

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ, МИНЕРАЛ РЕСУРСЛАР
ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ, ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ВА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
14.07.2016.GM/T.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ЭРГАШЕВ УЛУҒБЕК АБДУРАСУЛОВИЧ

**МУРАККАБ ВА ЎТА МУРАККАБ ТАРКИБЛИ ОЛТИН САҚЛАГАН
ҚИЗИЛҚУМ РУДАЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ
САМАРАДОРЛИГИНИНГ ИЛМИЙ-ТЕХНИК АСОСЛАРИ**

**04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

НАВОИЙ – 2016

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Эргашев Улугбек Абдурасулович

Мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин сақлаган Қизилқум рудаларини қайта ишлаш самарадорлигининг илмий-техник асослари.....3

Эргашев Улугбек Абдурасулович

Научно-технические основы повышения эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд Кызылкумов29

Ergashev Ulugbek Abdurasulovich

Scientific and technical efficiency principles for refining of refractory and highly refractory of auriferous ores Qizilqum55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....78

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ, МИНЕРАЛ РЕСУРСЛАР
ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ, ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ВА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
14.07.2016.GM/T.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ЭРГАШЕВ УЛУҒБЕК АБДУРАСУЛОВИЧ

**МУРАККАБ ВА ЎТА МУРАККАБ ТАРКИБЛИ ОЛТИН САҚЛАГАН
ҚИЗИЛҚУМ РУДАЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ
САМАРАДОРЛИГИНИНГ ИЛМИЙ-ТЕХНИК АСОСЛАРИ**

**04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

НАВОИЙ – 2016

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 28.04.2016/В2016.2.Т708 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) Илмий кенгаш веб-саҳифасининг www.nggi.uz ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим портали www.ziynet.uz манзилларига жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: **Санакулов Қувондиқ Санакулович**
техника фанлари доктори, Ўзбекистонда
хизмат кўрсатган саноат ходими

Расмий оппонентлар: **Юсупходжаев Анвар Абдуллаевич**
техника фанлари доктори, профессор
Искандарова Мастура Искандаровна
кимё фанлари доктори, профессор
Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович
техника фанлари доктори, профессор

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

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти, Минерал ресурслар илмий-тадқиқот институти, Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 14.07.2016.ГМ/Т.10.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2016 йил «___» _____ куни соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шох кўчаси, 96-уй. Тел.: 0 (436) 223-77-11; факс: 0 (436) 223-00-55; e-mail: navggi@intal.uz, nsmi@gmail.com. Навоий давлат кончилик институти анжуманлар зали).

Докторлик диссертацияси билан Навоий давлат кончилик институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шох кўчаси, 96-уй. НДКИ ректорат биноси, 1-қават, 8-хона. Тел.: 0 (436) 223-56-90; факс: 0 (436) 223-00-55.

Диссертация автореферати 2016 йил «___» _____ куни таркатилди.
(2016 йил «___» _____ даги ___ рақамли реестр баённомаси)

Б.Р.Раимжанов
Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш раиси в.в.б, т.ф.д, профессор

Э.Э.Игамбердиев
Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, г-м.ф.н., доцент

Ю.Д.Норов
Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (Докторлик диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда 72 давлат олтин қазиб олиш билан шуғулланса, шулар ичида Ўзбекистон 9 ўринни эгаллайди ва олтин қазиб олиш ҳажми йилига 103 тоннани ташкил этади. 2015 йилда дунёда олтин қазиб олиш 0,33% га ошди ва 2678 тоннани ташкил этди. Бугунги кунда осон қазиб олинадиган ва таркибида олтин миқдори кўп бўлган конлар сони қисқариб кетганлиги туфайли қазиб олиниш ва қайта ишлаш мураккаб бўлган конлар ишга туширилмоқда. Шу сабабдан сўнгги пайтларда жаҳон бозорида минерал хом ашё танқислиги яққол кузатилмоқда.

Республикамиз мустақилликка эришгандан буён олтин ажратиб олишнинг технологияларини такомиллаштириш ва жорий қилиш бўйича чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилди. Бу борада мураккаб таркибли маъданларни қайта ишлаш технологиялари такомиллаштирилиб, қиммат баҳо металллар ажратиб олишнинг умумий даражасини ошганини, тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш таннархини пасайганини ва мавжуд қайта ишлаш ҳажмини сақлаган ҳолда йиллик металл ишлаб чиқаришни кўпайтиришга эришилганини алоҳида таъкидлаш мумкин.

Бугунги кунда жаҳонда мураккаб ва ўта мураккаб олтин таркибли конларни қазиб олишга жалб этилган ва қидирилган миқдори ўсиб бориши кузатилмоқда. Мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин рудаларни қайта ишлаш самарадорлигини оширишнинг техник ва технологик ечимларини ишлаб чиқиш масаласини ҳал қилиш орқали таркибида олтин бўлган сульфидлардан максимал фойдаланиш ва комбинацион қайта ишлаш технологиясини қўллаб қўшимча олтин ажратиб олишни таъминлаш халқ хўжалиги учун муҳим аҳамият касб этиб, замонавий олтин қазиб олиш саноати олдида турган долзарб илмий муаммо ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2010 йил 15 декабрдаги ПҚ-1442-сон «2011-2015 йилларда Ўзбекистон Республикаси саноатини ривожлантиришнинг устувор йўналишлари» қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VIII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи.

Мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин рудаларини қайта ишлаш самарадорлигини оширишга йўналтирилган илмий изланишларга бағишланган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан: Миллий тадқиқот технология университетининг «Москва пўлат ва қотишмалар институти» (Россия),

Бутунроссия кимё-технологик илмий-тадқиқот институти (Россия), Иркутск давлат ноёб ва нодир металллар институти (Россия), GENCOR Process Research (ЮАР), Queen's University (Канада), The University of Adelaide (Австралия), Curtin University of Technology (Австралия), East China University of Science and Technology (Хитой), Beijing University of Technology (Китай), Liaoning University of Science and Technology (Хитой), Minerals, Metals and Materials Technology Centre, National University of Singapore (Малайзия), University of Dodoma (Танзания), ЕКАТО RMT (Германия), Tenova Bateman Technologies (Исроил), Aalto University (Финляндия), «Гидрометаллургия» илмий-тадқиқот институти «Гидрометаллургия» маркази (Россия), Mintek (Жанубий Африка Республикаси)да олиб борилмоқда.

Жаҳонда мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин рудаларини қайта ишлаш самарадорлигини ошириш юзасидан қатор илмий-амалий натижалар олинган, жумладан: мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин рудаларини қайта ишлаш усуллари (Миллий тадқиқот технология университетининг «Москва пўлат ва қотишмалар институти», Mintek, GENCOR Process Research); мураккаб таркибли рудаларни қайта ишлашда биологик оксидлаш технологияси ишлаб чиқилган (Бутунроссия кимё технологик илмий-тадқиқот институти, Иркутск давлат ноёб ва нодир металллар институти, GENCOR Process Research); флотоконцентратларни куйдириш технологияси ишлаб чиқилган (Иркутск давлат ноёб ва нодир металллар институти, The University of Adelaide, Queen's University).

Бугунги кунда дунё миқёсида мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин рудаларни қайта ишлаш самарадорлигини ошириш юзасидан қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: таркибида олтин бўлган руда ва концентратларни танлаб эритишнинг ҳар хил усуллари билан қайта ишлаш; таркибида олтин бўлган сульфидли руда ва концентратларни оксидлаб куйдириш; сульфидли руда ва концентратларни автоклавда оксидлаш; сульфидли минералларни бактериал оксидлаш; нодир металлларнинг мураккаб ва ўта мураккаб таркибли хомашёларини қайта ишлашнинг ноанъанавий усуллари тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Такрибида олтин бўлган сульфидли рудаларни қайта ишлаш ва бойитиш бўйича илмий-тадқиқот ишлар олиб борган олимлар жумласига Абдурахмонов С.А., Адамов Э.В., Аслануков Р.А., Аҳмедов Х.А., Белый А.В., Гришин С.С., Гудков С.С., Захаров Б.А., Каравайко Г.И., Кондратьева Т.Ф., Лодейщиков В.В., Меретуков М.А., Панин В.В., Пивоваров Т.А., Полькин С.И., Сагдиева М.Г., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Седельникова Г.В., Тусупбаев Н.К., Чантурия В.А., Чугаев Л.В., Юсупходжаев А.А., Afenya P.M., Van Aswegen P.C., Brierly C.L., Emmet R.C.Ir., Mason P.G. ва бошқалар киради. Улар томонидан углеродли тузулма ёки ўта мураккаб таркибли хомашёлардан олтинни ажратиш олиш усуллари (автоклав ва бактериал оксидлаш, ўта майин янчиш орқали) ишлаб чиқиш борасида комплекс тадқиқотлар олиб борилган.

Дунё амалиётида мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин рудали конлардан унумли фойдаланишда сульфидли рудаларни биооксидлаш яхши самара берди. Мазкур технология атроф-муҳитни ифлослантирувчи, иқтисодий томондан мақсадга мувофиқ бўлмаган ва бошқа маълум усуллар ёрдамида қайта ишлаш қийин бўлган мураккаб таркибли олтин-мишякли руда конларни ўзлаштиришда ижобий аҳамият касб этади.

Шу билан бир вақтда фан ва амалиёт, ҳамда кон-металлургия саноати учун муҳим аҳамият касб этувчи олтин рудасида углеродли моддаларнинг учраши ва уларнинг биооксидлаш технологиясини қўллаш жараёнида тўлиқ очилмаслиги каби ечилмаган муаммолар, мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин рудалари учун янги-комбинациялашган қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш заруратини келтириб чиқаради.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институтининг илмий-тадқиқот режасининг А13-020 – «Маҳаллий реагентлардан фойдаланиб мураккаб таркибли Қизилқум олтин рудаларини рационал қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш» (2015-2017 йй.) ва Навоий кон-металлургия комбинатига қарашли Шимолий кон-бошқармасининг №1-2013 – «ГМЗ-3 чиқинди хўжалигида ҳар хил формали олтинни ҳажмий тақсимланишини тадқиқ қилиш» (2014-2015 йй.), №2-2015 – «Табиий сульфидли хом-ашёларни ва саноат маҳсулотларни қайта ишлаш усулини ва тез куйдириш синов-саноат қурилмасини ишлаб чиқиш» (2015 й.) ва №1133-15 – «Кокпатас ва Даугизтау конларидаги тупроқли сульфид рудаларини минералогик тадқиқ қилиш ва технологик жараёнга таъсирини баҳолаш» (2015 й.) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади кўшимча олтин ажратиб олишни таъминловчи техник ва технологик ечимларга асосланган, олтин сақлаган сульфидларни тўлиқ очилишига йўналтирилган комбинациялашган қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудаларни ва концентрацияларни қайта ишлашнинг ҳозирги аҳволини ва технологик жараёнларни интенсификация усуллари таҳлил қилиш;

мураккаб ва ўта мураккаб таркибли Қизилқум рудаларини биоксидлаш орқали чан ва уюмли вариантларида қайта ишлашнинг комплекс тадқиқ қилиш;

мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин сақлаган рудаларни қайта ишлаш технологиясини такомиллаштиришни ишлаб чиқиш ва амалда қўллаш;

биооксидлаш маҳсулотини куйдириш технологиясини тажриба-саноат синовидан ўтказиш;

мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудалар (концентратлар)ни комбинациялашган қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш ва амалда қўллаш;

замонавий компьютер техникаси ёрдамида корреляцион таҳлил ва математик статистикадан фойдаланиб, мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудаларни комбинациялашган қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишнинг экспериментал маълумотларини таҳлил қилиш ва ҳисоблаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Кокпатас ва Даугизтау конларининг мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудалари ҳисобланади.

Тадқиқот предмети: мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин сақлаган рудаларни комбинацион қайта ишлаш технологияси.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда ўзида комплекс тадқиқотлар усуллари жамлаган, корхоналарда мураккаб таркибли олтин сақлаган рудаларни қайта ишлаш тажрибаси илмий-техник маълумотларни таҳлил қилишдан, аналитик, графоаналитик ва статистик усуллари қўллаб бажарилган назарий тадқиқотлар, лаборатория-тажрибалар, синов-саноат ва ишлаб чиқилган методикаларнинг ишлаб чиқариш корхоналари шароитидаги текширувларидан, рН-метриядан, гранулометриқ таҳлилдан, электрон микроскопия, пробирка, кимёвий ва фазали таҳлил усулларида, тажриба натижаларини математик қайта ишлаш услублардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

қарама-қарши оқим декантациясида коллоид формада қоладиган олтиннинг рН муҳитга боғлиқлиги илк бора аниқланиши ва биокекни ювиш жараёнидаги олтиннинг йўқотилиши 50% га камайтирилишга эришиш асосида биооксидли бойитиш технологияси ишлаб чиқилган;

арсенат ва темир оксисульфати коллоид эритмаси ҳосил бўлиб бўтананинг суюқ фазасидаги Fe^{+3} тузларининг гидролизи (ювишда рН ўзгариб), бу бўтана суюқ фазасининг қовушқоқлиги ортишига ва биооксидлаш кеки шлам фракцияси чўкиши тезлигининг камайишига олиб келиши ва қарама-қарши оқим декантацияси қуюлтиргичларида тиндирилишнинг ёмонлашиши сабаби аниқланган;

биооксидлаш жараёнидаги кўпик ҳосил бўлиш механизми асосида реакторлардаги пульпанинг кўмирли қисмини флотация факторлари ҳисобидан коллоидли ва майда дисперсли олтин зарраларини фракциялаш йўли билан олтинни бойитиш (флотоконцентрат билан солиштирганда 6-8 марта) усули тавсия этилган;

биооксидлаш маҳсулотларини цианлаш жараёнида роданидлар ҳосил бўлиши кинетикаси ва олтиннинг цианли комплекси билан рақобатли сорбциясидаги иштироки аниқланган ва вақт мобайнида роданидларнинг миқдорларини цианид натрий концентрацияси динамикасини ўзгаришига боғлиқлиги (10-12 соат), вақт тугаши билан эса жараённинг ўзгаришига таъсир кўрсатмаслиги ҳамда олтинни цианидли танлаб эритишдаги тезлиги роданидлар юзага келиш тезлигидан катталиги аниқланган;

биооксидлаш маҳсулотларини сорбцияли цианлаш жараёнидаги ионалмашувчи смоланинг ҳолати асосида сорбентлар хоссасининг роданидлар билан захарланиши ҳисобига пасашини кузатилди, ва бу

сорбция суюқ чиқиндиларида олтин миқдорининг ошиши ва уни ажратиб олишни камайишига сабаб бўлиши аниқланган;

биооксидлаш маҳсулотининг оксидли куйдириш жараёнида ҳароратнинг олинадиган куйинди сифатига таъсир кўрсатувчи асосий омил экани, 650-743°C иссиқ ҳароратга қараганда, 570-600°C да олтинни ажратиб олиниши юқори бўлиши аниқланган ҳамда бу ҳолат 650-743°C иссиқ ҳароратда олтинни цианлашда ҳалақит берувчи скородит қобиғи юзага келиши билан исботланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

қарама-қарши оқим декантацион ювишда рН кўрсаткичини 1,3 гача туширадиган биооксидлаш маҳсулоти бўтанасини кислоталаш технологияси ишлаб чиқилган, бунинг натижасида ювишнинг тоза устки маҳсулоти олиниб, нейтраллашнинг чиқиндига йўналтириладиган қуюлтирилган маҳсулотидаги олтин миқдори 50% камайган;

қайтарилма сув таъминоти контуридаги нейтрализациялаш маҳсулотидан чиқиндига меъёрлаштирилмаган ҳолда ташлаб юборилиши ҳолатларида олтинни ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилган (нисбатан 82%);

биокекни қуюқланиш жараёнидаги харажатларни камайитиришга олиб келадиган қарама-қарши оқим декантацияси қуюлтиргичларининг унумдорлигини ошириш усули ишлаб чиқилган ва саноатда қўлланилган;

реакторлардаги кўпикни сўндириш усулидан самаралироқ бўлган цианид натрийнинг юқори концентрацияларида олтинни сорбцияли цианлашга асосланган кўпикли маҳсулотни қайта ишлаш усули ишлаб чиқилган;

«бўтанада кўмир» схемаси бўйича сорбционли цианлаш жараёнидан фойданилишга асосланган, биооксидлаш маҳсулотини десульфидизация қилиш учун қўшимча тадбирлар талаб этилмаган ҳолда олтинни ажратиб олишни 8-10% га оширадиган, такомиллаштирилган технология ишлаб чиқилган ва саноатда жорий этилган;

Кокпатас ва Дауғизтоу конлари рудаси шихтасидан олинган маҳсулотни 60:40 нисбатда 600°C ҳароратда 2 соат давомида қиздириш ва кейин куйиндини сорбцион цианлашда олтин ажратиб олинишини 73,3 дан 82,5% гача ортишини; натрий цианидининг сарфи 2,5 баробар камайишини; бўтана суюқ фазасида роданидлар концентрацияси 5000 дан 16 мг/л гача камайишини таъминлайдиган технология ишлаб чиқилган ва саноатда қўлланилган;

оксидлаб қиздиришни қўллаб, кўмир моддалари бўлган мураккаб ва ўта мураккаб таркибли руда ва концентратларни қайта ишлаш комбинацион технологияси ишлаб чиқилган ва саноатга жорий қилинган. Бошланғич босқичда флотоконцентрат оксидланиши биооксидлаш схемаси бўйича амалга оширилган: сульфиддаги олтин очилган, мишьякнинг кўп қисми эритилган, қаттиқ ҳолатга эримас скородит (FeAsO_4) кўринишида ўтказилган. Кейин мишьяк миқдори кам бўлган биооксидлаш маҳсулоти оксидлаб

қиздирилган, бунда кўмирдаги олтин очилган, қолган сульфидли олтингугурт оксидланган, микроорганизмлар метаболизми маҳсулотлари йўқ қилинган. Оксидлаб қиздириш маҳсулоти сорбцион цианлашга юборилган;

Кокпатас конининг балансдан ташқари сульфидли рудаларини биологик уюмли танлаб эритиш усули ишлаб чиқилди ва синов-саноат шароитида қўллаб қўрилди ва бунда олтин ажратиб олиш даражаси 50% ни ташкил этган (тўғридан-тўғри цианлашда 25,7%).

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Ишнинг ишончлилигини кўп ҳажмдаги лаборатория, яримсаноат ва саноат тажрибалари билан исботланганлиги; мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудаларни қайта ишлаш самарадорлиги ошириш учун асосий идеяларни санокли тасдиғи; назариш ва амалий тадқиқотлар ва ҳисоб-китоблар натижаларини бир-бирига мос келиши; сульфидли рудаларни очилишини физико-кимёвий асослаш; комбинациялашган технологияни ижобий синов натижаларини саноат апробациясига мослиги; таклиф қилинган тавсияларни саноатдаги апробацияси, методикалар ва эришилган техник-иқтисодий самарадорлик натижалари билан мос келиши орқали асосланади.

Тадқиқотлар натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тадқиқотлар натижалари асосида аниқланганлигини ва биооксидлашда кекни ювиш вақтида олтинни йўқотилиши сабаблари ўрганилганлигини ва сорбционли цианлашда роданидларни пайдо бўлиш механизми, ҳамда мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудаларни қайта ишлашни комбинацион технологиясини қўллаш мақсадга мувофиқлини назарий асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудаларни қайта ишлаш самарадорлигини ошириш мақсадида биооксидлаш технологиясини қўллаб, биооксидлаш маҳсулотини сорбцияли цианлаш жараёнини такомиллаштириш ва мураккаб таркибли рудаларни куйдиришдан фойдаланилган комбинацион технологияни ишлаб чиқиш асосида олтинни ажратиб олишни кўпайтиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.

Мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин сақлаган рудаларини қайта ишлаш асосида:

кислоталаш ёрдамида сульфидли олтинмишьякли рудалардан олтинни ажратиб олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти (20.02.2012 й. IAP №04489) олинган. Илмий натижанинг амалиётга жорий қилиниши чиқиндига кетаётган олтин ҳажмини камайтириш имконини берган;

куйдириш ёрдамида мураккаб таркибли сульфидли олтинмишьякли рудалардан олтинни ажратиб олиш усули ишлаб чиқилган куйдириш технологиясига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти (17.11.2015 й. IAP №05134) олинган. Илмий натижанинг амалиётга жорий қилиниши сульфидли олтинмишьякли рудалардан олтинни ажратиб олиш даражасини ошириш имконини берган;

пульпадаги биооксид маҳсулотларини ювишдан олдин кислоталаш технологияси Навоий кон-металлургия комбинатининг Шимолий кон бошқармасига қарашли ГМЗ-3 корхонасида жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2016 йил 7 октябрдаги 02-02-10/10718-сон маълумотномаси). Мазкур технологияни амалиётга жорий қилиш натижасида қарама-қарши оқим декантацияси қуюлтиргичида тоза устки оқим маҳсулоти олинган;

биооксидлаш ва углеродли моддалар сақлаган, мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин сақлаган рудаларни ва концентратларни комбинацион қайта ишлаш технологияси Навоий кон-металлургия комбинатининг Шимолий кон бошқармасига қарашли ГМЗ-3 корхонасида жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2016 йил 7 октябрдаги 02-02-10/10718-сон маълумотномаси). Мазкур технологияни амалиётга жорий қилиш натижасида амалдаги қайта ишланадиган рудаларни йиллик ҳажмини сақлаган ҳолда тайёр маҳсулотлар таннархини камайтириш имконини берган;

ишлаб чиқилган ҚСТК нейтрализация маҳсулотидан олтин ажратиш технологияси Навоий кон-металлургия комбинатининг Шимолий кон бошқармасига қарашли ГМЗ-3 корхонасида жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2016 йил 7 октябрдаги 02-02-10/10718-сон маълумотномаси). Илмий натижаларни амалиётга жорий қилиш натижасида ҚСТК нейтрализация маҳсулотидан қўшимча олтин ажратиш ва чиқиндилар билан қимматли маҳсулотни чиқиб кетиши олдини олинган;

ишлаб чиқилган ҚҚОД контурида биооксидлаш маҳсулотларини қуюқланиш унумдорлигини ошириш усули Навоий кон-металлургия комбинатининг Шимолий кон бошқармасига қарашли ГМЗ-3 корхонасида жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2016 йил 7 октябрдаги 02-02-10/10718-сон маълумотномаси). Илмий натижаларни амалиётга жорий қилиш натижасида биокекни қуюқланишидаги харажатларни камайтириш имконини берган;

ишлаб чиқилган «пульпада кўмир» схемасидан фойдаланиб, кекни сорбцияли цианлаш жараёнида олтинни ажратиб олишни кўпайтириш технологияси Навоий кон-металлургия комбинатининг Шимолий кон бошқармасига қарашли ГМЗ-3 корхонасида жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2016 йил 7 октябрдаги 02-02-10/10718-сон маълумотномаси). Илмий натижаларни амалиётга жорий қилиш натижасида операциядан олтин ажратиб олиш даражасини 8-10% га ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан, «Инновация» (Тошкент, 2001, 2011); «Ресурс чиқарувчи, кам чиқим ва табиатни муҳофаза қиливчи табиий бойликларни ўзлаштириш» (Москва-Навоий, 2005); «Кон-металлургия саноати муаммолари ва инновацион ривожланиши йўллари» (Тошкент, 2014)

мавзуларидаги республика ва халқаро илмий-амалий конференцияларда маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 28 та илмий иши чоп этилган, шулардан, 1 та монография, 2 та Ўзбекистон Республикаси патентлари, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 17 та мақолалар, жумладан 11 та республика ва 6 та чет эл илмий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланади, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланади, 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.

«Мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудаларни қайта ишлашнинг замонавий ахволи» деб номланган биринчи бобда, мураккаб ва ўта мураккаб олтин таркибли рудаларни қайта ишлаш ахволи кўриб чиқилган ва уларни интегративлаш усуллари тадқиқ қилинган.

Мураккаб таркибли сульфидли олтин-мишьякли рудаларни қайта ишлашнинг тайёр маҳсулот олишни таъминлайдиган, бойитиладиган руда, маҳсулот ва чиқиндиларнинг минерал ва морфологик таркибига кўра технологик, иқтисодий ва экологик жиҳатдан рақобатбардош бўлган учта асосий технологиси иқтисодий асосланган: оксидлаб куйдириш, биологик оксидлаш ва автоклавда оксидлаш жараёнлари.

