223-56-90; fax: (79) 223-49-66.

The abstract of the dissertation is distributed on December 14, 2021.
Protocol at the register No 1 dated December 14, 2021.




M.M. Yakubov
Vice-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 of Technical Sciences,


N.A. Doniyarov
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific
Council for the Award of the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The aim of the research work is to determine the chemical and physico-chemical processes during bacterial oxidation of the flotation concentrate.

The object of the research is a flotation concentrate obtained during the enrichment of ores from the Kokpatas and Daugyztau deposits at the Hydrometallurgical Plant № 3 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine.

The scientific novelty of the research is as follows:

for the first time, by studying the qualitative and quantitative characteristics of the appearance of new intermediate inorganic and organic compounds, the properties and composition of acid mixtures have been established, which contribute to the dissolution of minerals and precious metals during bacterial oxidation of the flotation concentrate;

the chemical changes of minerals in the process of bacterial oxidation were determined and substantiated for the first time by the method of X-ray diffraction analyses;

the study of the nature of the neutralizing reagents of bioceck justified the effectiveness of the use of CaO;

for the first time, the sorption properties of organic carbon were investigated, the absorption properties of elements were determined;

for the first time, a method for isolating REE from acidic effluents of the process of bacterial oxidation of the flotation concentrate has been developed, a technological scheme has been proposed.

Implementation of the research results. Based on the obtained results of the study of the physico-chemical properties of the oxidation of gold-containing flotation concentrates:

The process of latching the bioceck before cyanidation was introduced in the GMZ №3 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (reference of the State Enterprise «Navoi Mining and Metallurgical Combine» 02-06-07/7028 dated July 7, 2021). As a result, the highest gold yield (0.8-1.0%) was observed with the use of quicklime compared to other neutralizing reagents.

The process of neutralization of acidic effluents of countercurrent decantation was introduced in the GMZ №3 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (reference of the State Enterprise «Navoi Mining and Metallurgical Combine» 02-06-07/7028 dated July 7, 2021). The result allowed us to estimate that the consumption of CaO for the neutralization of acidic effluents is 2016 tons per day, which is the most cost-effective compared to other reagents.

Structure and volume of the dissertation. The thesis consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of the literature and applications. The volume of the thesis is 117 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Тагаев И.А., Саидахмедов А.А., Шодиев А.Н., Эгамбердиев Э.Э., Шарипов С.Ш. Изучение характера и степени растворимости некоторых элементов в составе сульфидных руд // Композиционные материалы Узбекистана. – Ташкент, 2019. – №1. – С. 56-58 (02.00.00; №4).

2. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Вапоев Х.М. Образование аминокислоты в процессе бактериального окисления флотоконцентрата и их влияние на извлечения благородных металлов // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. – Ташкент, 2020. – №5. – С. 48-54 (05.00.00; №9).

3. Мухиддинов Б.Ф., Санакулов К.С., Шарипов С.Ш., Алиев Т.Б. Термодинамические и минералогические характеристики образования серной кислоты в процессе бактериального окисления флотоконцентрата // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2020. – №3. – С. 105-109 (05.00.00; №7).

4. Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш. Бактериальное выщелачивание сульфидных флотоконцентратов // Universum: Технические науки. – Москва, 2020. – №12. – С. 97-101 (02.00.00; №1).

5. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Умрзаков А.Т. Исследование изменения концентрации ионов металлов в бактериальном окислении флотоконцентрата в жидкой фазе // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2020. – №4. – С. 24-28 (05.00.00; №7).

6. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Вапоев Х.М. Исследование образования анионов в процессе бактериального окисления флотоконцентрата // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2021. – №1. – С. 93-97 (05.00.00; №7).

7. Sanakulov K., Mukhiddinov B., Sharipov S. Investigation of changes in the concentration of metals in the process of bacterial oxidation of flotation concentrate // Journal of Contemporary Issues in Business and Government. – Australia, 2021. – Vol. 27, Issue 1. – P. 735-743. (Print ISSN: 2204-1990; Online ISSN: 1323-6903) Web of Science Core Collection: Emerging Sources Citation Index.

II бўлим (II часть; part II)

8. Тагаев И.А., Шарипов С.Ш., Шодикулов Ж.М., Муратова М.Н. Анализ действия тионовых микроорганизмов при бактериальном выщелачивании сульфидных руд // «Ўзбекистонда аналитик кимёнинг ривожланиш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжумани. – Тошкент, 11 май 2018 й. – 91-94 б.

9. Шарипов С.Ш., Шодикулов Ж.М., Тилавова Л.И., Кодиров С.М.