«Навоий кон металлургия комбинати» Давлат корхонаси 3-ГМЗ шароитида олтин-мишьякли сульфид рудаларини қайта ишлашнинг қоникарсиз технологик кўрсаткичларининг асосий сабаблари белгиланган:

- танлаб олинган бактериал оксидлаш технологияси талабларининг (қайта ишланадиган рудаларнинг моддалар таркибининг доимийлиги) ва Кокпатас ва Дауғизтоу конлари мавжуд бўлган рудаларининг номувофиқлиги (1-расм);

- Кокпатас ва Дауғизтоу конлари рудаларида биооксидлаш технологияси бўйича (сульфидлар ва кўмир бирикмалари бўлган моддаларнинг ўзаро унинг чиқиши) ажратиб олинмайдиган кўмир бирикмалари бўлган олтин (15...20%) мавжудлиги;

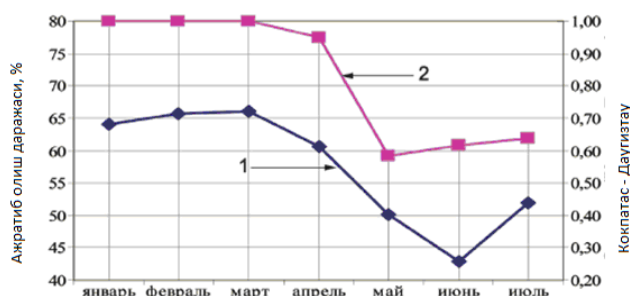
– флотоконцентратдаги сульфидли олтингугуртнинг юқори миқдори.

Биооксидлаш схемасининг айтиб ўтилган асосий камчиликлари технологик жараёнда бир қатор салбий омилларни келтириб чиқаради:

– флотоконцентратнинг моддалар таркибининг доимий ўзгариши сабабли мунтазам равишда микроорганизмлар йўқолиб боради, бу биооксидлаш реакторларида ва кейинги операцияларда кўпик ҳосил бўлишига олиб келади;

– бактериал оксидланишдан кейин биооксидлаш маҳсулотида олтин ютилишига (сорбциясига) ҳалақит берувчи, цианидлар билан яхши ўзаро таъсир қилиб, роданит бирикмаларини пайдо қиладиган, олтингугурт (элементар олтингугурт, полисульфидлар ва ҳ.к.) миқдори кўп бўлади.

Шундай қилиб, саноат амалиётида умумий қабул қилинган оддий усуллар билан қайта ишлаш имкони бўлмаган технологик мураккаб таркибли сульфидли рудалардан олтинни ажратиш олиш муаммоси долзарб масала ҳисобланади.



1 – сульфидли рудалардан олтинни ажратиш даражаси, %; 2 – Кокпатас ва Даугизтау ҳиссаси

1-расм. Кокпатас ва Даугизтау конлари рудадаги ҳиссасининг олтин ажратиш олиш даражасига боғлиқлиги

Диссертациянинг «Балансдан ташқари сульфидли олтин рудаларни биологик уюмли танлаб эритиш усули билан қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқиш» деб номланган иккинчи бобида лаборатория ва синов-саноат шароитида Кокпатас конидаги балансдан ташқари рудаларни биологик уюмли танлаб эритиш имкониятлари ва илмий натижаларини баҳолаш баён этилган.

Лаборатория шароитида чан режимида рудаларни биооксидланишга яроқлилиги (класснинг фракцияси – 0,074 мм – 80%, биооксидланишнинг давомийлиги – 10 сут.). Бошланғич намунада асосий компонентларнинг миқдори (%): $As_{\text{умум.}}$ – 0,684; $Fe_{\text{умум.}}$ – 5,02; $Fe_{\text{сульф.}}$ – 1,96; $S_{\text{умум.}}$ – 2,208; $S_{\text{сульф.}}$ – 2,018; CO_2 – 6,05. Сорбцияли цианлашда олтинни ажратиш олиш даражаси биооксидланишдан кейин 70-75% (25,7% биооксидланишгача).

Кокпатас конидаги балансдан ташқари сульфидли рудаларни перколяцион усул билан биооксидлаш тадқиқ этилди. Бошланғич рудада карбонатлар борлиги биооксидланишдан олдин рудани тўлиқ кислоталашни талаб этиши аниқланган. Рудани декарбонизациясини сульфат кислота эритмасида, енгил режимда $pH=1,5$ ҳолатида 40-45 сутка давр мобайнида

бажарилди. Кислоталар сарфи 86,7 кг/т ни ташкил этди. 150 сутка мобайнида олтинни ажратиб олиш даражаси йириклиги –20 мм бўлган бактериал оксидланган руда учун 48,3% ни ташкил қилди (тўғридан-тўғри цианлашда 25,7%).

Кокпатас конидаги сульфидли рудаларни биологик уюмли танлаб эритишда яримсаноат синовиди куйидаги кимёвий таркибли рудалар ишлатилди (%): $\text{Fe}_{\text{умум.}}$ – 5,9; Fe^{2+} – 2,55; As – 0,91; $\text{S}_{\text{умум.}}$ – 2,3; $\text{S}_{\text{сульф}}$ – 2,1; CO_2 – 4,4; Au – 3,4 г/т. Уюмдаги руда массаси – 1200 т, уюм баландлиги – 2 м, асос майдони – 450 м², том майдон – 298 м². Жараёни декарбонизация қилиш вақти – 52 сут. (сульфат кислота сарфи – 21 кг/т), биологик оксидлаш вақти – 150 сут. Гидрометаллургия жараёнида сорбцион цианлаш усулида олтинни ажратиб олиш 47,2% ни ташкил этди.

Бошланғич материалдаги сульфидли олтингугурт ва темир концентрациясини ошириш ҳисобидан бактерияларнинг оксидланиши активлигини ошириш мақсадида Кокпатас кони рудаси (80-90%) ва унинг флотоконцентратидан (10-20%) иборат шихтани перколяцион усул билан биологик оксидлаш жараёни тадқиқ қилинди. Аниқландики, 150 сутка давомида олтинни ажратиб олиш даражаси бактериал оксидланиш жараёнининг ҳар хил вариантдаги лаборатория тажрибаларида 46,7 дан 72,4% гача, (ўртача 61,8%)ни, тўғридан – тўғри цианлашда 18,1-31,1% ташкил қилди.

Шундай қилиб, биологик уюмда танлаб эритиш усули саноат масштабида ўзининг қўлланилишига эга бўлди. Бунинг асосий сабаби балансдан ташқари олтин сакловчи рудаларни бойитишда сульфидли компонентларни маълум миқдорда очилишига эришиш.

«3-ГМЗ да мураккаб таркибли сульфидли олтин рудаларини қайта ишлаш самарадорлигини ошириш» деб номланган учинчи бобда олтин ажратиб олишнинг жорий технологиясини такомиллаштириш бўйича ишлар мажмуаси кўриб чиқилган.

Лойиҳага мувофиқ биооксидлаш кеки эриган аралашмалардан – мишьяк ва темирдан қарама-қарши оқим декантация усулида ювилади. Қарама-қарши оқим декантацияси (ҚҚОД) технологиясини ўзлаштириш жараёнида қаттиқ фаза чўкишининг тезлиги кескин пасайиши ва қуюлтиргичлар оқимида қуйқа пайдо бўлиши билан кузатиладиган кўрсаткичларнинг ёмонлашиши аниқланган (2-расм). Бу олтинни йўқотиш ҳоллари кўпайишига олиб келади. ҚҚОДда қуюлтириш кўрсаткичларини яхшилаш учун оптимал флокулянтлар танлаш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Қуюлтириш кўрсаткичларини аниқлаш 1,0 л ҳажмдаги цилиндрларда, рудани қайта ишлаш жараёнидан олинган, оқувчи бўтаналарда олиб борилди.

Ушбу тажрибалар серияси натижаларига кўра биооксидлаш цехи ҚҚОД да ҳар хил маркали флокулянтлар намуналарининг ишини қиёсий баҳоси берилди.

Натижада энг яхши кўрсаткичларга «Праестол 854-BC-S» маркали юқори молекуляр, кучли катионли флокулянт эга эканлиги маълум бўлди.

«Праестол 854-BC-S» маркали флокулянт ишлаб чиқаришда қўлланиладиган «Праестол 2500» маркали билан солиштирилганда:

– 1-куюлтиргич учун 90 г/т сарфланганда («Праестол 2500» флокулянт сарфи – 80 г/т) чўкиш тезлиги 3,05 баробар ва куюлишнинг солиштира самарадорлиги 2,4 баробар кўпайиши белгиланган. Қ:С эришиладиган қиймати 1,6 – 1,9 диапазонида бўлади.

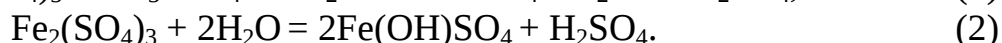
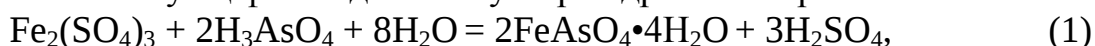
– 2-куюлтиргич учун 20 г/т сарфланганда («Праестол 2500» флокулянт сарфи – 40 г/т) чўкиш тезлиги 2,0 баробар ва куюлишнинг солиштира самарадорлиги 2,0 баробар кўпайиши белгиланган. Қ:С эришиладиган қиймати 1,7 дан 1,9 гача диапазонда бўлади.

– 3-куюлтиргич учун 20 г/т сарфланганда («Праестол 2500» флокулянт сарфи – 40 г/т) чўкиш тезлиги 1,9 баробар ва куюлишнинг солиштира самарадорлиги 2,0 баробар кўпайиши белгиланган. Иккала намуна учун охири Қ:С эришиладиган қиймати 1,6 дан 1,9 гача диапазонда бўлади.

Шундай қилиб, «Праестол 854BC-S» маркали флокулянтнинг дастлабки сарфи ГМЗ-3 биооксидлаш цехининг ҚҚОД контурида 1:2:3 куюлтиргичлар учун мос равишда 90:20:20 г/т миқдорида тавсия қилинади.

Бўтана суюқ фазасининг рН кўрсаткичи ҚҚОД-1 куюлтиргич оқимининг тинишига кўрсатадиган таъсири ўрганиб чиқилди. Пассив тажриба усулида статистик маълумотларни йиғиш натижасида, суюқ фазада рН кўрсаткичининг ўсиши билан ҚҚОД-1 куюлтиргич оқимининг тиниш жараёни ёмонлашиши аниқланган. Иккиламчи реакторларда суюқ фаза рН кўрсаткичи 1,40-1,45 миқдоргача кўтарилганда, ювишга тушадиган биокек бўтанаси ювиладиган сув билан аралашиб, суюқ фаза рН кўрсаткичи 1,80-1,86 миқдоргача кўтарилади. Бунда, бўтана тинишининг кескин ёмонлашиши ва ҚҚОД-1 устки оқимида қуйқа пайдо бўлиши кузатилади (1-жадвал).

Тинишнинг ёмонлашиши ва қуйқа пайдо бўлишининг сабаби – қуйидаги реакциялар тенгламалари бўйича скородит-ярозит коллоид эритмаси ҳосил бўлиб, бўтананинг суюқ фазасида Fe^{+3} тузлар гидролизи бориши:



Арсенат коллоид эритмаси ва темир оксисульфати ҳосил бўлиши натижасида суюқ фазанинг ёпишқоқлиги ошиб, бу биооксидлаш кеки шлам фракциясининг чўкиш тезлиги кескин пасайишига сабаб бўлди.

1-жадвал

Бўтана суюқ фазаси рН кўрсаткичининг юқори оқим тиниш тезлиги ва тиниқлигига таъсири (пассив тажриба натижалари)

Намуна	рН	Тиниш тезлиши, м/с	Юқори оқим ҳолати
ҚҚОД-1 нинг бўтанаси	2,02	0,44	Чўкиш чегараси йўқ
	1,86	0,55	Чўкиш чегараси йўқ, юқори оқим қуйқали
	1,54	0,95	Чегара аниқ, юқори оқим қуйқали
	1,33	1,16	Чегара аниқ, юқори оқим шаффоф

Шундай қилиб, тадқиқотлар натижасида биокек бўтанасини $pH=1,3-1,4$ гача кислоталаш технологияси ишлаб чиқилди ва саноат масштабида жорий қилинди, у ҚҚОД-1 да тоза устки оқим олиш, олтиннинг бутунлай йўқолишини камайтиришни таъминлайди (2-жадвал).

2-жадвал

Бўтана суяқ фазаси pH кўрсаткичининг тиниш даражаси ва ҚҚОД жараёнидаги чиқинди маҳсулотлар таркибидаги олтин миқдори таъсири

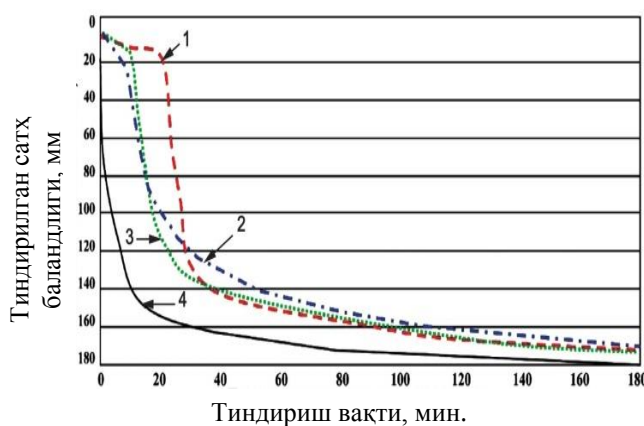
pH кўрсаткичи	Оқим кўриниши	Оқимда олтин миқдори, мг/л	Қайтарилма сув таъминоти контури (ҚСТК) куйқасида олтин миқдори, г/т
1,65	Лойқа	0,220	1,0-1,2
1,50		0,190	0,9
1,45	Бироз лойқа	0,180	0,8
1,40	Шаффоф	0,090	0,6
1,35		0,085	0,5
1,30		0,085	0,5
1,20		0,085	0,5

Қайта ишлашга келиб тушадиган сульфид рудаларининг таркиби бир жинсли бўлмайди ва улар физик-кимёвий хусусиятлари билан кескин фарқланади, бу асосий технологик жараёнларда талаб қилинадиган кўрсаткичларга эришишда бир қатор қийинчиликлар туғдиради. Шундай муаммолардан бири ҚҚОД контурида биооксидлаш маҳсулотини қуюлтиришнинг паст самарадорлигидадир. Шунга ўхшаш муаммо флотоконцентратнинг ўхшаш қуюлтиргичларида кузатилган. Флотоконцентрат бўтанаси зичлигининг кўрсаткичларга таъсири аниқланган (3-расм).

Маҳсулотлар қуюлишининг оптимал кўрсаткичларига бўтанани 15-20 % ($R = 4,0 \text{ ч } 5,3$) қаттиқ ҳолатгача суюлтирилганда эришилган. Бунда қуюлиш тезлиги 0,32 м/соат дан 0,9 ч 1,2 м/соат гача, қуюлишнинг солиштира самарадорлиги суткасига 4,29 дан 6,5 тн/м² гача ошган. Шуниси аниқ бўлганки, флотоконцентрат қуюлтиргичининг ишини оптималлаштириш учун бўтанани қуюлтиргични таъминловчи қувурида $R = 4,0 \text{ ч } 5,3$ гача суюлтириш мақсадга мувофиқ, бунинг учун бўтанани автоматик тарзда суюлтириш тизими ишлаб чиқилган ва тавсия қилинган.

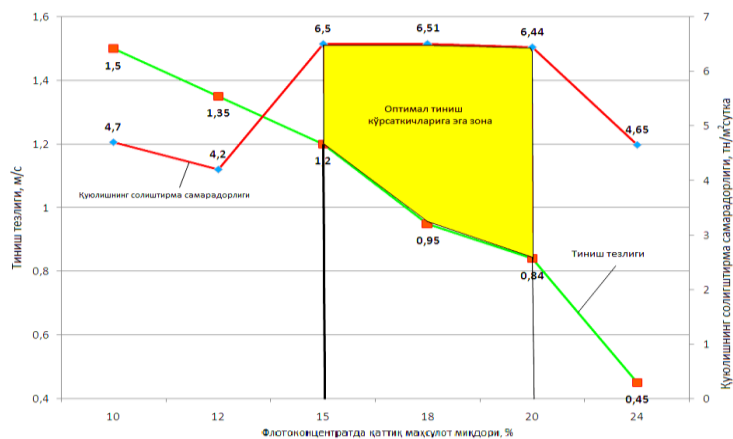
Бўтанани автоматик тарзда суюлтириш тизимини жорий қилиш учун ҚҚОД қуюлтиргичларининг таъминловчи қувурларида сув сатҳи даражасида горизонтал тешиklar кесилган, улар орқали тиндирилган сув қувурларга тушиб, бўтанани қуюлтиргичларнинг таъминловчи қудукларига тушгунча суюлтирган. Бироқ қаттиқ маҳсулот бўйича ҚҚОД қуюлтиргичларининг самарадорлигини ошириш сезиларли бўлмаган, шу муносабат билан қуюлтиргичнинг янги таъминловчи узели ишлаб чиқилди ва тавсия қилинди.

Ц-28 қуюлтиргичнинг янги қабул қилиш узели (4-расм) диаметри лойиҳадагига кўра 2 баробар катталашган ва 5 м ни ташкил қиладиган таъминловчи қудуқ, диаметри 3 баробар катталашган таъминловчи қувур, шунингдек таъминловчи қувур киритилган очик қабул қилиш тарновидан иборат, бу тарнов қуюлтиргич сатҳидаги тиндирилган сув тарновга тушиб, таъминловчи қувурдан қудуққа тушадиган бўтанани суюлтирадиган қилиб ўрнатилган.



1 – ҚҚОД-1; 2 – ҚҚОД-2; 3 – ҚҚОД-3;
4 – тиндиришнинг классик кўрсаткичлари

2-расм. ГМЗ-3 ҚҚОД контурининг характерли тиндиришнинг кўрсаткичлари

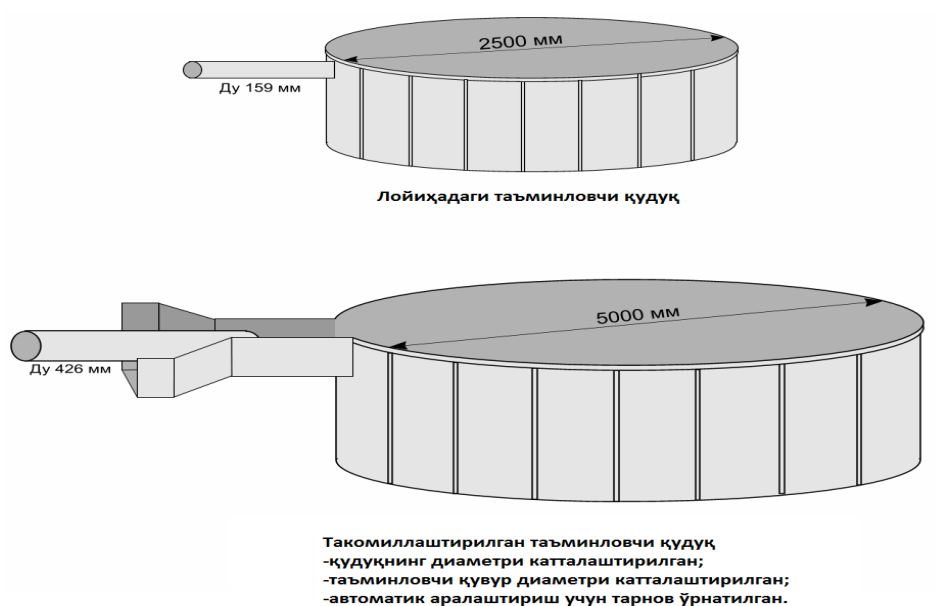


3-расм. Флотоконцентрат бўтанаси зичлигининг кўрсаткичларга таъсири

Бундай конструктив қарорлар автосуюлтириш тизими ишлашининг самарадорлиги ошириб, қабул қилувчи қудуқ ҳажми катталашини натижасида қаттиқ маҳсулотнинг флокулянт билан алоқа қилиш вақтини узайтирди. Қуюлтиргичларнинг ўртача унумдорлиги кўрсаткичларининг мониторинги (таҳлили) шуни кўрсатади-ки, таъминловчи узелининг конструкцияси янги бўлган қуюлтиргич, лойиҳавий таъминловчи узелли қуюлтиргич унумдорлигидан икки баробардан ортиқ ўртача унумдорлик билан ишлаб, қуюлтиришнинг яхшироқ кўрсаткичларини ва тозароқ устки маҳсулот чиқишини таъминлайди.

ҚҚОД устки маҳсулоти мишъякни эримас шаклга ўтказиш учун нейтраллаштириш жараёнига йўналтирилади. Кейин оҳактош билан нейтраллашган маҳсулот қайтарилма сув таъминоти контурининг (ҚСТК) қуюлтиргичига боради, у ердан устки оқим такрорий фойдаланишга юборилади, ҚСТК қуюлтиргичининг пастки маҳсулоти чиқиндига йўналтирилади. Амалиёт кўрсатишича ҚСТК қуюлтиргич пастки маҳсулоти намуналарида доим ўртача 0,6-0,8 г/т олтин бўлади, бу бутунлай йўқотишлар тоифасига киради. Олтинни ҚСТК пастки маҳсулотидан филтрлаш, центрифугалаш, экстракция, биргаликда чўктириш, цианлаш ва бошқа усулларда ажратиб олиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Қуйидаги

режимдаги сорбцион цианлаш усули оптимал деб топилган: NaCN дастлабки концентрацияси – 200 мг/л, pH=11,0, қатрон 0,5% (жараён бошида); вақт – 24 соат.



4-расм. Ц-28 қуюлтиргичнинг таъминловчи қудуқининг конструкцияси (тузилиши)

2-жадвалда берилган натижаларга кўра, ҚСТК маҳсулотидан олтинни сорбцион ажратиб олиш 82,2% ни ташкил қилган.

2-жадвал

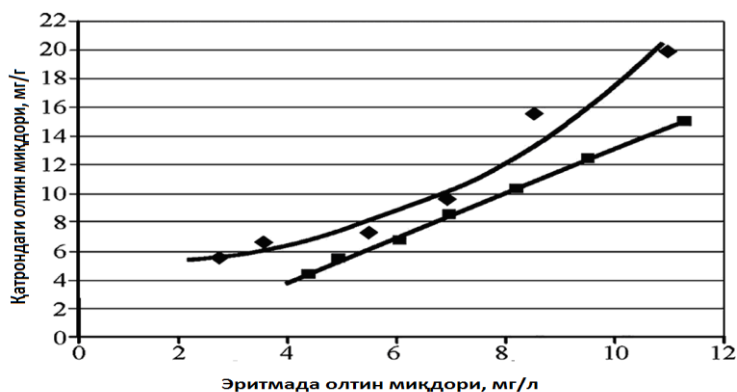
ҚСТК маҳсулотидан сорбцияли цианлаш орқали олтинни ажратиб олиш натижалари

Кўрсаткичлар номи	Ўлчов бирлиги	Кўрсаткичлар
Бошланғич намунада Au миқдори	г/т	0,56
Сорбция чиқиндиларида Au миқдори	г/т	0,10
Олтинни ажратиб олиш даражаси	%	82,2
NaCN сарфи	кг/т	0,4

Тадқиқотларнинг ижобий натижалари схема ишлаб чиқиб, сорбцион цианлаш йўли билан ҚСТК маҳсулотидан олтинни ажратиб олиш технологиясини жорий қилиш имконини берди. Ишлаб чиқилган технология ҳимоя чораси бўлиши ва фақат ҚСТК маҳсулотида олтин миқдори кўпайганда қўлланилиши мумкин.

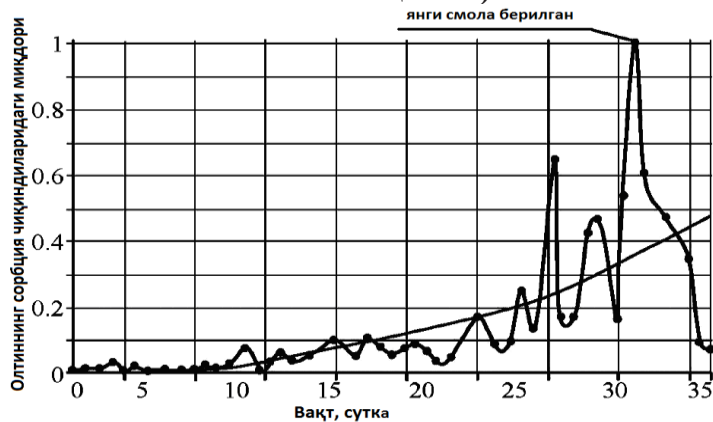
Маълумки, рудаларни, концентратларни ва флотоконцентратлар биооксидланиши маҳсулотини(биокек) цианлаш босқичида роданидлар ҳосил бўлиши натрий цианидининг юқори сарфланишига асосий сабаб бўлиб, олтиннинг цианли комплекси билан рақобатли сорбциясидаги уларнинг иштироки катроннинг олтин бўйича ҳажми камайишига ва сорбция чиқиндилари суяқ фазасида олтиннинг юқори қолдиқли концентрациясига

олиб келади(5,6-расм). Ҳар хил дастлабки микдордаги сульфид олтингургурти бўлган биокекнинг иккита намунасини цианли танлаб эритиш кинетикаси бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Иккала намуналарни цианлаш шартлари ўхшаш бўлган (анионит қўшмасдан): $pH=10,5-11$; $NaCN$ нинг дастлабки концентрацияси 1000 мг/л га тенг, $Q:C=1:2,4$. Биокек намунасида олтингургуртнинг (S_s) охиргача оксидланмаган шакллариининг $1,0$ дан $1,4\%$ гача ошиши 10 соат танлаб эритиш давомида натрий цианидининг сарфи $4,8$ дан $6,9$ кг/т гача ошишига олиб келади, бунда эритмадаги роданидлар концентрацияси 1457 дан 2050 мг/л гача кўтарилди.



◆ — яңги қатрон; ■ — 5 циклдан кейинги қатрон

5-расм. Олтинни собциялаш изотермеси (синовгача ва синовдан кейинги ҳолат)

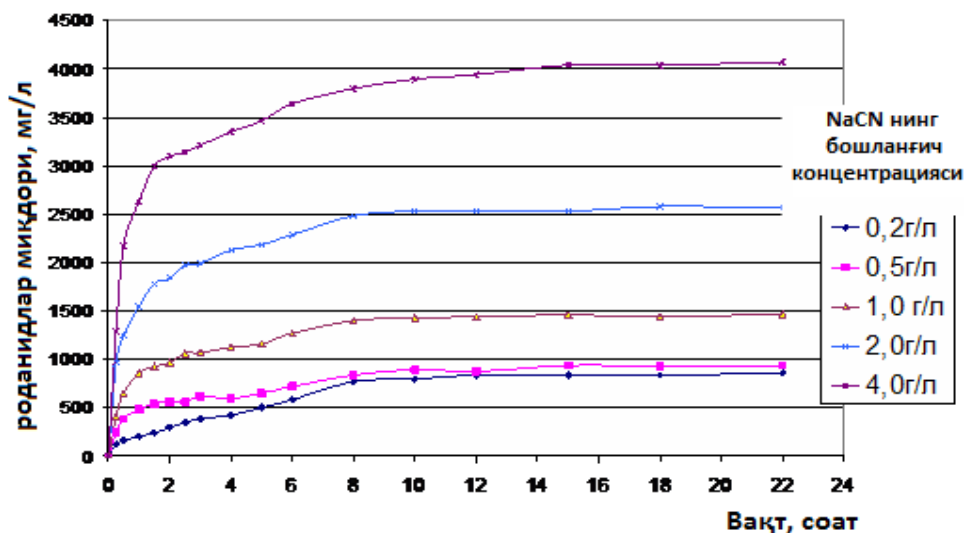


6-расм. Сорбция суюқ чиқинди маҳсулотларида олтин микдорининг ўзгариши

Шундай қилиб, цианлашга юборилган маҳсулотлардаги олтингургуртнинг охиргача оксидланмаган шакллариининг микдори натрий цианиди сарфида ва ҳосил бўладиган роданидлар концентрациясида пропорционал тарзда акс этади.

7-расмда роданидлар ҳосил бўлиши кинетикасининг $NaCN$ дастлабки концентрациясига боғлиқлиги кўрсатилган, унга кўра роданидлар тўлиқ ҳосил бўлиши вақти $NaCN$ концентрациясига боғлиқ эмас ва $10-12$ соатни ташкил қилади.

Бунда белгиланишича, олтинни цианли танлаб эритиш тезлиги роданидлар ҳосил бўлишидан юқори. Роданидлар концентрациясининг сорбентлар тўйинишига кўрсатадиган таъсири ўрганиб чиқилди. Оксидланган рудаларни қайта ишлаш учун хос бўлган (9,8 мг/л) эритмадаги роданидлар концентрациясида, АМ-2Б ва PuroGold анионитларни олтин билан тўйинтириш 6,2 ва 4,6 мг/г ни ташкил қилди. Биокекни қайта ишлаш учун хос бўлган (4625 мг/л) роданидлар концентрацияси ошганда, АМ-2Б ва PuroGold анионитларни олтин билан тўйинтириш 3 ва 2 баробар камаяди.



7-расм. Роданидлар ҳосил бўлишининг кинетикаси

Цианлашдан олдин хом ашёни қиздириб кондициялаш бўйича тадқиқотлар бажарилди (ундаги олтингугуртнинг охиргача оксидланмаган шакллари миқдорини камайтириш ва, натижа сифатида, роданидлар концентрациясининг камайтилиши). Тажрибаларда сульфидли олтингугурт миқдори юқори бўлган биокек ишлатилган, у $pH = 4$ гача ювилган ва $W=50\%$ намликкача филтрланган. Қиздириш Carbolite CF-24 печига жойлаштирилган тунука товаларда (противенда) бажарилди. Дастлабки намуна оғирлиги куруқ моддага ҳисоблаганда 1 кг ни ташкил қилди. Аралаштириш қиздиришнинг ҳар 10-15 дақиқасида қўлда амалга оширилди. Икки соат қиздиргандан кейин намуналар куйидаги режимда сорбцион цианлашга юборилди: $pH=10,5$; $NaCN=500$ мг/л; қатрон 0,5% (жараён бошида); сорбцион цианлаш вақти 16 соат, $C:K=2:1$.

Аниқ бўлишича, биокекни $600^{\circ}C$ да икки соат давомида олдиндан қиздириш ва қолдиқнинг кейинги сорбцион цианланиши куйидагиларни таъминлайди: S_s нинг 6,1 дан 0,08% гача, $C_{орг}$ эса 1,5 дан 0,2% гача камайтилини; эритмадаги CNS концентрацияси 934 дан 1,3 мг/л гача камайтилини; олтин ажратиб олишнинг 15,1%га ортилини, сорбция чиқиндиларининг суюқ фазасидаги олтин концентрацияси 1,07 дан 0,04 мг/л гача камайган ҳолда; натрий цианидининг сарфи 4 баробар ва оҳактошнинг сарфи 2 баробар камайтилини.

Хом ашёни ишқорли муҳитда оксидлаб ишлов бериб кондициялаш бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Маълум бўлишича, 13 соат давомида суюқ

фазадаги концентрациясини 20 мг/л даражасида сақлаб, бўтанага кислород билан олдиндан ишлов бериш, натрий цианидининг роданидлар ҳосил бўлишига сарфланишини камайтиради. Сорбцион танлаб эритиш босқичида олтин ажратиб олиш деярли ўзгармайди.

Роданидлар концентрациясини камайтириш учун оксидлагич қўллаш йўли билан бўтананинг сув фазасини кондициялаш бўйича ишлар ўтказилди.

Тадқиқотларда оксидлагич сифатида калий персульфати қўлланилган. Маълум бўлишича, $K_2S_2O_8$ сарфи 8 кг/м³ ни ташкил қилганда бўтананинг суюқ фазасидаги роданидлар концентрацияси 1199 дан 9 мг/л гача камайди, чиқиндилари бўтананинг суюқ фазасидаги олтин концентрацияси 0,16 дан 0,07 мг/л гача камайди. Оксидлагичларнинг юқори нархи ва сорбцияга юборилган бўтананинг катта ҳажмлари ҳисобга олинганда, кондициялашнинг ушбу усули ишлаб чиқариш шароитида маъқул ҳисобланмайди.

Бактериал маҳсулотни сорбцион цианлаш технологияси мукаммаллаштирилди. Синовларни ўтказиш учун ГМЗ-3 технологик жараёндан КЕМИКС таъминот маҳсулотининг янги намуналари олинди, аввал лаборатория тадқиқотлари, кейин яримсаноат синовлари ўтказилди. Лаборатория синовлари кечаю кундуз ўтказилди. Синовларнинг асосий вазифаси – ГМЗ-3 да амалда қўлланиладиган флотоконцентратларни бойитиш ва биооксидлаш технологияси билан сорбция узели реконструкциясини лойиҳалаштириш учун дастлабки маълумотлар олиш бўлган.

ГМЗ-3 да олинадиган биооксидлаш жараёни маҳсулотларини қайта ишлашнинг кўмир-сорбцион технологияси яримсаноат синовлари ўтказилди. Маҳсулотларни қарши оқим сорбцион танлаб эритишнинг узлуксиз режимда ишловчи саноат жараёнини моделлаштирадиган қурилмадан фойдаланиб синовлар ўтказилди. Ушбу жараённинг дастлабки режим параметрлари Кокпатас ва Дауғизтоу конлари рудаларини қайта ишлашда олинадиган намуналар билан аввал ўтказилган лаборатория тадқиқотларининг натижалари бўйича олинди. Биооксидлаш маҳсулотларининг технологик хусусиятлари ўрганиб чиқилди, ҳар хил ишлаб чиқарувчиларнинг кўмир сорбентлари синаб кўрилди, биооксидлаш маҳсулотини сорбцион танлаб эритиш жараёнида қўллаш учун тавсия қилинган кўмир маркаси танланди, асосий режим параметрлари ва СІЛ технология бўйича биооксидлаш маҳсулотларини қайта ишлашда кутиладиган натижалар аниқланди.

Барқарорлашган режимда ҚҚОД маҳсулотига ҳисоблаганда NaCN 15 кг/т солиштирма сарфи билан 84,6% кўмирга Au ажратиб олинган. «Бўтанада қатрон» схемаси бўйича ишлайдиган биооксидлаш маҳсулотини сорбцион цианлаш узели «бўтанада кўмир» схемасига ўтказилди. Шундай қилиб таъкидлаш мумкинки, ГМЗ-3 ни биокекларни сульфидсизлантириш бўйича қўшимча тадбирлар ўтказмасдан кўмир-сорбцион технологиясига ўтказиш Au ажратиб олишни 8410% га кўтариш имконини беради. Бу натижага ишқорли ювиш режим шартларини оптималлаштириш ва собрция хвостлари суюқ фазаси билан Au йўқотишларни бартараф қилиш ҳисобидан эришилди.

Вақти-вақти билан кўпик ҳосил бўлиши кўплаб биооксидлаш қурилмалари учун муаммо туғдиради, шу жумладан Кокпатас биооксидлаш қурилмалари учун ҳам. Кўпик даражасининг ортиши реакторларнинг фойдали ишчи ҳажмини камайтиради, бу биооксидлаш вақти камайишига ва ҚҚОД-3 да қолдиқли олтингугурт кўпайишига олиб келади. Бу биооксидлаш реакторларидан кўпикни чиқариш ва уни алоҳида қайта ишлаш йўллари топишни талаб қилади.

Ушбу масалани ўрганиб чиқиш учун битта бирламчи ва битта иккиламчи биооксидлаш реактори синовдан ўтказилди. Реакторлар бортларининг (ён деворларининг) периметри бўйлаб кўпикни йиғиб, кейинги ишлов учун махсус контейнерга маҳсулотни юборадиган тарновлар ўрнатилди. Тарновга кўпикни ўчириш учун сув узатиш назарда тутилган.

Қайта ишлашнинг иложи бўлган усуллари ўрганишга киришишдан олдин, ГМЗ-3 жараёнидан биооксидлаш реакторидан кўпик маҳсулотининг намунаси кимёвий таҳлил қилинди ва олтинни фаза ҳолатини топиш учун қисқартирилган рационал таҳлили ўтказилди. Кўпик маҳсулотининг рационал таҳлили натижаларига кўра, ундаги цианлаш мумкин бўлган олтин миқдори 52,2%, жинсга оз-оз жойлашгани (деярли цианланмаган) 13,7%, қолган олтинни махсус ишлов бериш усулларида фойдаланиб ажратиб олиш мумкин – қиздириш; кучайтирилган шароитларда цианлаш ва ш.ў.

Ишқорланган кўпик маҳсулотини оксидлаб қиздириш ва кейин қолдиқни сорбцион цианлаш қолдиқдан олтиннинг 83,4% даражада ажратиб олинишини таъминлайди.

Битта иккиламчи реакторни синаш натижаларига кўра, кўпик маҳсулоти худди шу реактордаги бўтанага нисбатан куйидагича бойитилган: $Au - 176,7 \text{ г/т}$, $S_s - 5,06\%$ и $C_{\text{орг.}} - 14,74\%$. Бунда битта иккиламчи реактордан чиққан кўпик миқдори синаш вақтида қаттиқ фазага ҳисоблаганда $8,9 \text{ т/сут}$ ташкил қилди (битта бирламчи реактордан чиққан кўпик миқдори $2,1 \text{ т/сут}$ ташкил қилган эди). Кўпикдаги қаттиқ фаза миқдори $74,65 \text{ г/л}$ ёки $0,07465 \text{ т/м}^3$ ни ташкил қилди. Бир соатдаги ўртача кўпик чиқими $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ни ташкил қилди. Бир суткадаги ўртача кўпик чиқими $5 \text{ м}^3/\text{ч} * 24 \text{ соат} = 120 \text{ м}^3/\text{сут}$ ни ташкил қилди. Кўпикнинг қаттиқ фазаси оғирлиги битта биринчи иккиламчи реактордан $P = 120 \text{ м}^3/\text{сут} * 0,07465 \text{ т/м}^3 = 8,9 \text{ т/сут}$ ни ташкил қилди.

Сорбцион цианли танлаб эритишдан фойдаланиб кўпик маҳсулотидан олтинни ажратиб олиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди. NaCN дастлабки концентрациясини 2000 дан 20000 мг/л гача ошириш кўпик маҳсулотидан олтинни ажратиб олишни 61,4% дан 84,8% гача ошишига олиб келади, бу сорбция чиқиндиларидаги олтин миқдори 32,1 дан 12,9 г/т гача камайишига мос келади. Куйидаги шарт билан тиомочевина эритмасини кўллаб, таркибида 105 г/т олтин бўлган кўпикдан олтинни танлаб эритиш бўйича тажрибалар ўтказилди: TM концентрацияси = 100 г/л; H_2SO_4 концентрацияси = 25 г/л; Fe^{+3} концентрацияси = 30 г/л, танлаб эритиш вақти 2 соат, ҳарорат 60°C . Ушбу шароитда олтиннинг эритмага ажралиб чиқиши 27,7% ни ташкил қилди, бу чиқиндидаги олтин миқдори 76,4 г/т га тўғри келади.

«Ўта мураккаб таркибли рудаларни қайта ишлашнинг комбинацион технологиясини ишлаб чиқиш ва жорий этиш» деб номланган тўртинчи бобда мураккаб ва ўта мураккаб таркибли рудаларни қайта ишлаш технологик жараёнининг самарадорлиги оширишга олиб келадиган биологик оксидлаш маҳсулоти таркибидаги сульфид ва кўмир бирикмалари йўқотиш билан биргаликда сорбцияли цианлаш маҳсулотини бойитиш мақсадида ишлаб чиқилган оксидлаб куйдириш бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган.

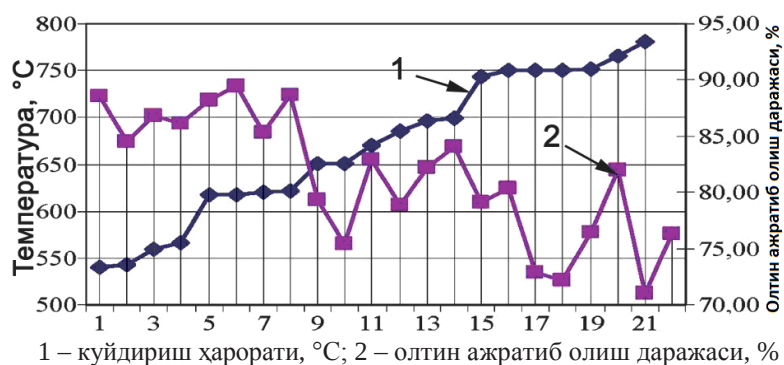
Биооксидлаш маҳсулотини қиздириш технологиясининг самарадорлигига дастлабки баҳо берилди. Биооксидлаш маҳсулотини қиздириш бўйича ўтказилган тадқиқотлар натижаларига кўра:

- Кокпатас ва Дауғизтоу конлари рудаларининг шихтасидан 60:40 нисбатда олинган биооксидлаш маҳсулотини 600⁰С ҳароратда 2 соат давомида қиздириш, кейин қолдиқни сорбцион цианлаш олтин ажралишини 73,3 дан 82,5% гача оширади; натрий цианидининг сарфи 2,5 баробар камаяди; бўтананинг суюқ фазасидаги роданидлар концентрацияси 5000 дан 16 мг/л гача камаяди.

Биооксидлаш маҳсулотини қиздириш ва кейин қолдиқларни сорбцион цианлаш бўйича ўтказилган саноат синовлари натижасида, олтин ажралишига қиздириш ҳарорати катта таъсир кўрсатиши аниқланган(8-расм). Қолдиқдан олтин ажратиб олиш бўйича энг яхши кўрсаткичлар (85-88%) қиздириш ҳарорати 570-600⁰С бўлганда олинган. ГМЗ-3 шароитида биооксидлаш маҳсулотини оксидлаб қиздириш технологиясини саноат даражасида ўзлаштириш учун қуйидаги асосий технологик операциялардан иборат схема ишлаб чиқилди: биокекни филтрлаш, битта қиздириш печида биокекни қуриштириш ва қиздириш ва қиздириш маҳсулотларини сорбцион цианлаш. Биооксидлаш маҳсулотини оксидлаб қиздириш технологиясини саноат даражасида ўзлаштириш натижасида биооксидлаш маҳсулотини қиздириш печига юборишдан олдин қуриштириш зарурлиги аниқланган. Биооксидлаш маҳсулотидаги намликни 35-40% дан талаб қилинадиган 12-16% гача камайтирадиган сушилка (қуригич) тавсия қилинди.

Куйиндидан олтин ажратиш бўйича энг мақбул кўрсаткичларга қиздириш таъминоти 5,5-7,5 т/соат бўлганда эришилиши аниқланган (9-расм). Бундай юкламаларда қиздириш натижасида чиқадиган қолдиқ таркибида $S_s=0,03-0,1\%$ ва $C_{орг}=0,1-0,3\%$ бўлади, сорбцион цианлаш хвостлари эса 4,4-6,1 г/т ни ташкил қилган. Қиздириш саноат қурилмасининг асосий технологик муаммоси 30-40% ни ташкил қилган чанг чиқиши бўлган.

Биооксидлаш маҳсулотида қолдиқли сульфид олтингутурти миқдорини камайтириш учун сорбцион цианлашдан олдин уни гидроциклонлаш таклиф қилинган, натижада олтингутуртнинг охиригача оксидланмаган формаларининг асосий қисми бўлган кум фракцияси ажралиб, сорбцион жараёнда олтин ажратиб олиш кўрсаткичларига унинг негатив таъсирини камайтиради.



8-расм. Олтин ажратиб олишнинг куйдириш ҳароратига боғлиқлиги



9-расм. Биологик оксидлаш маҳсулотининг саноатда жорий қилиш натижалари

Солиштириш учун гидроциклон оқими, куми ва унинг қиздирилган маҳсулоти майдаланмаган ва $-0,044$ мм синфгача майдаланган ҳолатда сорбцион цианланган. NaCN дастлабки концентрацияси 1000 мг/л ва мувозанатли концентрацияси 700 мг/л бўлганда оқимни сорбцион цианлаш, олтинни 80% даражада ажратиб олишни таъминлайди, цианлаш чиқиндиларида 6 г/т олтин миқдори билан. NaCN дастлабки концентрацияси 1000 мг/л ва мувозанатли концентрацияси 400 мг/л бўлганда дастлабки қумларни (майдалагунча) сорбцион цианлаш олтинни 61% даражада ажратиб олишни таъминлайди, цианлаш чиқиндиларида $3,7 \text{ г/т}$ олтин миқдори билан.

Цианлашдан олдин $-0,044$ мм синфгача қумларни майдалаш олтин ажратиб олиш $73,7\%$ гача ортишига олиб келади, чиқиндиларида $2,5 \text{ г/т}$ олтин миқдори билан. Грануляцияланган қумларни қиздириш ва кейин қолдиқни $-0,044$ мм синфгача майдалаш қолдиқдан олтин ажратиб олишни $84\text{ч}88\%$ гача оширади, цианлаш чиқиндиларида $1,2\text{--}1,6 \text{ г/т}$ олтин миқдори билан.

Энг кўп олтин ажратиб олишни гидроциклонлаш қумларининг бир қисмини қиздириш (қиздириш печининг унумдорлиги $6\text{--}8 \text{ т/соатда}$ 160 т/сут ва бунда 136 т/сут куйинди олиш билан) ҳамда қумнинг ва куйинди доналарининг қолган қисмини $-0,044 \text{ мм}$ синфгача майдалаш схемаси таъминлаши белгиланган.

**3-ГМЗ мураккаб таркибли сульфидли олтин рудаларини қайта ишлаш
самарадорлигини ошириш баҳоси**

Таклифлар ва қўйилган топшириқлар	Топшириқларни бажариш йўллари ва усуллари	Олинган натижа
Бактериал танлаб эритиш кекини карама-қарши оқим декантация усулида ювиш технологиясини такомиллаштириш. 1.1. Оптимал флокулянтларни танлаш. 1.2. Бўтана суюқ фазаси рН кўрсаткичининг ҚҚОД оқимининг тинишига таъсирини ўрганиш. 1.3. ҚҚОД контури куюлтиргичларининг ишчи узеллари конструкциясини такомиллаштириш	1.1. Флокулянт танлаш. 1.2. Биоеккни ювишда темир ва мишякдан тозалаш учун кислоталаштирилган сув ишлатишни жорий қилиш. 1.3. Куюлтиргичнинг таъминлаш узелини реконструкция қилиш	1.1. Куюлтириш жараёни кўрсаткичлари яхшиланди. Флокулянтнинг сарфи 1:2:3 куюлтиргичлар учун мос равишда биологик оксидлаш маҳсулотига 90:20:20 г/т миқдорида белгиланди. 1.2. Биоекк бўтанасини рН=1,3-1,4 гача кислоталаштириш технологияси ишлаб чиқилди. ҚҚОД куюлтиргичларида бутунлай йўқотиладиган олтин миқдори камайтирилди. 1.3. ҚҚОД куюлтиргичлари оптималлаштирилди.
Биологик оксидлаш комплексидаги қайтарилма сув таъминоти контури(ҚСТК) циклидаги бутунлай йўқотилаётган олтин миқдорини камайтириш.	ҚСТК куюлтирилган маҳсулотидан олтин ажратиб олиш	ҚСТК маҳсулотидан сорбцияли цианлаш орқали олтин ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилди.
Олтинни биоеккдан сорбцияли цианлаш усулида танлаб эритиш самарадорлигини ошириш	Турли хил S ₂ таркибли биоеккларда роданидлар ҳосил бўлиш кинетикаси ва уларнинг рақобатдош сорбцияга таъсирини камайтириш йўллари ўрганилди	Роданидлар мавжуд бўлган ҳолларда сорбцияли цианлаш жараёнини олиб бориш усули тавсия қилинди
Махсус қайта ишлаш усуллари қўллаган ҳолда биологик оксидлаш реакторлари маҳсулотларидан олтин ажратиб олишни ошириш	Биологик оксидлаш реакторларидаги кўпикни йўқотиш	Кучайтирилган цианлаш ва куйдириш шароитида ишқорланган кўпик маҳсулотидан олтин ажратиб олиш
Биологик оксидлаш маҳсулотларидан оксидланмаган сульфидларни гравитация усулида ажратиб олиш	Биологик оксидлаш маҳсулотларидаги оксидланмаган сульфидларни гидроциклон ёрдамида ажратиш	Гидроциклонлаш кумларини куйдириш схемаси таклиф қилинди
Биологик оксидлаш маҳсулоти сорбцияли цианлаш жараёнини такомиллаштириш	Биологик оксидлаш маҳсулотини қайта ишлаш схемаси жорий схема билан солиштирган ҳолда синаб кўрилди.	Биологик оксидлаш маҳсулотини сорбцияли цианлаш узелидан «бўтанада кўмир» схемасига ўтилди. Мазкур операцияда олтин ажратиб олиш даражаси 8-10% гача оширилди.
Биологик оксидлаш маҳсулотларини куйдириш	Биологик оксидлаш маҳсулотларини оксидлаб куйдириш схемаси синаб кўрилди.	Биологик оксидлаш маҳсулотларини куйдириш билан комбинациялашган схемаси ишлаб чиқилди.