Анализ морфологических типов органического углерода в составе сульфидных руд // Международная научно-техническая конференция, посвященная 60-летию НГМК. – Навои, ноябрь 2018. – С. 113.

10. Шарипов С.Ш., Эгамбердиев Э.Э. Анализ морфологической структуры углерода // Сборник статей IX Международного научно-исследовательского конкурса «Научные достижения и открытия 2019». – Пенза, 15 ноябрь 2019 г. – С. 26-31.

11. Шарипов С.Ш., Эгамбердиев Э.Э., Шодикулов Ж.М., Когай К.В. Органик углероднинг сорбциялаш хусусиятлари // «XXI аср – интеллектуал ёшлар асри» мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси. – Тошкент, 29 март 2019 й. 256-257 б.

12. Шарипов С.Ш., Шодикулов Ж. М. Роль микроорганизмов при бактериальном выщелачивании золотосодержащих сульфидных руд // XXI Международная научно-практическая конференция «Российская наука в современном мире». – Москва, 15 апреля 2019 г. – С. 122-123.

13. Мухиддинов Б.Ф., Санакулов К.С., Шарипов С.Ш., Когай К.В. Бактериального окисления для обогащения золотосодержащих руд // Материалы научно-практической конференции профессорско - преподавательского и молодых ученых состава «Современное состояние и перспективы науки о функциональных полимерах» – Ташкент, 19-20 марта 2020 г. – С. 342.

14. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш. Образование органических соединений при бактериальном окислении флотоконцентрата // «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» мавзусидаги VI - Республика илмий-амалий анжумани материаллари. - Термиз, 24-26 апрел 2020 й. 181-182 б.

15. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш. Образования серной кислоты в процессе бактериального окисления флотоконцентрата // VIII Международная научно-практическая конференция «Проблемы рационального использования и охрана природных ресурсов южного Приаралья» Сборник материалов. – Нукус – «Илим», – 27 июля 2020 г. – С. 216-217.

16. Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш. Растворимость элементов в процессе биовыщелачивания // «Илм-фан ва техниканинг ривожланишида инновацион ёндашувлар» мавзусидаги Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги миқёсида ташкил қилинган илмий-амалий онлайн конференция. – 20 ноябрь 2020 йил. 118-120 б.

17. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Фахриддинова Ш.Б. Образование анионов в процессе бактериального окисления флотоконцентрата // Международная научно-практическая интернет-конференция «Development of Education, Science and Business: Results 2020». – Днепр (Украина), 3-4 декабря 2020 г. – С. 373-374.

18. Мухиддинов Б.Ф., Санакулов К.С., Шарипов С.Ш., Саъдуллаев Ш.М. Исследование минералогического состава исходной руды в процессе

биоокисления // III международная научно-техническая конференция «Минские научные чтения» на тему «Эколого-экономические и технологические аспекты устойчивого развития Республики Беларусь и Российской Федерации». – Минск, Республика Беларусь, 03 декабря 2020 г. – С. 148-151.

19. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш. Возможности извлечения ионов железа из технологических растворов гидрометаллургических заводов // «Замонавий кимёнинг долзарб муаммолари» Мавзусидаги Республика миқёсидаги хорижий олимлар иштирокидаги Онлайн илмий-амалий анжумани. - Бухоро, 4-5 декабрь 2020 й. 100-102 б.

20. Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Когай К.В. Возможности извлечения ионов Fe^{3+} в виде осадка $Fe(OH)_3$ из технологических растворов гидрометаллургических заводов // Илм-фан ва таълимнинг ривожланиш истиқболлари учинчи онлайн конференцияси тўплами. – 26 июнь 2020 йил (1-қисм). 284-286 б.

21. Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш. Воздействие микроорганизмов на образование анионов в процессе окисления // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2021». - Минск, Республика Беларусь, 19-21 января 2021 г. – С. 241-243.

22. Шарипов С.Ш. Возможности применения попутной технология извлечения РЗЭ // Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2021». - Минск, Республика Беларусь, 19-21 января 2021 г. – С. 243-244.

23. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Азимова Д. Требования к полноценному функционированию процесса бактериального окисления // «Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Халқаро олимлар иштирокидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Тошкент, 10-11 март 2021 й. 559-560 б.

24. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш. Гидрометаллургия заводларининг кислотали эритмаларидан камёб ер элементларини ажратиб олиш имкониятлари // Международная научно-практическая Конференция «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов». – Алмалык, 13-14 мая 2021 г. С. 255.

25. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Шарипов С.Ш., Самадов А.Р. Расчет изменения концентрации золота в технологическом процессе // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 11086 по заявке № DGU 2021 0377 от 10.02.2021 г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 21.05.2021.



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 табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 42.

Баҳоси келишилган нархда.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.

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