Шундай қилиб жаҳон бозори талабларига жавоб берадиган товар маҳсулотларини чиқариб, таркибида олтин бўлган сульфидларни максимал даражада очиш, концентрациялаш ва қайта ишлашга йўналтирилган технологик масалаларни ишлаб чиқиш ва реализация қилиш асосида биооксидлаш технологияси бўйича Кокпатас ва Дауғизтоу конлари мураккаб таркибли сульфид рудаларидан олтин ажратиш олишнинг самарадорлигини ошириш бўйича тавсиялар ГМЗ-3 да ишлаб чиқариш амалиётига жорий қилинди.

ГМЗ-3 ишлаб чиқаришининг техник-иқтисодий кўрсаткичларининг таҳлилига кўра, тавсиялардан фойдаланиш регионнинг ижтимоий-иқтисодий манфаатларини ҳисобга олиб табиий бойликлардан рационал фойдаланиш имконини кенгайтиради. Биооксидлаш технологияси бўйича Кокпатас ва Дауғизтоу конлари мураккаб таркибли сульфид рудаларидан олтин ажратиш олишнинг самарадорлигини ошириш бўйича тавсиялар, вазифаларни бажариш йўллари ва усуллари, эришилган натижа 4-жадвалда кўрсатилган.

ГМЗ-3 да биооксидлаш технологияси бўйича Кокпатас ва Дауғизтоу конлари мураккаб таркибли сульфид рудаларидан олтин ажратиш олишнинг самарадорлигини ошириш бўйича ишлар натижаларини жорий қилиш олтин ажратиш олишнинг умумий даражасини кўтаришга, тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш таннархини туширишга ва мавжуд қайта ишлаш ҳажмини сақлаган ҳолда, йиллик олтин ишлаб чиқаришни кўпайтиришга олиб келади ва бу йилига 222,2 млрд сўмлик қўшимча маҳсулот олишга имкон беради.

ХУЛОСА

«Мураккаб ва ўта мураккаб таркибли олтин сақлаган Қизилқум рудаларини қайта ишлаш самарадорлигининг илмий-техник асослари» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Биооксидлаш маҳсулотини ювиш жараёнида олтин ўзини тутиши ўрганилиши асосида қарама-қарши оқим декантацияси устки оқимида коллоид формада олтин мавжудлиги ва унинг рН муҳитга боғлиқлиги илк бора аниқланган ва у йўқотишларни камайтириш биоксид бойитиш технологиясини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

2. Қарама-қарши оқим декантацияси қуюлтиргичларида тиндирилишнинг ёмонлашиши сабаби аниқланди – арсенат ва темир оксисульфати коллоид эритмаси ҳосил бўлиб бўтананинг суяқ фазасидаги Fe^{+3} тузларининг гидролизи (ювишда рН ўзгариб), бу бўтана суяқ фазасининг қовушқоқлиги ортишига ва биооксидлаш кеки шлам фракцияси чўкиши тезлигининг камайишига олиб келади.

3. Биологик оксидлаш жараёнида кўпик ҳосил бўлиш механизмини ўрганиш натижасида реакторлардаги бўтананинг кўмирли қисмида флотация факторлари ҳисобига коллоид ва майда заррачали олтинни фракцияларга ажратиш йўли билан бойитиш жараёни аниқланди. Реакторларда кўпикни

камайтириш усулидан самаралироқ бўлган, олтинни юқори концентрацияли натрий цианда сорбцияли цианлаш жараёнига асосланган кўпикли маҳсулотни қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

4. Биооксидлаш маҳсулотларини цианлаш жараёнида роданидлар ҳосил бўлиши кинетикаси ва олтиннинг цианли комплекси билан рақобатли сорбциясидаги иштироки аниқланди. Натрий цианиди концентрациясига ва вақтга кўра цианлаш жараёнида роданидлар миқдорининг ўзгариши назарий асосланди ва экспериментал аниқланди. Роданидлар тўлиқ ҳосил бўлиши учун керак бўлган вақт натрий цианиди концентрациясига боғлиқ эмас, ва 10-12 соатни ташкил қилади, ундан кейин таркиби ўзгариши жараён давомийлигига боғлиқ бўлмайди. Шунингдек, олтинни цианли танлаб эритиш тезлиги роданидлар ҳосил бўлиши тезлигидан юқорилиги аниқлашга ёрдам беради.

5. Биооксидлаш маҳсулотларини сорбцион цианлаш жараёнида ион алмашувчи қатрон ўзини тутишини ўрганиш асосида «тўйиниш-регенерация» циклидан кейин роданидлар билан захарланиш ҳисобидан сорбент хусусиятлари пасайиши аниқланган, бу сорбция суюқ чиқиндиларидаги олтин миқдори ортиши динамикасига олиб келади.

6. Тадқиқотлар роданидлар концентрацияси олтиннинг ҳар хил сорбентлари (қатрон, кўмир) тўйинишига кўрсатадиган таъсири аниқланди. Биооксидлаш маҳсулотларини тўғридан-тўғри цианлаш шароитида роданидлар концентрацияси 5 г/л гача етади, бу сорбентлар олтин билан кам тўйинишига асосий сабаб бўлади. Шунингдек биоеккини кондициялашнинг универсал усулларида бири цианлашда роданидлар ҳосил бўлишига йўл қўймайдиган оксидлаб қиздириш эканлиги аниқлашга ёрдам беради.

7. Термохимёвий жараёнларнинг назарий ва экспериментал тадқиқотлари асосида биооксидлаш маҳсулотини қиздириш жараёнида ҳосил бўладиган куйинди сифатига ҳароратнинг кўрсатадиган таъсири аниқланган. 570ч600°C ҳароратда олтин ажратиб олиш 650ч743°C га қараганда юқорироқ эканлиги аниқланган. Бунинг сабаби, 650ч743°C ҳароратда олтин цианлашишига ҳалақит қиладиган скородит пленкалар пайдо бўлади.

8. Оксидлаб қиздиришни қўллаб, кўмир моддалари бўлган мураккаб ва ўта мураккаб таркибли руда ва концентратларни қайта ишлаш комбинацион технологияси ишлаб чиқилган ва саноатга жорий қилинган. Бошланғич босқичда флотоконцентрат оксидланиши биооксидлаш схемаси бўйича амалга оширилади: сульфиддаги олтин очилади, мишьякнинг кўп қисми эритилади, қаттиқ ҳолатга эримас скородит (FeAsO_4) кўринишида ўтказилади. Кейин мишьяк миқдори кам бўлган биооксидлаш маҳсулоти оксидлаб қиздирилади, бунда кўмирдаги олтин очилади, қолган сульфидли олтингугурт оксидланади, микроорганизмлар метаболизми маҳсулотлари йўқ қилинади. Оксидлаб қиздириш маҳсулоти сорбцион цианлашга юборилади.

9. Биооксидлаш маҳсулотини оксидлаб қиздиришни қўллаб, мураккаб таркибли ва ўта мураккаб таркибли олтин рудалари ва концентратларини қайта ишлаш комбинацион технологиясини жорий қилиш бўйича

қуйидагилар аниқланган: Кокпатас ва Дауғизтоу конлари рудаси шихтасидан олинган маҳсулотни 60:40 нисбатда 600°C ҳароратда 2 соат давомида қиздириш ва кейин куйиндини сорбцион цианлашда олтин ажратиб олинишини 73,3 дан 82,5% гача ортишини; натрий цианидининг сарфи 2,5 баробар камайишини; бўтана суюқ фазасида роданидлар концентрацияси 5000 дан 16 мг/л гача камайишини таъминлашга хизмат қилади.

10. Асл металлари ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилди ва саноатга жорий қилинди, ушбу технологияни схемасини синаш, лойиҳалаштириш учун дастлабки маълумотларни олиш ва кейин биооксидлаш маҳсулотини сорбцион цианлаш узелини «бўтанада кўмир» схемасига ўтказиш асосида бажарилди ва бу бактериал маҳсулотни сорбцион цианлаш технологиясини такомиллаштиришни таъминлашга хизмат қилади.

11. Кокпатас конининг балансдан ташқари сульфидли рудаларини биологик уюмли танлаб эритиш усули ишлаб чиқилди ва синов-саноат шароитида қўллаб қўрилди ва бунда олтин ажратиб олиш даражаси 50% ни ташкил этади (тўғридан тўғри цианлашда 25,7%).

12. Мавжуд технологик схемани такомиллаштириш ва ишлаб чиқилган комбинацион технология «Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонаси 3-ГМЗда жорий қилинди. Натижада олтин ажратиб олишнинг умумий даражасини кўтаришга, тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш таннархини туширишга ва мавжуд қайта ишлаш ҳажмини сақлаган ҳолда йиллик олтин ишлаб чиқаришни кўпайтиришга эришилди ва бу йилига 222,2 млрд сўмлик қўшимча маҳсулот олишга имкон беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ 14.07.2016.GM/T.10.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И НАЦИОНАЛЬНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭРГАШЕВ УЛУГБЕК АБДУРАСУЛОВИЧ

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ И ОСОБО
УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД КЫЗЫЛКУМОВ**

**04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

НАВОИ – 2016

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №28.04.2016/B2016.2.T708

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице по адресу www.nggi.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net).

Научный консультант:

Санакулов Кувандик Санакулович
доктор технических наук, заслуженный работник
промышленности Республики Узбекистан

Официальные оппоненты:

Юсупходжаев Анвар Абдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Искандарова Мастура Искандаровна
доктор химических наук, профессор

Абдурахмонов Сойиб Абдурахмонович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2016 года в «__» часов на заседании Научного совета 14.07.2016.GM/T.10.01. (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 96. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: 0 (436) 223-77-11; факс: 0 (436) 223-00-55; e-mail: navggi@intal.uz, nsmi@gmail.com).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №__). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 96. Здание ректората НГГИ, 1-й этаж, 8-й каб. Тел.: 0 (436) 223-56-90; факс: 0 (436) 223-00-55.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2016 года.
(реестр протокола рассылки №__ от _____ 2016 года).

Б.Р.Раимжанов

И.о. председателя Научного совета по присуждению
ученой степени доктора наук, д.т.н., профессор

Э.Э.Игамбердиев

Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученой степени доктора наук, к.г.-м.н., доцент

Ю.Д.Норов

Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению ученой степени доктора
наук, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Золото добывается в 72 странах мира, среди которых Узбекистан занимает 9 место с объемом добычи 103 т/год. Добыча золота в мире в 2015 г. увеличилась на 0,33% и составила 2678 т. Мировые запасы месторождений с легко извлекаемым и высоким исходным содержанием золота в настоящее время практически истощены и в разработку вовлекаются труднодоступные по добыче и сложные по переработке руды. Поэтому на сегодняшний день современный мировой рынок переживает явный дефицит минерального сырья.

С обретением независимости Республики выполнен ряд работ по внедрению и совершенствованию действующих технологий извлечения золота. Основные задачи в развитии технологии переработки упорного сырья направлена на повышение эффективности переработки и снижение себестоимости получаемой продукции, заключающиеся в разработке принципиально новых направлений, нетрадиционных способов и усовершенствовании существующих технологий металлургического производства, обеспечивающие расширение минерально-сырьевых ресурсов страны.

На сегодняшний день во всем мире наблюдается рост количества разведанных и вовлеченных в разработку месторождений упорного и особо упорного золота. В связи с этим повышение эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд путем разработки технологических и технических решений, ориентированных на максимальное вскрытие золотосодержащих сульфидов, и комбинированной технологии их переработки, обеспечивающей дополнительное извлечение золота, является актуальной научной проблемой, стоящей перед современной золотодобывающей промышленностью.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-1442 от 15 декабря 2010 г. «О приоритетах развития промышленности Республики Узбекистан в 2011-2015 годах», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации. Научные исследования по повышению эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд ведутся в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в: Национальном исследовательском технологическом университете «Московский институт стали и сплавов» (Россия), Всероссийском научно-исследовательском

институте химической технологии (Россия), Иркутском государственном институте редких и благородных металлов (Россия), GENCOR Process Research (ЮАР), Queen's University (Канада), The University of Adelaide (Австралия), Curtin University of Technology (Австралия), East China University of Science and Technology (Китай), Beijing University of Technology (Китай), Liaoning University of Science and Technology (Китай), Minerals, Metals and Materials Technology Centre, National University of Singapore (Малайзия), University of Dodoma (Танзания), ЕКАТО RMT (Германия), Tenova Bateman Technologies (Израиль), Aalto University (Финляндия), Научно-исследовательском центре «Гидрометаллургия» (Россия), Mintek (ЮАР).

В результате исследований по повышению эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд, проведенных в мире, получен ряд научных результатов, в том числе: исследованы способы переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд (Национальный исследовательский технологический университет «Московский институт стали и сплавов», Mintek, GENCOR Process Research); разработаны технологии биоокисления для переработки упорных руд (Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии, Иркутский государственный институт редких и благородных металлов, GENCOR Process Research); разработана технология обжига флотоконцентратов (Иркутский государственный институт редких и благородных металлов, The University of Adelaide, Queen's University).

В настоящее время в мире ведется ряд научно-исследовательских работ по повышению эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд по следующим приоритетным направлениям: переработка золотосодержащих руд и концентратов различными методами выщелачивания; окислительный обжиг сульфидных золотосодержащих руд и концентратов; автоклавное окисление сульфидных руд и концентратов; бактериальное окисление сульфидных минералов; исследование и разработка нетрадиционных методов переработки упорного и особо упорного сырья благородных металлов.

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие научных разработок по обогащению и переработке золотосодержащих сульфидных руд внесли ученые Абдурахмонов С.А., Адамов Э.В., Аслануков Р.А., Ахмедов Х.А., Белый А.В., Гришин С.С., Гудков С.С., Захаров Б.А., Каравайко Г.И., Кондратьева Т.Ф., Лодейщиков В.В., Меретуков М.А., Панин В.В., Пивоваров Т.А., Полькин С.И., Сагдиева М.Г., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Седельникова Г.В., Тусупбаев Н.К., Чантурия В.А., Чугаев Л.В., Юсупходжаев А.А., Afenya P.M., van Aswegen P.C., Brierly C.L., Emmet R.C.Ir., Mason P.G. и др. Ими проведены комплексные исследования и разработаны способы извлечения золота из упорного минерального сырья (автоклавное и бактериальное окисление, сверхтонкое измельчение), содержащего углеродистую составляющую или иные упорные соединения.

В мировой практике для рационального освоения золоторудных месторождений с упорными и особо упорными рудами хорошо зарекомендовала себя технология биоокисления сульфидных руд. Данная технология позволяет вовлечь в промышленную эксплуатацию месторождения упорных золотомышьяковых руд, переработка которых другими методами невозможна или экономически нецелесообразна, а также связана с загрязнениями окружающей среды.

Вместе с тем, существуют нерешенные проблемы, обусловленные наличием в рудах золота, связанного с углеродистым веществом, которое не вскрывается по технологии биоокисления и необходимостью разработки новой комбинированной технологии переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд, имеющей важное значение для науки и практики горно-металлургического производства.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института на темк: А13-020 – «Разработка рациональной технологии переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкума с использованием местных реагентов» (2015-2017 гг.), №1-2013 – «Исследование объемного распределения различных форм золота в хвостохранилище ГМЗ-3» (2014-2015 гг.), №2-2015 – «Разработка способа и создание опытно-промышленной установки скоростного обжига по переработке природного сульфидного сырья и промпродуктов» (2015 г.) и №1133-15 – «Минералогические исследования глинистых минералов сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау и оценка их влияния на технологические процессы» (2015 г.).

Целью исследования является разработка технологических и технических решений, ориентированных на максимальное вскрытие золотосодержащих сульфидов, и комбинированной технологии их переработки, обеспечивающей дополнительное извлечение золота.

Задачи исследования:

анализ современного состояния переработки упорных и особо упорных руд, концентратов и методов интенсификации технологических процессов;

комплексное исследование технологии биоокисления переработки упорных и особо упорных руд Кызылкумов в чановом и кучном вариантах;

разработка и внедрение совершенствования технологии переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд;

опытно-промышленные испытания по технологии обжига продукта биоокисления;

разработка и внедрения комбинированной технологии переработки упорных и особо упорных руд (концентратов);

расчеты, анализ и обработка экспериментальных данных по разработке

комбинированной технологии переработки упорных и особо упорных руд с помощью математической статистики и корреляционного анализа с применением современной компьютерной техники.

Объектом исследования являются золотосодержащие упорные и особо упорные руды месторождений Кокпатас и Даугызтау.

Предмет исследования: комбинированная технология переработки золотосодержащих упорных и особо упорных руд.

Методы исследований. Работа выполнена с применением комплексных методов исследований, включающий анализ научно-технической информации и опыта эксплуатации заводов по переработке упорных золотосульфидных руд; теоретические исследования с использованием аналитического, графоаналитического и статистического методов; лабораторные эксперименты, опытно-промышленные испытания и проверку разработанных методик в производственных условиях; рН-метрию, гранулометрический анализ, электронную микроскопию, пробирный, химический и фазовый методы анализа, математические методы обработки экспериментальных данных.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе изучения закономерностей поведения золота в процессе отмывки продукта биокисления впервые установлено присутствие золота в сливе противоточной декантации в коллоидной форме и зависимость его поведения от рН среды, на основе которой разработана биоксидная технология обогащения путем снижения безвозвратной потери золота (на 50%) в процессе отмывки биокека;

установлена причина ухудшения осветления в сгустителях противоточной декантации, которым явился гидролиз солей Fe^{+3} (с изменением рН при отмывке) в жидкой фазе пульпы с образованием коллоидного раствора арсената и окисульфата железа, что привело к повышению вязкости жидкой фазы пульпы и снижению скорости осаждения шламовой фракции продукта биоокисления;

исследованием механизма пенообразования в процессе биоокисления обнаружен процесс обогащения золота (6-8 раз по сравнению с флотоконцентратом) путем фракционирования коллоидного и тонкодисперсного золота за счет флотационных факторов углистой части пульпы в реакторах;

исследована кинетика образования роданидов в процессе цианирования продуктов биоокисления и его участие в конкурентной сорбции с цианидным комплексом золота и установлена динамика изменения содержания роданидов в зависимости от концентрации цианида натрия и времени (10-12 ч), после истечения которого изменение его содержания не зависит от продолжительности процесса. Также установлено, что скорость цианидного выщелачивания золота выше, чем скорость образования роданидов;

на основе изучения поведения ионообменной смолы в процессе сорбционного цианирования продуктов биоокисления установлено снижение

свойств сорбента после последовательных циклов «насыщение – регенерация» за счет его отравления роданидами, которое приводит к динамике увеличения содержания золота в жидких хвостах сорбции и снижению его извлечения;

на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований по состоянию термохимических процессов, протекающих в процессе окислительного обжига продукта биоокисления, установлена определяющая роль температуры на качество получаемого огарка – при температуре 570-600°C степень извлечения золота выше, чем при 650-743°C. Это объясняется тем, что при температуре 650-743°C происходит образование скородитовых пленок, препятствующих цианированию золота.

Практические результаты исследования:

разработана технология подкисления пульпы продуктов биоокисления, поступающая на противоточную декантанционную отмывку до $pH < 1,3$, в результате которого получен чистый верхний слив противоточной декантанционной отмывки и, как следствие, снижено содержание золота в сгущенном продукте нейтрализации на 50%, направляемый на безвозвратный сброс в хвостохранилище;

разработана и промышленно внедрена технология извлечения золота (отн. 82%) из продукта нейтрализации контура оборотной воды (КОВ), направляемый на сброс в случае обнаружения ненормированного сброса золота;

разработан и промышленно внедрен способ увеличения производительности сгустителей продукта биоокисления в контуре противоточной декантации (ПТД), который позволяет существенно снизить затраты на процесс сгущения биокека;

разработан способ переработки пенного продукта, основанный на сорбционном цианировании золота при повышенных концентрациях цианида натрия, и являющийся наиболее эффективным по сравнению со способом пеногашения в реакторах;

разработана и промышленно внедрена усовершенствованная технология повышения степени извлечения золота из кека биоокисления с использованием в процессе сорбционного цианирования схему «уголь в пульпе», которая без проведения дополнительных мероприятий по десульфидизации продукта биоокисления позволяет увеличить извлечение золота на 8-10%;

разработан и промышленно внедрен способ окислительного обжига продукта биоокисления при температуре 600°C в течение 2 ч, полученного из шихты руд месторождений Кокпатас и Даугызтау в соотношении 60:40, и последующее сорбционное цианирование огарка, позволивший снизить расход цианида натрия в 2,5 раза и концентрацию роданидов в жидкой фазе пульпы с 5000 до 16 мг/л, а также повысить степень передельного извлечения золота с 73,3 до 82,5%;

разработана и промышленно освоена комбинированная технология переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд и концентратов, содержащих углистые вещества, с последовательным применением: технологии биоокисления флотоконцентрата для основного разрушения сульфидов, удаления мышьяка и железа в виде нерастворимого скородита (FeAsO_4); обжига продукта биоокисления для доокисления оставшихся сульфидов и удаления углеродистого вещества с последующим применением метода сорбционного цианирования огарка;

разработана и опробована в опытно-промышленном масштабе технология извлечения золота из забалансовых сульфидных руд месторождения Кокпатас методом кучного бактериального выщелачивания со сквозным извлечением в порядке 50%, против 25,7% при прямом цианировании.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных, полупромышленных и промышленных экспериментов, количественным подтверждением основной идеи работы по повышению эффективности переработки золотосодержащих упорных и особо упорных руд и сходимостью фактических результатов с теоретическими расчетами и методами физико-химических основ вскрытия сульфидных минералов; удовлетворительной сходимостью теоретических расчетов и результатов полупромышленных испытаний; положительными результатами, полученными при проверке в промышленных условиях разработанной комбинированной технологии; промышленной апробацией предложенных рекомендаций, методик и достигнутой технико-экономической эффективностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования:

Научная значимость результатов исследования определяется использованием результатов, полученных на основе исследования и выявления причин потери золота в процессе отмывки кека биоокисления и механизма образования роданидов при сорбционном цианировании, а также теоретическом обосновании целесообразности применения комбинированной технологии для переработки упорных и особо упорных руд.

Практическая значимость результатов исследования заключается в повышении эффективности переработки упорных сульфидных руд по технологии биоокисления, усовершенствовании технологии сорбционного цианирования продукта биоокисления и разработке комбинированной технологии с применением обжига, обеспечивающей повышение извлечения золота из упорных руд.

Внедрение результатов исследования.

В результате повышения эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд:

на способ извлечения золота из сульфидных золотомышьяковых руд путем подкисления получен патент на изобретение Агентства по

интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (IAP №04489 от 20.02.2012 г.). Внедрение результатов научных исследований позволили снизить потери золота в хвостах;

на способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд путем обжига получен патент на изобретение Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (IAP №05134 от 17.11.2015 г.). Внедрение результатов научных исследований позволили увеличить извлечение золота из сульфидных золотомышьяковистых руд;

технология подкисления пульпы продуктов биоокисления перед его отмывкой внедрена на ГМЗ-3 Северного рудоуправления Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 02-02-10/10718 от 7 октября 2016 г.). Данная технология позволила получить чистый верхний слив противоточной декантанционной отмывки и снизить безвозвратные потери золота;

комбинированная технология переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд и концентратов, содержащих углистые вещества, внедрена на ГМЗ-3 Северного рудоуправления Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 02-02-10/10718 от 7 октября 2016 г.). Данная технология позволила значительно увеличить степень сквозного извлечения и годового производства золота с сохранением существующего объема переработки руды, а также снизить себестоимость получаемого готового продукта;

разработанная технология извлечения золота из продукта нейтрализации КОВ внедрена на ГМЗ-3 Северного рудоуправления Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 02-02-10/10718 от 7 октября 2016 г.). Результаты внедрения научных результатов позволили дополнительно извлечь золото из продукта нейтрализации КОВ, направляемого на сброс;

разработанный способ увеличения производительности сгустителей продукта биоокисления в контуре ПТД внедрена на ГМЗ-3 Северного рудоуправления Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 02-02-10/10718 от 7 октября 2016 г.). Результаты внедрения научных результатов позволили существенно снизить затраты на процесс сгущения биокека;

разработанная технология повышения степени извлечения золота в процессе сорбционного цианирования кека биоокисления с использованием схемы «уголь в пульпе» внедрена на ГМЗ-3 Северного рудоуправления Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 02-02-10/10718 от 7 октября 2016 г.). Результаты внедрения научных результатов позволили повысить извлечение золота от операции на 8-10%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования изложены в виде лекции и прошли апробацию в 5 международных и

республиканских научно-практических конференциях, в том числе: «Инновация» (Ташкент, 2001, 2011); «Ресурсовоспроизведение, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (Москва-Навои, 2005); «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли» (Навои, 2012); «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли» (Ташкент, 2014).

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 28 научных работ. Из них 1 монография, 2 патента на изобретение Республики Узбекистан, 17 научных статей, в том числе 11 в республиканских и 6 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объём диссертации составляет 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются 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 «**Современное состояние переработки упорных и особо упорных руд**» рассмотрено состояние работ по переработке упорных и особо упорных золотосодержащих руд и исследованы методы их интенсификации.

Для переработки упорных сульфидно-мышьяковистых золотосодержащих руд экономически обоснованы три основные технологии: окислительный обжиг, биоокисление и автоклавное окисление, обеспечивающие получение готовой продукции, конкурентоспособные как по технологическим, экономическим, так и экологическим критериям в зависимости от минерального, вещественного состава и морфологических свойств руд, продуктов и отходов обогащения.

Определены основные причины неудовлетворительных технологических показателей переработки золотомышьяковистых сульфидных руд в условиях ГМЗ-3 Навоийского ГМК:

– несоответствие требований (постоянство вещественного состава перерабатываемых руд) выбранной технологии бактериального окисления и

реально существующего разнообразия руд месторождений Кокпатас и Даугызтау (рис. 1);

- наличие в рудах месторождений Кокпатас и Даугызтау углистого золота (15-20%), которое не вскрывается по технологии биоокисления (взаимопроращение сульфидов и углистого вещества);

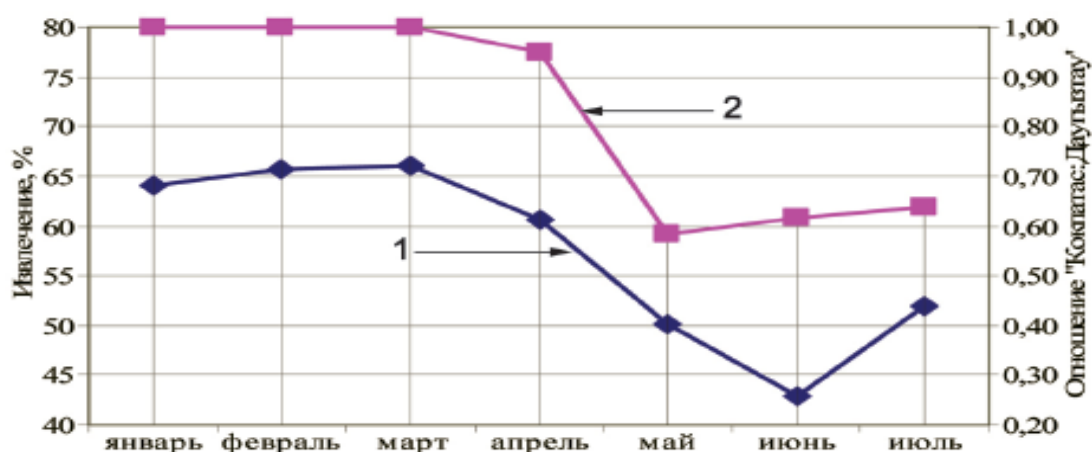
- высокое содержание во флотоконцентрате сульфидной серы.

Основные недостатки схемы биоокисления влекут за собой целый ряд отрицательных факторов в технологическом процессе:

- из-за постоянно меняющегося вещественного состава флотоконцентрата систематически идет отмирание микроорганизмов, которое ведет к обильному пенообразованию в реакторах биоокисления и на последующих операциях;

- после бактериального окисления в продукте биоокисления содержится значительное количество серосодержащих веществ (сера элементарная, полисульфиды и т.д.), хорошо взаимодействующих с цианидами с образованием роданистых соединений препятствующих сорбции золота.

Таким образом, проблема извлечения благородных металлов из технологически упорных руд и концентратов, не поддающихся обработке простыми, общепринятыми в промышленной практике методами, является одной из наиболее важных в золотодобывающей промышленности.



1 – извлечение золота из сульфидных руд, %; 2 – соотношение Кокпатас – Даугызтау, ед.

Рис. 1. Зависимость извлечения золота от соотношения руд месторождений Кокпатас и Даугызтау

Во второй главе «Разработка технологии переработки забалансовых золотосодержащих сульфидных руд методом кучного биовыщелачивания» рассмотрены результаты исследований по оценке возможности переработки забалансовых руд месторождения Кокпатас методом кучного биовыщелачивания в лабораторных и опытно-промышленных условиях.

В лабораторных условиях в чановом режиме исследована пригодность руды к биоокислению (фракция класса – 0,074 мм – 80%, продолжительность биоокисления – 10 сут.). Содержание основных компонентов в исходной

пробе (%): $As_{\text{общ.}} - 0,684$; $Fe_{\text{общ.}} - 5,02$; $Fe_{\text{сульф.}} - 1,96$; $S_{\text{общ.}} - 2,208$; $S_{\text{сульф.}} - 2,018$; $CO_2 - 6,05$. Извлечение золота при сорбционном цианировании после биоокисления составило 70-75% (против 25,7% без биоокисления).

Исследована возможность биоокисления забалансовых сульфидных руд месторождения Кокпатас перколяционным способом. Установлено, что наличие карбонатов в исходной руде требует перед началом биоокисления проведения полного закисления руды. Декарбонизацию руды проводили в «мягком» режиме раствором серной кислоты с $pH=1,5$ в течение 40-45 сут. Расход кислоты составил 86,7 кг/т. Извлечение золота за 150 сут. бактериального окисления руды крупностью –20 мм составило 48,3% (против 25,7% при прямом цианировании).

Проведены полупромышленные испытания по кучному биоовыщелачиванию сульфидных руд месторождения Кокпатас следующего химического состава (%): $Fe_{\text{общ.}} - 5,9$; $Fe^{2+} - 2,55$; $As - 0,91$; $S_{\text{общ.}} - 2,3$; $S_{\text{сульф.}} - 2,1$; $CO_2 - 4,4$; $Au - 3,4$ г/т. Масса руды, заложенной в куче – 1200 т, высота кучи – 2 м, площадь основания – 450 м², площадь кровли – 298 м². Продолжительность процесса декарбонизации – 52 сут. (расход серной кислоты – 21 кг/т), время биоокисления – 150 сут. Извлечение золота методом сорбционного цианирования в гидрометаллургическом режиме составило 47,2%.

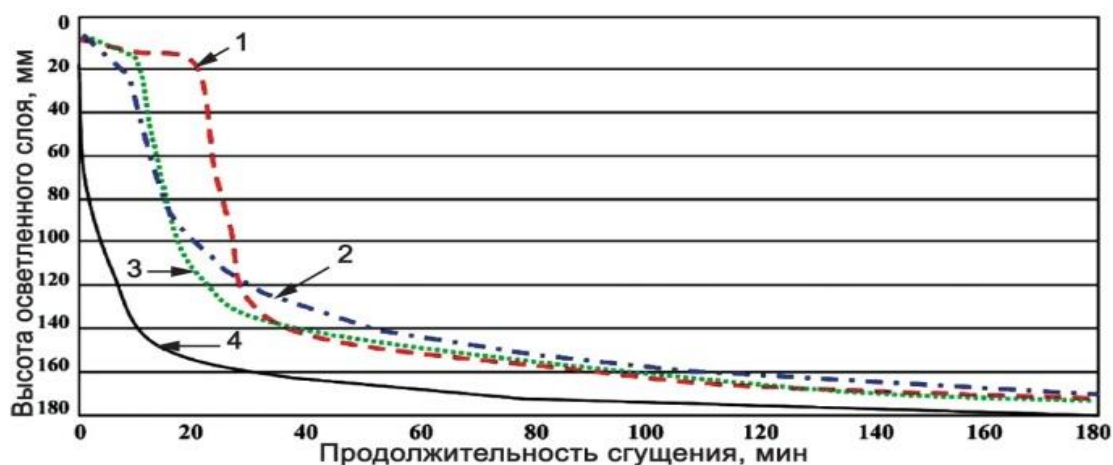
Для повышения окислительной активности бактерий за счет увеличения концентрации железа и сульфидной серы в исходном материале исследовали процесс биоокисления шихты руды (80-90%) карьера Южный месторождения Кокпатас и его флотоконцентрата (10-20%) перколяционным способом. Установлено, что извлечение золота за 150 сут. бактериального окисления составило в различных вариантах лабораторных опытов от 46,7 до 72,4%, (в среднем 61,8%) против 18,1-31,1% при прямом цианировании.

Таким образом, метод КБВ нашло применение в промышленном масштабе для обогащения забалансовых золотосульфидных руд с одновременным вскрытием определенной части сульфидных минералов.

В третьей главе **«Повышение эффективности переработки упорных золотосульфидных руд на ГМЗ-3»** рассмотрен комплекс работ по усовершенствованию действующей технологии извлечения золота.

В соответствии с проектом кек биоокисления отмыывают от растворённых примесей – мышьяка и железа методом противоточной декантационной отмывки. В процессе освоения технологии противоточной декантации (ПТД) отмечены случаи ухудшения работы передела, выразившиеся в резком снижении скорости осаждения твёрдой фазы и появления мути в сливе сгустителей (рис. 2). Последнее влекло за собой увеличение безвозвратных потерь золота. Выполнены исследования по подбору оптимальных флокулянтов для улучшения показателей сгущаемости на ПТД. Определение показателей сгущаемости проводилось в цилиндрах емкостью 1 л на текущих пульпах, отобранных из процесса переработки руды.

По результатам данной серии опытов дана сопоставительная оценка работы образцов флокулянтов различных марок в контуре ПТД цеха биоокисления.



1 – ПТД-1; 2 – ПТД-2; 3 – ПТД-3; 4 – классическая кривая сгущения

Рис. 2. Характерные кривые сгущения контура ПТД ГМЗ-3

В результате установлено, что наилучшими показателями обладает высокомолекулярный, сильно катионный флокулянт марки Праестол 854-BC-S. При сравнении флокулянта марки Праестол 854-BC-S с маркой, используемой на производстве Праестол-2500:

- для 1 сгустителя при расходе 90 г/т (расход флокулянта Праестол-2500 – 80 г/т) установлено увеличение скорости осаждения в 3,05 раза и удельной производительности сгущения в 2,4 раза. Достигаемое значение Т:Ж находится в диапазоне 1,6-1,9;

- для 2 сгустителя при расходе 20 г/т (расход флокулянта Праестол-2500 – 40 г/т) установлено увеличение скорости осаждения в 2,0 раза и удельной производительности сгущения в 2,0 раза. Достигаемое значение Т:Ж находится и диапазоне от 1,7 до 1,9;

- для 3 сгустителя при расходе 20 г/т (расход флокулянта Праестол-2500 – 40 г/т) установлено увеличение скорости осаждения в 1,9 раза и удельной производительности сгущения в 2,0 раза. Достигаемое значение Т:Ж конечное для обоих образцов находится в диапазоне от 1,6 до 1,9.

Таким образом, первоначальный расход для флокулянта марки Праестол-854-BC-S в контуре ПТД цеха биоокисления ГМЗ-3 рекомендуется для сгустителей 1:2:3, соответственно, в количестве 90:20:20 г/т продукта биоокисления.

Изучено влияние рН жидкой фазы пульпы на осветление слива сгустителя ПТД-1. В результате набора статистических данных методом пассивного эксперимента установлена прямая зависимость ухудшения осветления слива ПТД-1 с ростом рН жидкой фазы. При повышении рН жидкой фазы во вторичных реакторах до значения 1,40-1,45 пульпа биокека, поступающая на отмывку, разбавляется промывной водой и рН жидкой фазы

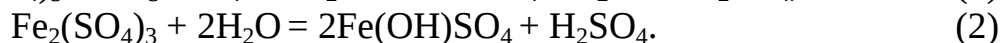
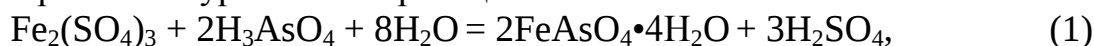
возрастает до значений 1,80-1,86. При этом наблюдается резкое ухудшение осветления пульпы и образование мути в верхнем сливе ПТД-1 (табл. 1).

Таблица 1

Влияние pH жидкой фазы пульпы на скорость осаждения и чистоту верхнего слива (данные пассивного эксперимента)

Проба	pH	Скорость осаждения, м/ч	Состояние верхнего слива
Пульпа – питание сгустителя ПТД 1	2,02	0,44	Нет фронта осаждения
	1,86	0,55	Нет фронта осаждения, слив мутный
	1,54	0,95	Фронт четкий, слив мутный
	1,33	1,16	Фронт четкий, слив прозрачный

Причиной ухудшения осветления и образования мути явился гидролиз солей Fe^{+3} в жидкой фазе пульпы с образованием коллоидного раствора скородита-жрозита по уравнениям реакций:



В результате образования коллоидного раствора арсената и оксисульфата железа вязкость жидкой фазы возросла, что резко снизило скорость осаждения шламовой фракции кека биоокисления.

Таким образом, разработана и промышленно внедрена технология подкисления пульпы биокека, поступающая на противоточную декантацию, до pH=1,3-1,4, позволяющая получить чистый верхний слив ПТД-1 и снизить безвозвратные потери золота (табл. 2).

Таблица 2

Влияние pH подкисленной жидкой фазы пульпы биокека на показатели осветления и содержания золота в сбросных продуктах при ПТД отмывке

pH подкис- ления	Показатель слива	Концент- рация золота в сливе, мг/л	Содержание золота в сгущенном продукте КОВ, г/т
1,65	Мутный	0,220	1,0-1,2
1,50		0,190	0,9
1,45	Мутноватый	0,180	0,8
1,40	Прозрачный	0,090	0,6
1,35		0,085	0,5
1,30		0,085	0,5
1,20		0,085	0,5

Сульфидные руды, поступающие в переработку, обладают неоднородным составом и сильно различаются по физико-химическим свойствам, что приводит к ряду сложностей в достижении требуемых показателей в основных технологических переделах. Одна из таких проблем состояла в низкой производительности сгустителей продукта биоокисления в контуре ПТД. Аналогичная проблема наблюдалась на идентичных

сгустителях флотоконцентрата. Установлено влияние плотности пульпы флотоконцентрата на показатели сгущаемости (рис. 3).

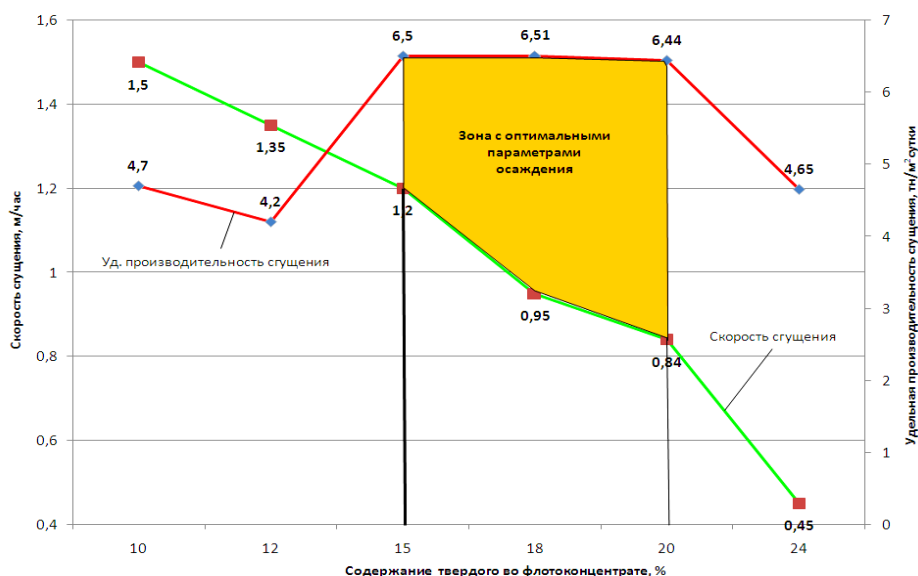


Рис. 3. Влияние плотности пульпы флотоконцентрата на показатели сгущаемости

Оптимальные показатели сгущаемости продуктов получены при разбавлении пульпы до содержания твердого 15-20% ($R=4,0-5,3$). При этом скорость сгущения увеличивается от 0,32 м/ч до 0,9-1,2 м/ч, удельная производительность сгущения – от 4,29 до 6,5 т/м² в сутки. Установлено, что для оптимизации работы сгустителя флотоконцентрата целесообразно разубоживать пульпу в питании сгустителя до $R=4,0-5,3$, для чего разработана и рекомендована система авторазбавления пульпы.

Для внедрения системы авторазбавления пульпы в питающих трубах сгустителей ПТД сделаны горизонтальные прорезы на уровне зеркала воды, через которые осветленная вода поступала в трубы, разбавляя тем самым пульпу до её попадания в питающие колодцы сгустителей. Однако увеличение производительности сгустителей ПТД по твердому не значительно, в связи с чем разработан и рекомендован новый питающий узел сгустителя Ц-28 (рис. 4), который состоит из питающего колодца, диаметр которого увеличен в 2 раза по отношению к проектному и составляет 5 м, питающей трубы, диаметр которой увеличен в 3 раза, а также открытого приемного желоба, в которую заведена питающая труба и установленного таким образом, что осветленная вода в зеркале сгустителя попадает в желоб и разбавляет пульпу, поступающую с питающей трубы в колодец.

Такие конструктивные решения позволили увеличить эффективность работы системы авторазбавления и время контакта твердого материала с флокулянтom вследствие увеличения объема приемного колодца. Мониторинг показателей среднечасовой производительности сгустителей показывает, что сгуститель с новой конструкцией питающего узла, работая

со среднечасовой производительностью более чем вдвое превышающую производительность сгустителя с проектным питающим узлом, обеспечивает лучшие показатели сгущаемости и получение более чистого верхнего слива.

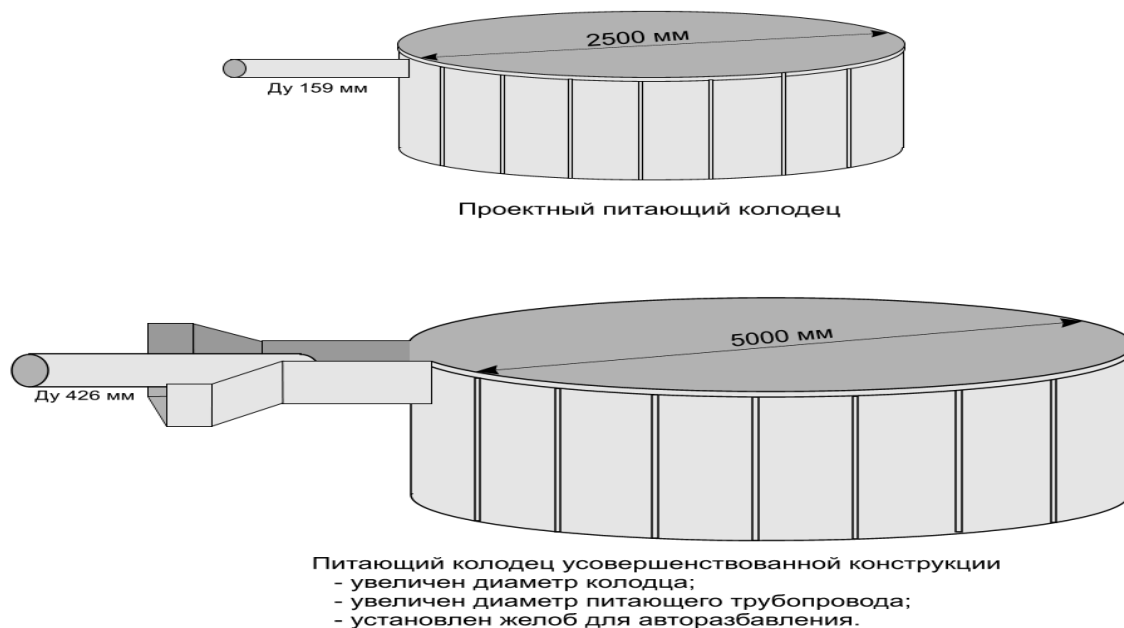


Рис. 4. Конструкция питающего колодца сгустителя Ц-28

Слив ПТД направляется в процесс нейтрализации для перевода мышьяка в нерастворимые формы. Затем нейтрализованный известняком продукт поступает на сгуститель контура оборотного водоснабжения (КОВ), откуда слив идёт на повторное использование, разгрузка сгустителя КОВ направляется на хвосты. Практика показала постоянное присутствие золота в пробах разгрузки сгустителя КОВ в среднем 0,6-0,8 г/т, которое относится к категории безвозвратных потерь. Выполнены исследования по извлечению золота из продукта КОВ методами фильтрации, центрифугирования, экстракции, соосаждения, цианирования и др. Оптимальным является метод сорбционного цианирования в режиме: исходная концентрация $\text{NaCN}=200$ мг/л, $\text{pH}=11,0$, загрузка смолы 0,5% (в голову процесса), время – 24 ч. В табл. 3 представлены результаты сорбционного извлечения золота из продукта КОВ, которое составило 82,2%.

Таблица 3

Результаты по извлечению золота из продукта КОВ сорбционным цианированием

Наименование показателей	Значение
Содержание Au в исходной пробе, г/т	0,56
Содержание Au в хвостах сорбции, г/т	0,10
Извлечение золота, %	82,2
Расход NaCN , кг/т	0,4

Положительные результаты исследований позволили разработать схему и внедрить технологию извлечения золота из продукта КОВ путём их сорбционного цианирования. Разработанная технология явилась защитной мерой и использована при повышении содержания золота в продукте КОВ.

Образование роданидов на стадии цианирования руд, концентратов и продуктов биоокисления флотоконцентратов (биокеков) является основной причиной повышенного расхода цианида натрия, а их участие в конкурентной сорбции с цианидным комплексом золота приводит к снижению ёмкости смолы по золоту и к высокой остаточной концентрации золота в жидкой фазе хвостов сорбции (рис. 5 и 6). Проведены исследования по кинетике цианидного выщелачивания двух проб биокека с различным исходным содержанием сульфидной серы. Условия цианирования (без введения анионита) обеих проб были аналогичными: $\text{pH}=10,5-11$; исходная концентрация $\text{NaCN} - 1000 \text{ мг/л}$; $T : Ж=1,0 : 2,4$. Повышение в пробе биокека недоокисленных форм серы (S_s) с 1,0 до 1,4% привело к повышению расхода цианида натрия за 10 ч выщелачивания с 4,8 до 6,9 кг/т, при этом концентрация роданидов в растворе возросла с 1457 до 2050 мг/л.

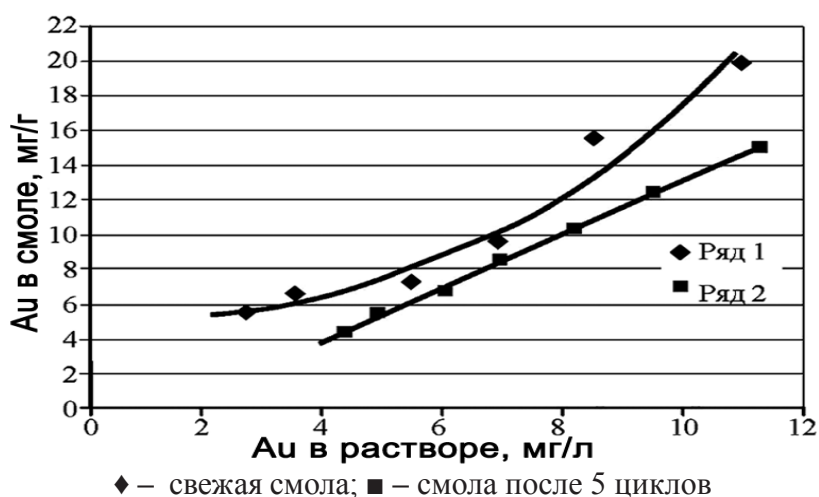


Рис. 5. Изотермы сорбции Au на смолу до и после проведения испытаний



Рис. 6. Динамика изменения содержания Au в жидких хвостах сорбции в период испытаний

Таким образом, содержание недоокисленных форм серы в продуктах, поступающих на цианирование, пропорционально отражается на расходе цианида натрия и концентрации образующихся роданидов.

На рис. 7 представлена зависимость кинетики образования роданидов от исходной концентрации NaCN. Установлено, что время практически полного образования роданидов не зависит от концентрации NaCN и составляет 10-12 ч.

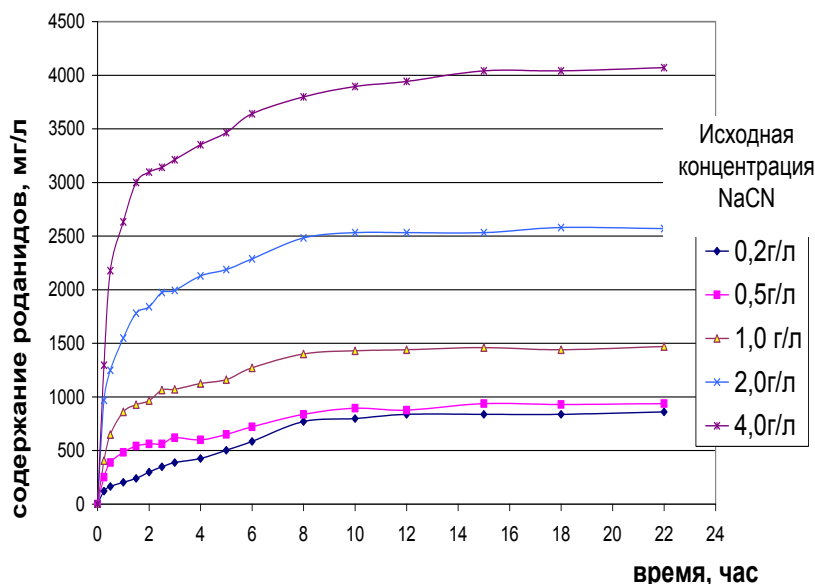


Рис. 7. Кинетика образования роданидов

Скорость цианидного выщелачивания золота выше, чем образование роданидов. Изучено влияние концентрации роданидов на насыщение сорбентов. При концентрации роданидов в растворе, характерной для переработки окисленных руд (9,8 мг/л), насыщение анионитов АМ-2Б и PuroGold золотом составило, соответственно, 6,2 и 4,6 мг/г. При повышении концентрации роданидов, характерной для переработки биокека (4625 мг/л), насыщение анионитов АМ-2Б и PuroGold золотом снижается, соответственно, в 3 и 2 раза.

Выполнены исследования по кондиционированию сырья (снижение в нём содержания недоокисленных форм серы и, как следствие, уменьшение концентрации роданидов) обжигом перед цианированием. В опытах использовали биокек с высоким содержанием сульфидной серы, который отмывали до pH=4 и фильтровали до влажности W=50%. Обжиг вели в протвнях, которые помещали в печи Carbolite CF-24. Вес исходной навески составлял 1 кг в пересчёте на сухое вещество. Перемешивание осуществляли вручную через каждые 10-15 мин. обжига. После двух часов обжига пробы направили на сорбционное цианирование в режиме: pH=10,5-11,5; NaCN=500 мг/л; загрузка смолы – 0,5% (в голову процесса); время сорбционного цианирования – 16 ч; Ж:Т=2:1.

Установлено, что предварительный обжиг биокека при температуре 600⁰С в течение двух часов и последующее сорбционное цианирование

огарка обеспечивает снижение: S_s с 6,1 до 0,08%, $C_{орг}$ – с 1,5 до 0,2%, концентрации CNS^- в растворе – с 934 до 1,3 мг/л; повышение извлечения золота на 15,1% при снижении концентрации золота в жидкой фазе хвостов сорбции с 1,07 до 0,04 мг/л; снижение расхода цианида натрия в 4 раза и извести в 2 раза.

Проведены исследования по кондиционированию сырья окислительной обработкой в щелочной среде. Показано, что предварительная обработка пульпы кислородом при поддержании его концентрации в жидкой фазе на уровне 20 мг/л в течение 13 ч приводит к снижению расхода цианида натрия на образование роданидов. Извлечение золота на стадии сорбционного выщелачивания практически не меняется.

Для снижения концентрации роданидов проведены исследования по кондиционированию водной фазы пульпы путём введения окислителя. В качестве окислителя использовали персульфат калия. Установлено, что при расходе $8 \text{ кг/м}^3 \text{ K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ концентрация роданидов в жидкой фазе пульпы снизилась с 1199 до 9 мг/л, концентрация золота в жидкой фазе хвостовой пульпы уменьшилась с 0,16 до 0,07 мг/л. Учитывая высокую стоимость окислителей и большие объёмы пульп, поступающих на сорбцию, этот метод кондиционирования в производственных условиях малоприменим.

Совершенствована технология сорбционного цианирования продукта бактериального выщелачивания. Для проведения испытаний из технологического процесса ГМЗ-3 отобраны свежие пробы продукта питания КЕМИКС, на которых были проведены сначала лабораторные исследования, а затем полупромышленные испытания.

Лабораторные испытания проводились в круглосуточном режиме. Испытана схема переработки продукта биоокисления, основной задачей которого являлось получение исходных данных для проектирования реконструкции узла сорбции при фактическом состоянии действующей технологии обогащения и биоокисления флотоконцентратов на ГМЗ-3.

Проведены полупромышленные испытания угольно-сорбционной технологии переработки продуктов процесса биоокисления, получаемых на ГМЗ-3, с использованием установки, моделирующей промышленный процесс противоточного сорбционного выщелачивания продуктов в непрерывном режиме работы. Исходные режимные параметры процесса приняты по результатам предшествующих лабораторных исследований, выполненных на этих же продуктах, полученных при переработке руд месторождений Кокпатас и Даугызтау. Изучены технологические свойства продуктов биоокисления, испытаны угольные сорбенты от различных производителей, сделан выбор марки угля, рекомендованный для использования в процессе сорбционного выщелачивания продукта биоокисления, определены основные режимные параметры и ожидаемые показатели переработки продукта биоокисления по СІІ технологии. В установившемся режиме получено извлечение Au на уголь 84,6% при удельном расходе NaCN 15 кг/т в расчете на продукт ПТД. Узел сорбционного цианирования продукта биоокисления,

работающий по схеме «Смола в пульпе», переведён на схему «уголь в пульпе».

Таким образом, перевод ГМЗ-3 на угольно-сорбционную технологию без проведения дополнительных мероприятий по десульфидизации биокеков позволил повысить извлечение Au на 8-10% за счет оптимизации режимных условий выщелачивания и исключения потерь Au с жидкой фазой хвостов сорбции.

Периодическое пенообразование является проблемой для большинства установок биоокисления, которая также имеет место для установки биоокисления Кокпатас. Повышение уровня пены снижает полезный рабочий объём реакторов, что приводит к снижению времени биоокисления и повышению остаточной серы на ПТД-3. Последнее требует изыскания возможных путей вывода и отдельной переработки пены с реакторов биоокисления.

Для изучения данного вопроса проведено опробование одного первичного и одного вторичного реактора биоокисления. По периметру бортов реакторов установлены желоба для сбора пены с последующим направлением продукта в специальный контейнер для дальнейшей работы с ней. Предусмотрена подача воды в желоба для гашения пены.

Для изучения возможных способов переработки на пробе пенного продукта с реактора биоокисления из процесса ГМЗ-3 проведён сокращенный рациональный анализ на формы нахождения золота. По результатам рационального анализа пенного продукта установлено, что содержание цианируемого золота составляет 52,2%, тонковкрапленного в породу (практически нецианируемое) – 13,7%, остальное количество золота можно извлечь с применением специальных методов обработки – обжига, цианирования в жестких условиях и т.п.

Окислительный обжиг защелоченного пенного продукта и последующее сорбционное цианирование огарка обеспечивает извлечение золота из огарка 83,4%.

Результаты опробования одного первого вторичного реактора показывают, что пенный продукт в сравнении с пульпой в этом же реакторе обогащен: по Au – 176,7 г/т, S_s – 5,06% и $C_{орг.}$ – 14,74%. При этом выход пены с одного первого вторичного реактора составил за период опробования 8,9 т/сут. в пересчёте на твёрдое (выход пены с одного первичного реактора составил 2,1 т/сут.). Содержание твердого в пене составило 74,65 г/л или 0,07465 т/м³. Среднечасовой выход пены составил 5 м³/ч (среднесуточный – 120 м³/сут), вес твёрдой фазы пены $P = 120 \text{ м}^3/\text{сут} \times 0,07465 \text{ т/м}^3 = 8,9 \text{ т/сут}$ с одного первого вторичного реактора.

Проведены исследования по выщелачиванию золота из пенного продукта с использованием сорбционного цианидного выщелачивания. Повышение исходной концентрации NaCN с 2000 до 20000 мг/л привело к повышению извлечения золота из пенного продукта с 61,4 до 84,8%, что соответствует снижению золота в хвостах сорбции с 32,1 до 12,9 г/т.

Проведены опыты по выщелачиванию золота из пены, содержащей 105 г/т золота, с применением раствора тиомочевины при условиях: концентрация ТМ = 100 г/л; концентрация H_2SO_4 = 25 г/л; концентрация Fe^{+3} = 30 г/л, время выщелачивания – 2 ч при температуре 60°C. Установлено, что извлечение золота в раствор составляет 27,7%, что соответствует содержанию золота в хвостах 76,4 г/т.

В четвертой главе «Разработка и внедрение комбинированной технологии переработки особо упорных руд» приведены результаты исследований по разработке технологии окислительного обжига продукта биоокисления с целью удаления неокисленных сульфидов и углеродистого вещества с одновременным обогащением золота в продукте сорбционного цианирования, позволившие существенно увеличить эффективность технологического процесса переработки упорных и особо упорных руд.

Дана предварительная оценка эффективности технологии обжига продукта биоокисления, в результате которой установлено:

- обжиг продукта биоокисления, полученного из шихты руд месторождений Кокпатас и Даугызтау в соотношении 60:40 при температуре 600°C в течение 2 ч и последующее сорбционное цианирование огарка, обеспечивает повышение передельного извлечения золота с 73,3 до 82,5%;
- снижение расхода цианида натрия в 2,5 раза;
- снижение концентрации роданидов в жидкой фазе пульпы с 5000 до 16 мг/л.

В результате проведения промышленных испытаний по обжигу продукта биоокисления и последующему сорбционному цианированию огарков установлено, что определяющее значение на извлечение золота оказывает температура обжига (рис. 8).

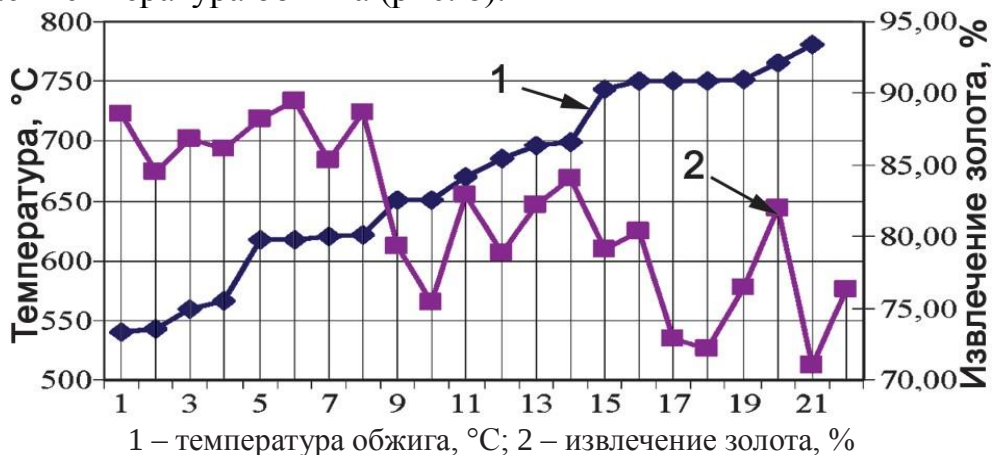


Рис. 8. Зависимость извлечения золота от температуры обжига

Наилучшие показатели по извлечению золота из огарка (85-88%) получены при температуре обжига 570-600°C. Для промышленного освоения технологии окислительного обжига продукта биоокисления в условиях ГМЗ-3 разработана схема, включающая: фильтрацию биокека, сушку и обжиг биокека в одной обжиговой печи и сорбционное цианирование продуктов обжига. Установлена необходимость предварительной сушки продукта

биоокисления перед направлением его в обжиговую печь и рекомендована сушилка, которая снижает влажность в продукте биоокисления с 35-40% до требуемой влажности 12-16%.

Установлено, что приемлемые показатели по извлечению золота из огарка ($E=83-91\%$) достигаются при питании обжига 5,5-7,5 т/ч (рис. 9). При этих нагрузках получаемый в результате обжига огарок содержал $S_s=0,03-0,1\%$ и $C_{орг}=0,1-0,3\%$, а хвосты сорбционного цианирования составили 4,4-6,1 г/т. Основной технологической проблемой промышленной установки обжига явился большой пылевынос, составивший 30-40%.



Рис. 9. Результаты промышленного внедрения обжига продукта биоокисления

Для снижения содержания остаточной сульфидной серы в продукте биоокисления предложено производить его гидроциклонирование перед сорбционным цианированием, что позволит отделить песковую фракцию, содержащую основную часть недоокисленных форм серы и снизить её негативное влияние на показатели извлечения в сорбционном процессе.

Для сравнения проводили сорбционное цианирование слива, песков и огарка после обжига песков гидроциклона без доизмельчения и с доизмельчением до класса $-0,044$ мм. Сорбционное цианирование слива при исходной концентрации $NaCN$ 1000 мг/л и равновесной 700 мг/л обеспечивает извлечение золота на уровне 80% с содержанием золота в хвостах цианирования 6 г/т. Сорбционное цианирование исходных песков (без доизмельчения) при исходной концентрации $NaCN$ 1000 мг/л и равновесной 400 мг/л обеспечивает извлечение золота на уровне 61% с содержанием золота в хвостах цианирования 3,7 г/т.

Доизмельчение песков перед цианированием до класса $-0,044$ мм привело к повышению извлечения золота до 73,7% с содержанием золота в хвостах 2,5 г/т. Обжиг гранулированных песков и последующее измельчение огарка до класса $-0,044$ мм привело к повышению извлечения золота из огарка до 84-88% с содержанием золота в хвостах цианирования 1,2-1,6 г/т.

Установлено, что наибольший прирост в извлечении золота обеспечивает схема с обжигом части песков гидроциклонирования (160 т/сут с получением 136 т/сут огарка при производительности печи обжига 6-8 т/ч) и с доизмельчением оставшейся части песков и гранул огарка до класса $-0,044$ мм.

Таблица 4

**Оценка повышения эффективности
переработки упорных золотосульфидных руд на ГМЗ-3**

Рекомендации и постановка задач	Пути и приемы решения задач	Достигнутый результат
Совершенствование технологии противоточной декантационной отмывки кека бактериального выщелачивания: 1.1. Подбор оптимальной марки флокулянта. 1.2. Изучение влияния pH жидкой фазы пульпы на осветление слива ПТД. 1.3. Совершенствование конструкции рабочих узлов сгустителей контура ПТД	1.1 Подбор флокулянта. 1.2. Внедрение подачи подкисленной воды на отмывку биокека от железа и мышьяка. 1.3. Реконструкция питающего узла сгустителя	1.1. Улучшение показателей сгущения. Установлен расход флокулянта для сгустителей 1:2:3 соответственно в количестве 90:20:20 г/т продукта биоокисления. 1.2. Разработана технология подкисления пульпы биокека до pH=1,3-1,4. Снижена безвозвратная потеря золота в цикле ПТД. 1.3. Оптимизирована работа сгустителей ПТД
Снижение количества безвозвратных потерь золота в цикле контура оборотной воды (КОВ) комплекса биоокисления	Извлечение золота из сгущенного продукта КОВ	Разработана технология извлечения золота из продукта КОВ путем их сорбционного цианирования
Повышение эффективности цианидно-сорбционного выщелачивания золота из биокека	Изучена кинетика образования роданидов для проб биокека с различным содержанием S_s и пути снижения их влияния в конкурентной сорбции.	Рекомендован способ ведения процесса сорбционного цианирования в присутствии роданидов
Повышение извлечения золота из продуктов реакторов биоокисления с применением специальных методов обработки	Удаление пены с реакторов биоокисления	Извлечение золота из защелоченного пенного продукта в условиях интенсивного цианирования и обжига
Гравитационное выделение недоокисленных сульфидов из продуктов биоокисления	Разделение недоокисленных сульфидов гидроциклонированием продукта биоокисления	Рекомендована схема с обжигом песков гидроциклонирования
Усовершенствование технологии сорбционного цианирования продукта биоокисления	Испытана схема переработки продукта биоокисления в сравнении с действующей	Узел сорбционного цианирования продукта биоокисления переведен на схему «уголь в пульпе». Повышение извлечения золота от операции на 8-10%
Обжиг продуктов биоокисления	Испытана схема окислительного обжига продукта биоокисления	Разработана комбинированная технологическая схема с обжигом биоокисления

Таким образом, рекомендации по повышению эффективности извлечения золота из упорных сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау по технологии биоокисления на основе разработки и реализации технологических решений, ориентированных на максимальное вскрытие,

концентрирование и переработку золотосодержащих сульфидов с получением конечной товарной продукции, удовлетворяющей требованиям мирового рынка, внедрены в производственную практику на ГМЗ-3.

Анализ технико-экономических показателей работы производства ГМЗ-3 показывает, что применение рекомендаций позволяет перейти к рациональному природопользованию с учетом социально-экономических интересов региона. Рекомендации по повышению эффективности извлечения золота из упорных сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау по технологии биоокисления, пути и приемы решения задач, а также достигнутый результат приведены в табл. 4.

Внедрение результатов работы по повышению эффективности извлечения золота из упорных сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау по технологии биоокисления на ГМЗ-3 позволяет существенно повысить сквозное извлечение, увеличить годовое производство золота с сохранением существующего объема переработки руды, снизить себестоимость производимого продукта и дополнительно получить готовый продукт на сумму 222,2 млрд. сум в год (в ценах 2016 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по докторской диссертации на тему «Научно-технические основы повышения эффективности переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд Кызылкумов» получены следующие выводы:

1. В результате изучения закономерностей поведения золота в процессе отмывки продукта биоокисления впервые установлено присутствие золота в сливе противоточной декантации в коллоидной форме и зависимость его поведения от pH среды, на основе которой разработана биоксидная технология обогащения путем снижения безвозвратной потери золота (на 50%) в процессе отмывки биокека.

2. Установлена причина ухудшения осветления в сгустителях противоточной декантации, которым явился гидролиз солей Fe^{+3} (с изменением pH при отмывке) в жидкой фазе пульпы с образованием коллоидного раствора арсената и оксисульфата железа, которое привело к повышению вязкости жидкой фазы пульпы и снижению скорости осаждения шламовой фракции кека биоокисления.

3. В результате исследования механизма пенообразования в процессе биоокисления обнаружен процесс обогащения золота (6-8 раз по сравнению с флотоконцентратом) путем фракционирования коллоидного и тонкодисперсного золота за счет флотационных факторов углистой части пульпы в реакторах. Разработан способ переработки пенного продукта, основанный на сорбционном цианировании золота при повышенных концентрациях цианида натрия, который является наиболее эффективным по сравнению со способом пеногашения в реакторах.

4. Исследована кинетика образования роданидов в процессе цианирования продуктов биоокисления и его участие в конкурентной сорбции с цианидным комплексом золота. Теоретически обосновано и экспериментально установлено изменение содержания роданидов в процессе цианирования в зависимости от концентрации цианида натрия и времени. Время для полного образования роданидов не зависит от концентрации цианида натрия, и составляет 10-12 ч, после истечения которого изменение его содержания не зависит от продолжительности процесса. Также установлено, что скорость цианидного выщелачивания золота выше, чем скорость образования роданидов.

5. На основе изучения поведения ионообменной смолы в процессе сорбционного цианирования продукта биоокисления установлено снижение свойств сорбента после циклов «насыщение – регенерация» за счет его отравления роданидами, которое приводит к динамике увеличения содержания золота в жидких хвостах сорбции.

6. Исследованиями установлено влияние концентрации роданидов на насыщение различных сорбентов золота (смола, уголь). В условиях прямого цианирования продуктов биоокисления концентрация роданидов достигает до 5 г/л, что является основной причиной низкого насыщения сорбентов золотом. Также установлено, что одним из универсальных способов кондиционирования биокека является окислительный обжиг, предотвращающий образование роданидов при цианировании.

7. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований термохимических процессов, протекающих при окислительном обжиге продукта биоокисления, установлена определяющая роль температуры на качество получаемого огарка. Определено, что при температуре 570-600°C извлечение золота выше, чем при 650-743°C. Это объясняется тем, что при 650-743°C происходит образование скородитовых пленок, препятствующих цианированию золота.

8. Разработана и промышленно освоена комбинированная технология переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд и концентратов, содержащих углистые вещества, с применением окислительного обжига. На начальном этапе окисление флотоконцентрата осуществляется по схеме биоокисления: вскрывается сульфидное золото, значительная часть мышьяка растворяется, переводится в твердое состояние в виде нерастворимого скородита (FeAsO_4). Затем продукт биоокисления с низким содержанием мышьяка подвергается окислительному обжигу, при котором вскрывается углистое золото, окисляется оставшаяся сульфидная сера, уничтожаются продукты метаболизма микроорганизмов. Продукт окислительного обжига направляется на сорбционное цианирование золота из огарка.

9. По внедрению комбинированной технологии переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд и концентратов с применением окислительного обжига продукта биоокисления установлено, что обжиг

продукта, полученного из шихты руд месторождений Кокпатас и Даугызтау в соотношении 60:40 при температуре 600°C в течение 2 ч и последующее сорбционное цианирование огарка, обеспечивает повышение передельного извлечения золота с 73,3 до 82,5%, снижение расхода цианида натрия в 2,5 раза, снижение концентрации роданидов в жидкой фазе пульпы с 5000 до 16 мг/л.

10. Разработана и промышленно освоена технология извлечения благородных металлов путем усовершенствования технологии сорбционного цианирования продукта бактериального выщелачивания на основе испытаний схемы, получения исходных данных для проектирования и последующего перевода узла сорбционного цианирования продукта биоокисления на схему «уголь в пульпе».

11. Разработана и опробована в опытно-промышленных условиях технология извлечения золота из забалансовых сульфидных руд месторождения Кокпатас методом кучного бактериального выщелачивания со сквозным извлечением в порядке 50% (против 25,7% при прямом цианировании).

12. Совершенствование действующей схемы и разработанная комбинированная технология переработки упорных и особо упорных золотосодержащих руд внедрены на ГМЗ-3 Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат». В результате внедрения существенно повышено сквозное извлечение и годовое производство золота с сохранением существующего объема переработки руды, снижена себестоимость производимого продукта и дополнительно получен готовый продукт на сумму 222,2 млрд. сум в год (в ценах 2016 г.).

**SCIENTIFIC COUNCIL № 14.07.2016.GM/T.10.01
ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREE OF DOCTOR OF SCIENCES AT
THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE, RESEARCH INSTITUTE OF
MINERAL RESOURCES, TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND UZBEKISTAN NATIONAL UNIVERSITY**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

ERGASHEV ULUGBEK ABDURASULOVICH

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL EFFICIENCY PRINCIPLES FOR
REFINING OF REFRACTORY AND HIGHLY REFRACTORY OF
AURIFEROUS ORES KIZILKUM**

**04.00.14 – Mineral processing
(technical sciences)**

ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION

NAVOI – 2016

The Theme of doctoral dissertation is registered at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers in the Republic of Uzbekistan under number №28.04.2016/B2016.2.T708

The doctoral dissertation has been prepared at the Navoi state mining Institute.

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

Scientific consultant: **Sanakulov Kuvandik**
Doctor of technical sciences, Honored Worker of Industry of Uzbekistan Republic

Official opponents: **Yusuphodjaev Anvar Abdullaevich**
Doctor of technical sciences, Professor

Iskandarova Mastura Iskandarovna
Doctor of chemistry science, Professor

Abdurahmonov Soyib Abdurachmonovich
Doctor of technical sciences, Professor

Leading organization: **SC «Almalyk Mining and Metallurgical Combinat»**

The defense of the dissertation will be held at _____ on « ____ » _____ 2016 at the meeting of scientific council 14.07.2016.GM/T.10.01 at Navoi State Mining Institute: 210100, Navoi, 96 Victory street; telephone: 0 (436) 223-77-11; fax: 0 (436) 223-00-55; e-mail: navggi@intal.uz, nsmi@gmail.com.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No ____ (Address: 210100, Navoi, 96 Victory street; tel.: 0 (436) 223-56-90).

The abstract of the dissertation is distributed on « ____ » _____ 2016.
Protocol at the register No _____ dated « ____ » _____ 2016).

B.R.Raimjanov
Chairman of the Doctoral Degree
Awarding Scientific Council,
Doctor of technical sciences, professor

E.E.Igamberdiev
Secretary of the Doctoral Degree
Awarding Scientific Council,
Candidate of Geology-mineralogy Sciences

Yu.D.Norov
Chairperson of a Scientific
Seminar at the Doctoral Degree
Awarding Scientific Council,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation)

The urgency and relevance of the theme of dissertation. Gold is mined in 72 countries, among which Uzbekistan occupies the 9th place with 103 production capacity tonnes/year. Gold mining in the world in 2015 increased by 0.33% and amounted to 2678 tons. Global stocks of deposits to easily extract and a high initial content of gold is now almost depleted and the development involved the extraction of difficult and complex ore processing. Therefore, to date, the current world market is experiencing a clear shortage of minerals.

High gold prices have created favorable conditions for the expansion of the mineral resource base and involvement in the testing of complex treatment of refractory gold sulfide-ore. The main reason for gold strength associated with fine particulate association with ferric sulfide gold (gold particle size is from tens to less than one micron) and therefore it is not dissolved by cyanidation conventional technology, even when grinding without the use of ultra-thin preparatory operations prior to cyanidation. Thin association of fine gold with iron sulphides in the ore and the presence of significant amounts of carbonaceous substances may occur simultaneously (especially persistent ore), which is particularly complicates processing technology.

In this regard, increasing the efficiency of processing of persistent and highly refractory gold ores through the development of technological and technical solutions aimed at maximum opening auriferous sulfides, and the combined technology of their processing, providing additional recovery of gold is an actual scientific problem facing modern gold mining industry and has great economic importance.

This thesis research is oriented on realization of the decree of the President of the Republic Uzbekistan PD-1442, December 15, 2010 «Priority on development of industry of the Republic Uzbekistan in 2011-2015», as well as in other legal documents adopted in this area.

Relevant research priority areas of science and developing technology of the republic. Thesis research was conduct in accordance with the priority directions in developing of science and technology: VIII. Earth Sciences (Geology, Geophysics, seismology and mineral processing).

A review of international research on the topic of dissertation. Research to improve the efficiency of processing of persistent and highly refractory gold ores are conducted at leading research centers and higher educational institutions of the world, including: the National Research Technological University «Moscow Institute of Steel and Alloys» (Russia), Russian Research Institute of Chemical Technology (Russia), Irkutsk state Institute of rare and precious metals (Russia), GENCOR Process Research (South Africa), Queen's University (Canada), The University of Adelaide (Australia), Curtin University of Technology (Australia), East China University of Science and Technology (China), Beijing University of Technology (China), Liaoning University of Science and Technology (China), Minerals, Metals and Materials Technology Centre, National University of

Singapore (Malaysia), University of Dodoma (Tanzania), EKATO RMT (Germany), Tenova Bateman Technologies (Israel), Aalto University (Finland), the Research center «Hydrometallurgy» (Russia), Mintek (South Africa).

As a result of research to improve the efficiency of processing of refractory and highly refractory gold ores, conducted in the world, received a number of research results, including ways of processing of refractory and highly refractory gold ores (National Research Technological University «Moscow Institute of Steel and Alloys», Mintek , GENCOR Process Research); developed bio-oxidation technology for processing refractory ores (All-Russian Research Institute of Chemical Technology, Irkutsk State Institute of rare and precious metals, GENCOR Process Research); We investigated firing technology flotation concentrate (Irkutsk State Institute of rare and precious metals, The University of Adelaide, Queen's University).

Currently, there a number of research projects in the world to improve the efficiency of processing and highly resistant refractory gold ores in the following areas: processing of gold ores and concentrates, various leaching methods; oxidizing roasting of sulphide gold ores and concentrates; autoclave oxidation of sulphide ores and concentrates; bacterial oxidation of sulphide minerals; research and development of non-traditional methods of processing of hard and very hard materials of precious metals.

The degree of study of the problem. A significant contribution to the development of scientific research on the enrichment and processing of gold-bearing sulfide ores has been made by scientists Abdurahmonov SA, Adamov EV, Aslanukov RA, HA Akhmedov, White AV Grishin SS , Gudkov SS, BA Zakharov, Karavaiko GI Kondratieff TF, Lodeyschikov VV Meretukov MA, Panin VV Pivovarov TA Polkin SI, Sagdieva MG, Sanakulov KS, Sattorov GS, Sedelnikova GV Tusupbaev NK, Chanturia VA, Chugai LV, Yusuphodzhaev A. A., Afenya PM, van Aswegen PC, Brierly CL, Emmet RCIr., Mason PG and others. They have carried out comprehensive research and developed methods to extract gold from refractory minerals (autoclave and bacterial oxidation, ultrafine grinding) containing carbon component or other complex compounds.

Bio-oxidation technology, in world practice for the sustainable development of gold deposits with refractory and highly resistant ores, has been proved as the better technology for bio-oxidation of sulphide ores. This technology allows to engage in the industrial exploitation of the refractory gold-arsenic ore deposits where the processing by other methods is not possible or economically feasible, and is also linked to environmental pollution.

However, there are unresolved problems caused by the presence in the ore of gold associated with carbonaceous matter, which is not revealed by the technology of bio-oxidation and the need to develop a new combined technology for the processing of refractory and highly refractory gold ores, which is of great importance for the science and practice of mining and metallurgical production .

Communication of the theme of dissertation with the scientific-research works of higher educational institution, which is the dissertation conducted in.

The dissertation is carried out within the framework of the plan of scientific research investigation projects of Navoi State Mining Institute on the topic: A13-020 - «Development of rational technology of processing for gold-containing refractory ores of Kizilkum with the application of local reagents» (2015-2017.) and innovative projects of the Northern Mining Administration of Navoi mining and metallurgical combine on the theme: №1-2013 - «The study of the volume allocation of the various forms of gold in the tailing stores of HMP-3» (2014-2015.), №2-2015 - «Fashion design and creation of a pilot plant for the fast calcination for processing of natural sulphurous materials and industrial products «(2015) and №1133-15 -» Mineralogical studies of clay minerals of sulfide row deposits in Kokpatas and Daugyztau, and assessment of their impact on the processes «(2015).

The aim of the research work is the development of technological and technical solutions aimed at maximum opening gold sulphides, and development of combined processing technology, providing additional recovery of gold.

The tasks of research work:

analysis of the current state of processing of refractory and highly refractory ores, concentrates and methods of an intensification of technological processes;

a comprehensive study of bio-oxidation technology processing of refractory and highly refractory ores of Kyzylkum in vat and heap variants;

development and implementation of improvement of processing technology of refractory and highly refractory gold ore;

pilot tests for calcination of bio-oxidation technology products;

development and implementation of the combined technologies of processing for refractory and highly refractory ores (concentrates);

calculations, analysis and processing of the experimental data to develop

the combined technology of processing of refractory and highly refractory ores with the help of mathematical statistics and correlation analysis with the application of modern computer technology.

The object of the research work are gold-resistant and highly resistant ore deposits of Kokpatas and Daugyztau.

The subject of the research work: combined technology of refractory and highly refractory gold ores.

Methods of research work. The work is carried out with the application of complex methods of research, including the analysis of scientific and technical information and experience in operating processing plants refractory gold-ore; Theoretical studies using analytical, graphic-analytical and statistical methods; laboratory experiments, pilot testing and validation of the developed techniques in a production environment; pH-meters, particle size analysis, electron microscopy, assaying, chemical and phase analysis methods, mathematical methods of experimental data processing.

Scientific novelty of the research work lies in the following:

Based on the study of behavior of gold in the process of washing bio oxidation product, it was first established presence of gold in the sink counter current decantation in colloidal form and the dependence of their behavior on the pH of the medium. That case developed bio oxide technology of enrichment by reducing the irretrievable loss of gold (50%) during washing biological pulp;

The cause of the deterioration in clarifying thickeners CCD, which was the salt hydrolysis of Fe^{+3} ;

(Variation with pH by washing) in the liquid phase slurry to form a colloidal solution of ferric arsenate and oxysulfate, leading to an increase in viscosity of the liquid phase of the slurry and decreasing the deposition rate of biooxidation product slurry fraction;

study foaming mechanism during biooxidation detected gold enrichment process (6-8 times compared with the flotation concentrate) by fractionating fine and colloidal gold by flotation factors parts carbonaceous slurry in the reactors;

investigated the kinetics of cyanide thiocyanates during biooxidation product and its participation in competitive adsorption with a cyanide complex of gold and the dynamics thiocyanates content changes depending on the concentration of sodium cyanide and time (10-12 hours), after which the change of its content does not depend on the length process. It is also found that the rate of cyanide leaching of gold is higher than the rate of thiocyanates;

based on the study of the behavior of ion exchange resin in the process of sorption cyanidation products bio-oxidation reduction set sorbent properties after successive cycles of «saturation - regeneration» by poisoning his thiocyanates, which leads to a dynamic increase in the gold content in the liquid tails sorption and reduction of its extraction;

based on the results of theoretical and experimental studies on the state of thermo-chemical processes occurring in the process of bio-oxidation product of oxidizing roasting, set the temperature which determines the role of the quality of the resulting calcine - at a temperature of 570-600°C the degree of extraction of gold is higher than at 650-743°C. This is because at 650-743°C results in the formation of fast films preventing cyanidation of gold.

Practical results of the work consist in the following:

developed and implemented industrial bio-oxidation products of the pulp acidification technology coming on decanter washing up to $\text{pH} < 1,3$, the result will be a net overflow decanter washing and as a result, reduced gold content of the condensed product of neutralization of 50% directed to irrevocable discharge to the tailing ponds;

developed and commercially introduced the technology of extraction of gold (82% rel.) from the product of the neutralization of the circulating water loop (RGB), directed to reset in case of detection of irregular relief of gold;

developed and industrially implemented method for increasing the performance of thickeners bio-oxidation product in the loop counter current

decantation (CCD), which can significantly reduce the cost of the process of condensation biological pulp;

It developed a method for processing the foam product, based on the sorption cyanidation gold at higher concentrations of sodium cyanide, and is the most efficient in comparison with the defoaming process in reactors;

developed and commercially introduced advanced technology to increase the degree of extraction of gold from the cake using a bio-oxidation in the process of sorption cyanidation circuit «carbon in pulp» that without additional measures on desulfurization bio-oxidation product allows to increase gold recovery by 8-10%;

developed and commercially introduced biooxidation process for the oxidative calcination of the product at a temperature of 600 ° C for 2 hours, the resulting batch of ore deposits Kokpatas and Daugyztau and 60:40, and the subsequent sorption calcine cyanidation, allowed to reduce the consumption of sodium cyanide and 2.5 times thiocyanate concentration in the liquid pulp phase with 16 to 5000 mg / l, and also to increase the degree of pig gold recovery from 73.3 to 82.5%;

developed and industrialized mastered the combined technology of persistent and highly refractory gold ores and concentrates containing carbonaceous material, with consistent use of: flotation concentrate bio-oxidation technology for the destruction of the main sulphides, removal of arsenic and iron in the form of insoluble scorodite (FeAsO_4); bio-oxidation product burning for final oxidation of sulphides and the remaining remove carbonaceous material and then applying the method of sorption cyanidation cinder, which increased the degree of pass-through gold extraction, reduce the cost of the resulting finished product and increase annual gold production to preservation of the existing volume of ore processing;

developed and tested in a pilot industrial scale of off-balance sheet deposits of sulfide ores of gold extraction by heap technology Kokpatas bacterial leaching with continuous extraction in the order of 50%, against 25.7% in direct cyanidation.

The reliability of the results. The reliability of the results of the study proved a significant amount of laboratory, semi-industrial and industrial experiments, quantitative evidence of the basic idea of the work to improve the efficiency of processing of gold-containing refractory and high-refractory ores and the convergence of actual results with theoretical calculations and methods of physical and chemical bases of opening sulfide minerals; satisfactory convergence of theoretical calculations and pilot test results; positive results obtained when testing in industrial environments developed combined technology; industrial approbation of the proposed recommendations, methodologies and achieved technical and economic efficiency.

Theoretical and practical significance of the study:

The scientific significance of the research results is determined using the results derived from the research and identify the causes of the loss of gold in the process of washing the cake of bio-oxidation and the formation mechanism of

thiocyanates with sorption cyanidation and theoretical substantiation of expediency of combined technology for the processing of refractory and highly refractory ores.

The practical significance of the results of the study is to improve the efficiency of processing refractory sulfide ore biooxidation technology, improving product technology sorption cyanidation of bio-oxidation and the development of technology combined with calcination, providing high recovery of gold from refractory ores.

Implementation of the research results. The developed technology of the acidification of the pulp of bio-oxidation products prior to washing introduced at HMP-3 Northern mining Administration of the State Enterprise «Navoi mining and metallurgical plant» (reference number 02-02-10/10718 dated October 7, 2016). Results of implementation of research results yielded a net overflow counter-decanter washing further. On the base of developed technology have got patent of Agency of intellectual property of Republic of Uzbekistan («The way of gold extraction from refractory sulphide gold-arsenic ores», UZ № IAP 04489 from 20.02.2012 y);

combined technology processing and highly resistant refractory gold ores and concentrates containing carbonaceous material introduced at HMP-3 Northern mining Administration of the State Enterprise «Navoi mining and metallurgical plant» (reference number 02-02-10/10718 dated October 7, 2016). Results of implementation of research results yielded significantly increase the degree of pass-through extraction annual gold production while maintaining the existing volume of ore processing, and also reduce the cost of the finished product obtained. On the base of developed technology have got patent of Agency of intellectual property of Republic of Uzbekistan («The way of gold extraction from refractory sulphide gold-arsenic ores», UZ № IAP 05134 from 17.11.2015 y);

the technology to extract gold from the product of the neutralization of RGB introduced at HMP-3 Northern mining Administration of the State Enterprise «Navoi mining and metallurgical plant» (reference number 02-02-10/10718 dated October 7, 2016). Results of implementation of research results yielded extract gold from the product of the neutralization of RGB directed to discharge significantly;

a method of increasing the performance of thickeners bio-oxidation product in the CCD introduced at HMP-3 Northern mining Administration of the State Enterprise «Navoi mining and metallurgical plant» (reference number 02-02-10/10718 dated October 7, 2016). Results of implementation of research results yielded reduce the cost of the process of condensation biological pulp;

circuit technology to increase the degree of extraction of gold in the process of sorption cyanidation cake bio-oxidation with the use of schemes «carbon in pulp» introduced at HMP-3 Northern mining Administration of the State Enterprise «Navoi mining and metallurgical plant» (reference number 02-02-10/10718 dated October 7, 2016) Results of implementation of research results yielded significantly increase the degree of extraction of gold 8-10 %.

Approbation of the research results. The findings are set out in the form of lectures and 5 were tested in international and national scientific conferences, including: «Innovation» (Tashkent, 2001, 2011); «Resource recovery, low-waste and environmental technology development of mineral resources» (Moscow-Navoi, 2005); «Modern technologies and innovations of mining industry» (Navoi, 2012); «Problems and ways of innovative development of the mining industry» (Tashkent, 2014).

Publication of the research results. A total number of published scientific papers in accordance with research work is 28. of 28 scientific papers . Out of them 1 monograph, 2 patents for invention of the Republic of Uzbekistan, 17 scientific papers, including 11 national and 6 international journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of basic scientific results of doctoral theses.

The structure and volume of the thesis. Structure of the research work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of literature. The volume of the work is 200 pages.

THE MAIN CONTENT OF THE RESEARCH PAPER

In the introduction of the dissertation, the topicality and relevance of the research are substantiated, the aim and objectives of the research, its object and subject are formulated, its conformity with the priorities of development of science and technology of the Republic of Uzbekistan is shown, the scientific novelty and practical results of the study are described, the theoretical and practical significance of the obtained results are revealed, a list of introducing the research results into practice, published works and information on the structure of the dissertation are provided.

In the first chapter, «**The current state of processing of refractory and highly refractory ores**» reviews the status of work on the processing of refractory and highly refractory gold ores and methods for their intensification.

For processing refractory sulphide-arsenic gold ores economically three core technologies have been justified of ready products and waste treatment: oxidizing burning and processing waste oxidizing burning, bio-oxidation and autoclave oxidation, providing reception of the finished products, competitive both in technological, economic and environmental criteria, depending on the mineral, material composition and morphological properties of ores three core technologies.

The main reasons for the unsatisfactory performance of technological processing of sulfide ores of arsenical gold sulfide in a HMP-3 Navoi MMC:

- inappropriate requirements (consistency of the material composition of processed ores) selected bacterial oxidation technology and real-life diversity of ore deposits and Kokpatas and Daugyztau (Figure 1.);

- The presence in the ore deposits and Kokpatas Daugyztau carbonaceous gold (15-20%), which is not revealed by bio-oxidation technology (mutually germination of sulfides and carbonaceous substances);

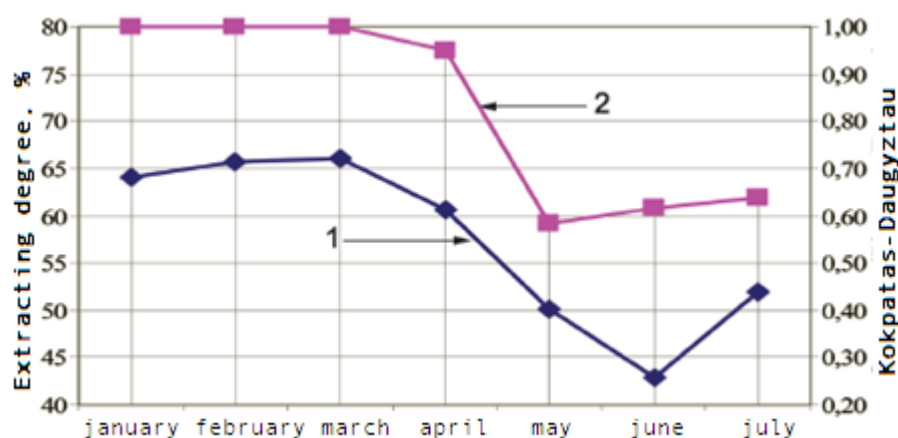
- A high content of sulfide sulfur in the flotation concentrate.

The main disadvantages of bio-oxidation circuit entails a number of negative factors in the process:

- Because of the ever-changing material composition of the flotation concentrate systematically leads to death of microorganisms, which leads to abundant foam in the bio-oxidation reactors and subsequent operations;
- After bio oxidation bacterial oxidation product contains a significant amount of sulfur-containing compounds (elemental sulfur, polysulfide, etc.) interacting with good cyanide to form gold thiocyanate compounds preventing sorption.

Thus, the problem of extracting precious metals from refractory ores and technologically concentrates, cannot be easily processed by conventional methods in industrial practice, it is one of the most important in the gold mining industry.

In the second chapter, «**The development of technologies for processing off-balance sheet gold sulfide ores by heap bioleaching**» it was reviewed the results of the evaluation of processing possibilities of off-balance ore deposit research Kokpatas by heap bioleaching in laboratory and pilot environments.



1 – recovery of gold from sulphide ores%; 2 - the ratio Kokpatas – Daugyztau.

Fig. 1. Dependence of the ratio of gold recovery and Kokpatas and Daugyztau ore deposits

In laboratory mode in vat investigated ore suitability for biooxidation (class fraction - 0.074 mm - 80% bio-oxidation duration - 10 days.). The main components in the original sample (%): As_{total} - 0.684; Fe_{total} - 5.02; Fe_{sulf} - 1.96; S_{total} - 2.208; S_{sulf} - 2.018; CO_2 - 6.05. Gold recovery at sorption cyanidation after biooxidation was 70-75% (vs. 25.7% without bio-oxidation).

The study of the possibility of bio-oxidation of sulphide off-balance ore deposits in Kokpatas by percolation method. It is found that the presence of carbonate in the initial ore biooxidation requires a complete acidification of ore. Ore decarbonization was carried out in a «soft» mode sulfuric acid solution with $pH = 1,5$ for 40-45 days. Acid consumption was 86.7 kg / t. Gold recovery for 150

days of bacterial oxidation of ore particle size -20 mm amounted to 48.3% (vs 25.7% in direct cyanidation).

Conducted pilot tests on heap bio-leaching sulfide ore deposits of Kokpatas, the following chemical composition (%): Fe_{total} - 5.9; Fe^{2+} - 2.55; As - 0.91; S_{total} - 2.3; S_{sulf} - 2.1; CO_2 - 4.4; Au - 3.4 g/t. The mass of ore, laid down in a heap - 1200, the height of the heap - 2 m, the base area - 450 m² of roof area - 298 m². The duration of the process of decarbonisation - 52 days. (Sulfuric acid consumption - 21 kg/t), while bio-oxidation - 150 days. Gold recovery by sorption cyanide leaching in a hydrometallurgical operation was 47.2%.

To improve the oxidation activity of bacteria by increasing the concentration of iron and sulfide sulfur in the raw material, bio-oxidation process of the charge of ore (80-90%) in South deposit of Kokpatas and flotation concentrate (10-20%) have been investigated by percolation method. It is found that the extraction of gold for 150 days bacterial oxidation made in various embodiments of laboratory experiments from 46.7 to 72.4% (average 61.8%) against the 18.1-31.1% by direct cyanidation.

Thus, the method of IPM has been used on an industrial scale for the off-balance gold-ore beneficiation with simultaneous opening of a certain part of the sulphide minerals.

In the third chapter, «**Improving the efficiency of treating refractory gold-ore in HMP-3**» is considered a complex of works on the improvement of existing gold recovery technology.

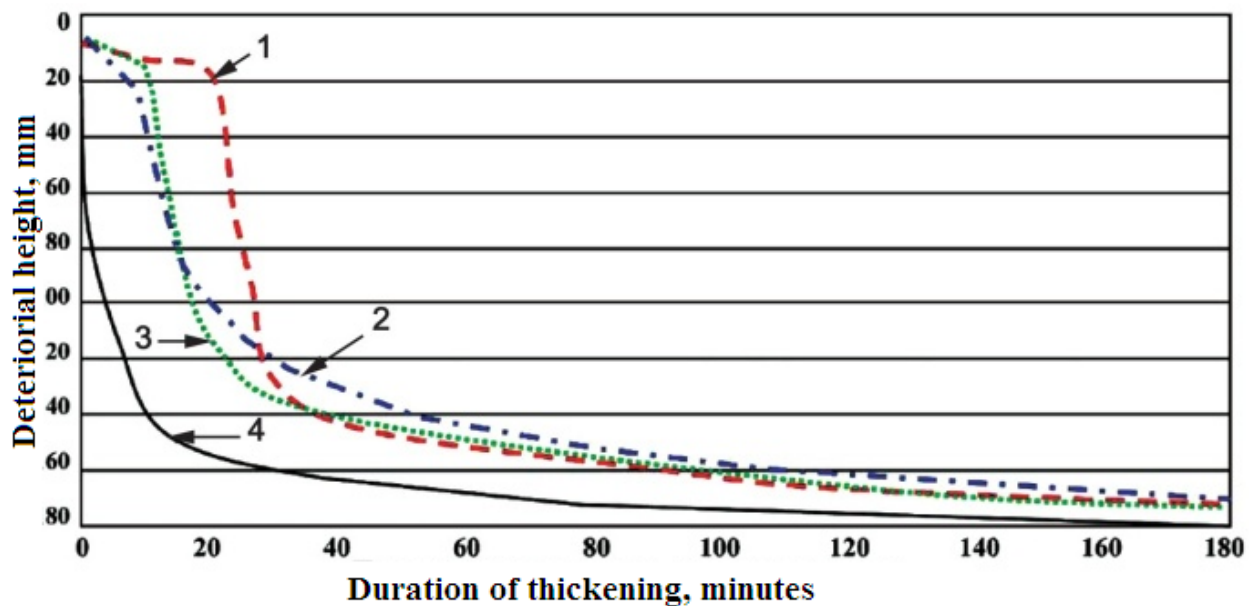
According to the project bio-oxidation cake of dissolved contaminants, arsenic and iron by counter-current decanter washing, is realized by washing. In the course of development of countercurrent decontation technology (CCD) there were cases deterioration of redistribution expressed in a sharp decrease in the rate of deposition of the solid phase and the appearance of turbidity in the sink thickeners (Fig. 2). The latter entailed an increase in the deadweight loss of gold. The studies on the selection of optimal flocculants to improve performance condensability in the CCD. Determining parameters condensability conducted in a 1 liter cylinders in current pulps taken from the process of ore processing.

As a result of this series of experiments evaluation of samples of flocculants of different brands in the circuit CCD bio-oxidation plant are given.

As a result, it was found out that the best performance has a high, strongly cationic flocculant brand-Praestol 854-BC-S when comparing the brand flocculant Praestol 854-BC-S with the mark used in the production of Praestol-2500:

- for the thickener 1 at a rate of 90 g / m (flow flocculant Praestol 2500 - 80 g / t) is set to increase the deposition rate of 3.05 times and a specific thickening capacity by 2.4 times. Reaches a value of S: L is in the range 1.6-1.9;
- thickener 2 at a rate of 20 g / m (flow flocculant Praestol 2500 - 40 g / t) is set to increase the deposition rate of 2.0 times and a specific thickening capacity by 2.0 times. Reaches a value of T: M is and the range of 1.7 to 1.9;
- for the thickener 3 at a rate of 20 g / m (flow flocculant Praestol 2500 - 40 g / t) is set to increase the deposition speed of 1.9 times and a specific thickening

capacity by 2.0 times. Reaches the value T: F for the final two samples is in the range from 1.6 to 1.9.



1 – CCD-1; 2 – CCD-2; 3 – CCD-3; 4 – classic curve thickening

Fig. 2. Peculiar curves of circuit thickening CCD HMP-3

Thus, the initial expense for the brand flocculant Praestol-854-BC-S in the circuit CCD of bio-oxidation plant HMP-3 is recommended for thickeners 1: 2: 3, respectively, in the amount of 90:20:20 g / t bio-oxidation product.

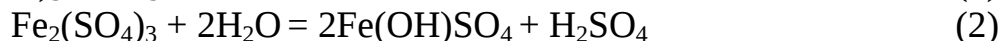
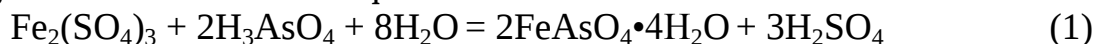
The effect of the pH of the slurry liquid phase at lightening drain thickener CCD-1 has been studied. As a result, a set of statistical data by passive experiment a direct correlation between the deterioration of lightening discharge of CCD-1 with increasing pH of the liquid phase. By increasing the pH of the liquid phase in the secondary reactor to a value of 1,40-1,45 biological pulp entering rinse, diluted with wash water and the pH of the liquid phase rises to values of 1.80-1.86. At the same time, a sharp deterioration in the clarification of the pulp and the formation of haze in the upper draining CCD-1 (Table. 1).

Table 1

Effect of pH on the pulp liquid phase deposition rate and purity of the overflow (data of passive experiment)

Testing	pH	Deposition rate m/h	Status of sink
Pulp – supply of thickener CCD 1	2,02	0,44	No deposition front
	1,86	0,55	No deposition front, muddy sink
	1,54	0,95	Clear front, muddy sink
	1,33	1,16	Clear front, pure sink

The reason for the deterioration of clarification and formation of turbidity was hydrolysis of Fe^{+3} salts in the pulp liquid phase to form a colloidal solution scorodite-jarosite on the reaction equations:



As a result of the formation of a colloidal solution of iron arsenate and oxysulfate viscosity of the liquid phase increased, which dramatically reduced the rate of deposition of the slurry fraction of cake bio-oxidation.

Thus, the developed and industrially implemented technology acidification of pulp biological pulp coming to countercurrent decantation, to pH 1.3-1.4, allowing us to obtain a pure overflow CCD-1 and reduce the deadweight losses of gold (Table. 2).

Sulfide ore in the processing, have a nonuniform composition and differ widely in physical and chemical properties, which leads to a number of difficulties in achieving the required performance in the basic technological stages. One of these problems was low productivity thickeners bio-oxidation product in the CCD circuit. A similar problem was observed in the flotation concentrate thickeners identical. The effect of density on the flotation concentrate indicators condensability (Fig. 3) has been identified.

Optimal performance of products condensability obtained by diluting the pulp to a solid 15-20% ($R = 4,0-5,3$). Thus, the condensation rate is increased from 0.32 m/h to 0.9-1.2 m/h, the specific thickening capacity - from 4.29 to 6.5 t / m² per day. It was found that to optimize the flotation concentrate thickener advisable diluting the pulp in a food thickener to $R = 4,0-5,3$, for which developed and recommended auto diluting pulp system.

Table 2

Effect of pH of the liquid phase on the acidified pulp biological pulp on performance lighting and gold content in waste products when washing of the CCD

acidification pH	Sink ratio	Concentration of gold in the sink, mg/l	The gold content in the condensed product RGB, g/t
1,65	muddy	0,220	1,0-1,2
1,50		0,190	0,9
1,45	Slightly muddy	0,180	0,8
1,40	Pure	0,090	0,6
1,35		0,085	0,5
1,30		0,085	0,5
1,20		0,085	0,5

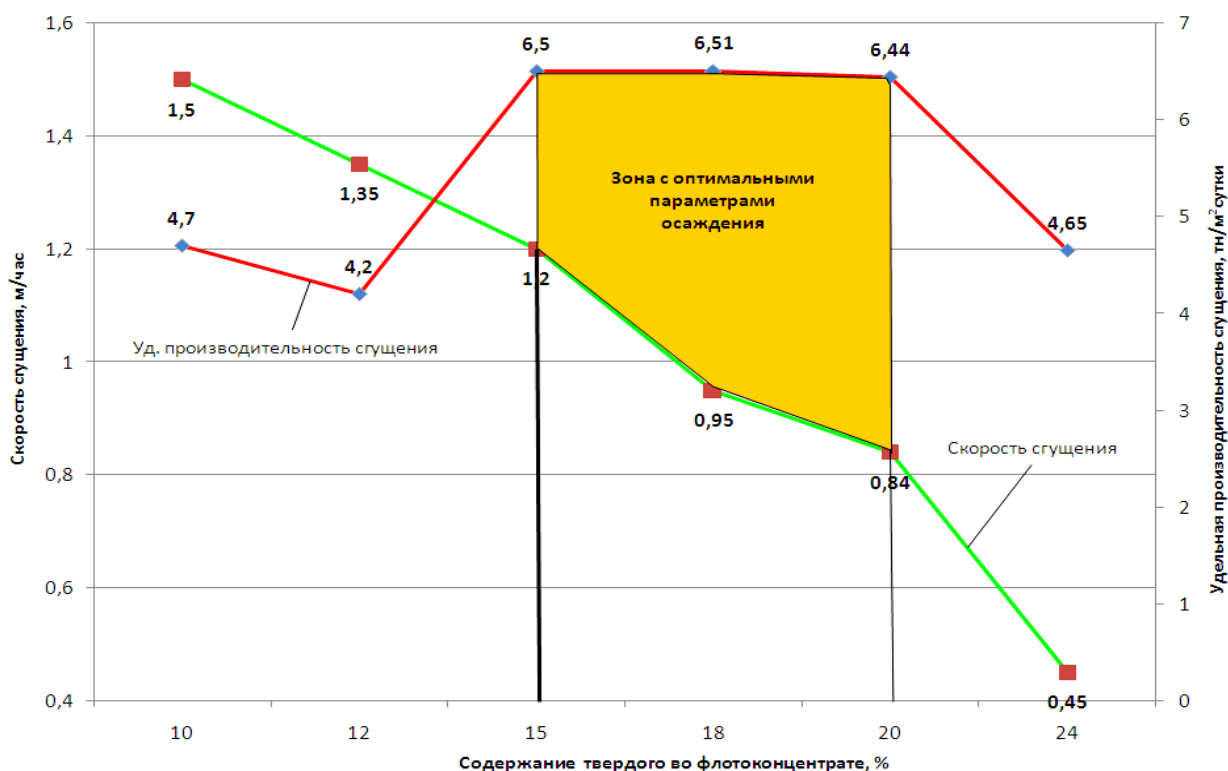


Fig. 3. The impact of pulp density on the flotation concentrate of condensability indicators

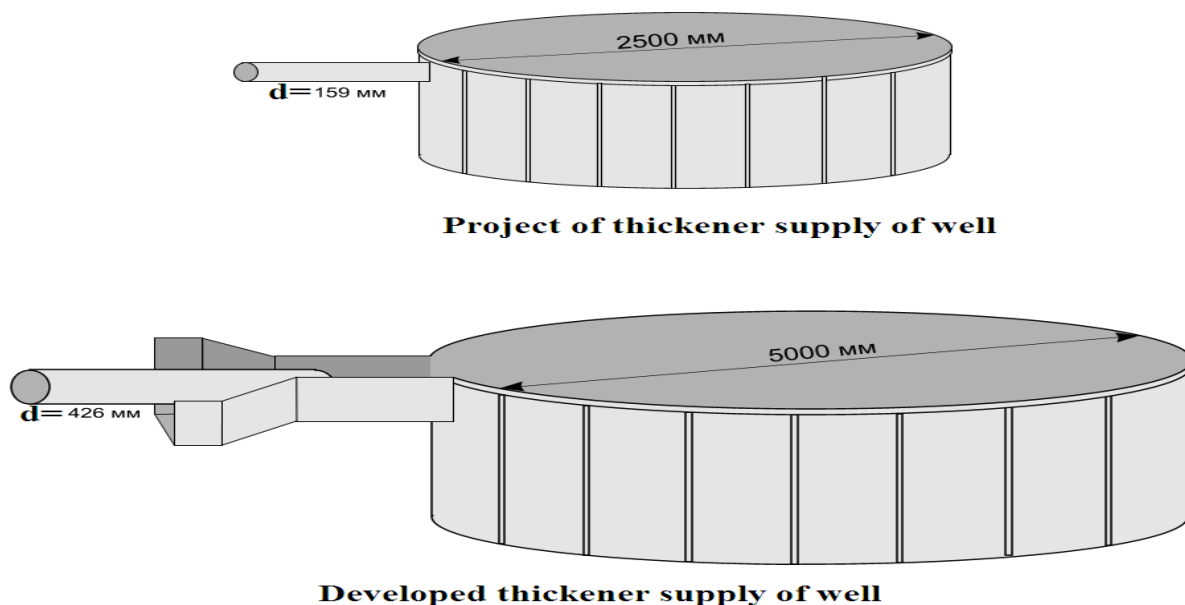


Fig. 4. The design of the thickener supply of well C -28

For the implementation of the system in the pulp auto diluting in supply tubes of thickeners CCD (countercurrent decantation) horizontal slits made at the level of the water table, through which the clarified water to the tube, thereby diluting the pulp prior to its entering the supply wells thickeners. However, increasing the productivity of CCD thickeners on hard is not significant in connection with the development and recommend new supply node thickener C -28 (Fig. 4). It consists of the supply of the well, the diameter of which increased by a factor of 2 in

relation to the project and is 5 m feeding tube, the diameter of which is increased by 3 times, and open the hopper, which wound up feeding tube and installed in such a way that the clarified water in the mirror thickener falls into the trough, and dilutes the pulp coming from the feed tube into the well.

Such designs allow increasing the efficiency of auto dilution system and the contact time of the solid material with the flocculant due to increased suction well. Monitoring indicators of hourly productivity thickeners shows that a thickener with a new design of the supply unit working at a weight capacity of more than twice the performance of the thickener to the project supply unit provides the best performance and obtaining condensability cleaner overflow.

Draining CCD is directed to a process for neutralizing the transfer of arsenic to insoluble forms. Then neutralized with limestone product supplied to the thickener circuit water recycling (WRC), where there is a drain on the re-use, discharge thickener RGB sent to tailings. Practice has shown the constant presence of gold in the thickener discharge samples WRC on average 0.6-0.8 g / t, which is classified as irrecoverable losses. . The studies on the extraction of gold from the product RGB filtration methods, centrifugation, extraction, coprecipitation, etc. cyanidation method is optimal sorption cyanidation mode: NaCN = initial concentration of 200 mg / l, pH = 11.0, resin loading 0.5% (process in the head), time - 24 h Table.. 3 shows the results of sorption extraction of gold from the WRC product, which amounted to 82.2%.

Table 3

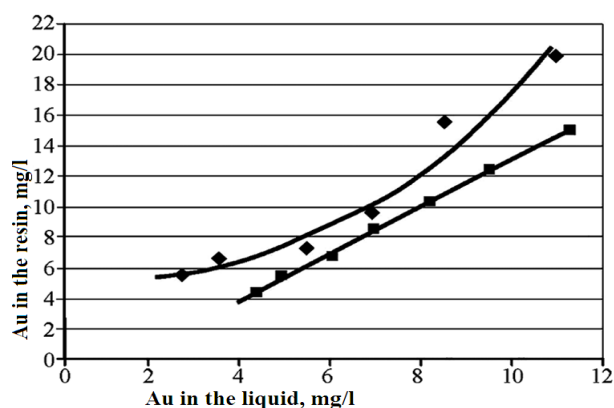
The results on the extraction of gold from the product to sorption cyanidation (WRC)

Name of indicators	Meaning
The content of Au in the original sample, g/m	0,56
Au content in the sorption tails g/m	0,10
Gold recovery, %	82,2
Consumption NaCN, kg/t	0,4

Positive findings have allowed developing the scheme and introducing the technology of gold extraction from the WRC product by their sorption cyanidation. The developed technology was a protective measure, and used with increasing gold content of the product.

Thiocyanates formation on the step of cyanide leaching of ores, concentrates and products bio oxidation flotation concentrate (biological pulps) is a major cause of increased amount of sodium cyanide, and their participation in competitive adsorption with cyanide gold complex reduces capacitance resin for gold and a high residual concentration of gold in the liquid tails phase sorption (Figs. 5 and 6). Studies on the kinetics of cyanide leaching biological pulp two samples with different initial content of sulphide sulfur. Cyanidation conditions (without the introduction of the anion exchanger), both samples were similar: pH = 10.5-11; initial concentration of NaCN - 1000 mg/l; T: F = 1.0: 2.4. Increasing the sample biological pulp oxidized forms of sulfur (Ss) from 1.0 to 1.4% has increased the

amount of sodium cyanide leaching for 10 h with 4.8 to 6.9 kg / ton, with Thiocyanate concentration in the solution increased from 1457 to 2050 mg/l.



◆ – fresh resin; ■ – resin after 5 cycles

Fig. 5. The sorption isotherms of Au in

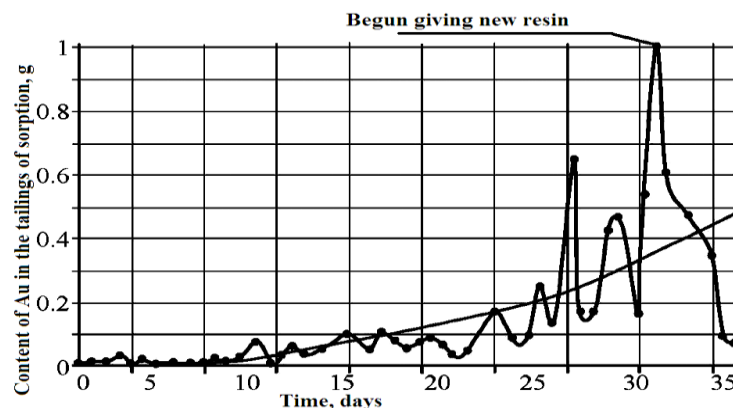


Fig. 6. Changes in the content of Au in liquid tailings sorption during the tests

Thus, the content of oxidized forms of sulfur in the products entering the cyanidation proportionally affects the flow rate and the concentration of sodium cyanide formed thiocyanates.

Fig. 7 shows the dependence of the kinetics of formation of thiocyanates of the initial concentration of NaCN. It is found that practically the complete formation of thiocyanates is not dependent on the concentration of NaCN and is 10-12 hours.

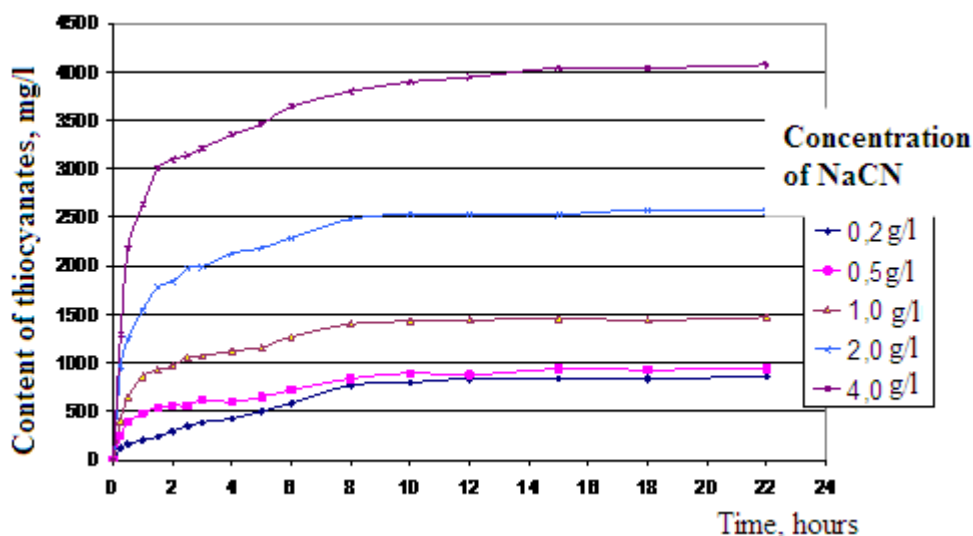


Fig. 7. Kinetics of Cyanide

The rate of cyanide leaching of gold is higher than the formation of thiocyanates. The effect of the concentration of thiocyanates saturation sorbents. When Thiocyanate concentration in solution, characteristic of oxidized ores (9.8 mg/l), the saturation anion exchangers and AM-2B PuroGold gold was respectively 6.2 and 4.6 mg/g. When the concentration thiocyanates characteristic processing biological pulp (4625 mg/l), the saturation anion exchangers and AM-2B PuroGold gold decreases, respectively, in 2 and 3 times.

The studies on the conditioning of raw materials (reduction in its oxidized forms of sulfur content and, consequently, a decrease in the concentration of thiocyanates) by calcination before cyanidation. In experiments using high biological pulp sulfide sulfur, which was washed to pH = 4 and filtered up to humidity $W = 50\%$. The firing led to protven, which was placed in a furnace Carbolite CF-24. Initial sample weight was 1 kg in terms of dry matter. Mixing was carried out by hand every 10-15 minutes. Calcination. After two hours a sample was sent to the firing sorption cyanidation at: pH = 10.5-11.5; NaCN = 500 mg/l; Resin loading - 0.5% (in process head); sorption cyanidation time - 16 hours; L: S = 2: 1.

It is established that during calcination of biological pulp at 600°C temperature for two hours and the subsequent sorption reduces calcine cyanidation: Ss from 6.1 to 0.08%, S_{org} - from 1,5 to 0,2%, CNS- concentration in solution - from 1.3 to 934 mg/l; improving gold recovery to 15.1% while the concentration of gold in the liquid phase sorption tailings from 1.07 to 0.04 mg/l; reduction in consumption of sodium cyanide 4 times and lime 2 times.

Studies on the raw material conditioning oxidative treatment under alkaline conditions. It is shown that pretreatment of pulp, while maintaining the oxygen concentration in the liquid phase at 20 mg / l for 13 hours results in reduced amount of sodium cyanide to the formation of thiocyanates. Extract gold leaching at the stage of sorption is practically unchanged.

To reduce the concentration of thiocyanates conducted research on the conditioning of the aqueous phase of the pulp through the introduction of the oxidant. As used potassium persulfate oxidant. It is found that at a flow rate of 8 kg / m³ K₂S₂O₈ Thiocyanate concentration in the liquid phase of the pulp decreased from 9 to 1199 mg / l, the concentration of gold in the liquid phase tailings slurry decreased from 0.16 to 0.07 mg / l. Given the high cost of oxidants and large volumes of pulp entering the sorption of this conditioning method in the production of such conditions is less acceptable.

Improvement of sorption cyanidation leaching bacterial product technology has been carried out. For testing of the process HMP-3 selected sample KEMIX fresh food product, which were conducted laboratory tests first, and then the pilot tests.

Laboratory tests were carried out within 24 hours. Tested bio-oxidation product processing scheme, that main task was to obtain baseline data for the design of the reconstruction of the sorption unit with the actual state of the existing enrichment technology and bio-oxidation flotation concentrates in HMP-3.

Conducted pilot tests of coal-sorption technology of processing bio-oxidation process, the products obtained in HMP-3, using the apparatus as an industrial process modeling countercurrent sorption leaching products in continuous operation. Initial operating parameters of the process adopted by the results of previous laboratory tests carried out on these same products obtained from the processing of ore deposits and Kokpatas and Daugyztau. Studied the technological properties of bio-oxidation products, carbon sorbents are tested from different

manufacturers, the choice is made coal brand recommended for use in the process of sorption leaching bio-oxidation product, the basic operating parameters and expected performance bio-oxidation product of processing on the CIL technology. At steady state, obtained by extraction of Au coal 84.6% at a specific flow rate of 15 kg NaCN/ton, calculated as the product of the CCD. Node sorption cyanidation product biooxidation working on a «resin-in-pulp», translated into the scheme of «carbon in pulp».

Thus, turning HMP-3 into coal-sorption technology without additional measures on desulfurization of biological pulps enhanced the recovery of Au by 8-10% due to optimization of regime leaching conditions and exceptions Au loss with a liquid phase sorption tailings.

Periodic foaming is a problem for most of the bio-oxidation systems, which also has space for a bio-oxidation Kokpatas. Increasing the level of foam reduces the useful working volume reactors, which reduces the time and improve the bio-oxidation of the residual sulfur in the CCD-3. The latter requires finding possible ways to display and separate processing of foam with bio-oxidation reactors.

To study this issue conducted testing of one primary and one secondary reactor bio-oxidation. Along the perimeter bead reactors installed gutters for collecting the foam followed by the direction of the product in a special container for further work with it. Provided water supply to the trough to foaming has been carried out.

In order to study possible ways of recycling on the foam sample of the product from the reactor of the bio-oxidation process, HMP-3 carried out a rational analysis on the reduced form of finding gold. As a result of rational analysis of the foam product it is established that the content cyanided gold is 52.2% finely disseminated in the rock (almost non- cyanided) - 13.7%, the remaining amount of gold can be extracted with the use of special methods of processing - roasting, cyanide leaching in harsh environments, etc.

Oxidative calcination of leaching foam product and the subsequent sorption cyanidation recovery of gold provides gold from cinder of 83.4%.

The results of testing of the first secondary reactor show that the foam product in comparison with the pulp in the same reactor enriched: by Au – 176,7 g/t, S_s - 5,06% and $C_{org.}$ - 14.74%. At the same time the foam output from one of the first reactor was recycled during the period of testing 8.9 tons/day in terms of solid (foam with a primary reactor was 2.1 t/d.). The solids content of the foam was 74.65 g/l or 0,07465 t/m³. Hourly average foam yield of 5 m³/h (average - 120 m³/d), the solid phase weight foam $R = 120 \text{ m}^3/\text{day} \times 0.07465 \text{ t/m}^3 = 8.9 \text{ t/day}$ from one of the first reactor to the second one.

Studies on the leaching of gold from the foam product using sorption cyanide leaching have been carried out. The initial concentration of NaCN from 2000 to 20,000 mg/l resulted in an increase of gold extraction from the froth product from 61.4 to 84.8%, which corresponds to a reduction in gold tailings adsorption from 32.1 to 12.9 g/t. Experiments were performed on the gold leaching foam comprising 105 g/t gold, with a solution of thiourea under conditions of HM

concentration = 100 g / l; H_2SO_4 concentration = 25 g / l; the concentration of Fe^{+3} = 30 g/l, leaching time - 2 hours at a temperature of 60 ° C. It is found out that the recovery of gold in solution was 27.7%, which corresponds to the content of gold in the tails of 76.4 g/t.

In the fourth chapter, «**Development and introduction of the combined technologies of processing of special refractory ores**» are the results of research on the development of bio-oxidation product of oxidative calcination technology to remove non-oxidized sulphides and carbonaceous material. It simultaneously leads to enrichment of gold in the product sorption cyanidation, which significantly increases the efficiency of the technological process of processing persistent and especially refractory ores.

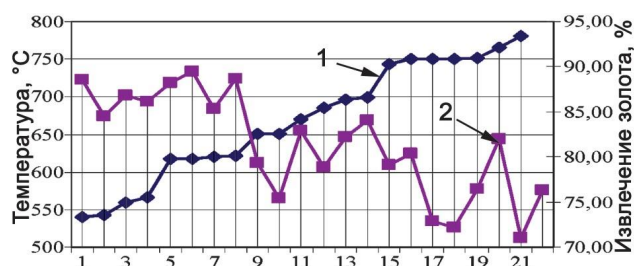
Preliminary assessment of the effectiveness of the product sintering technology bio-oxidation, as a result of:

- Calcination of bio oxidation product obtained from the batch and ores Kokpatas and Daugyztau 60:40 6000S temperature for 2 hours and then calcine cyanidation sorption provides increased gold recovery pig from 73.3 to 82.5%;
- Reducing the amount of sodium cyanide in 2.5 times;
- Reduction Thiocyanate concentration in the liquid pulp phase with 16 to 5000 mg/l.

As a result of industrial tests on the firing product bio-oxidation and subsequent sorption cyanidation cinders found that crucial to the recovery of gold has a firing temperature (Fig. 8).

The best indicators for gold recovery from pyrite cinders (85-88%) were obtained at 570-600°C of calcination. For industrial development technology of oxidative firing bio-oxidation product in a HMP-3 developed the scheme, including: biological pulp filtering, drying and biological pulp calcination in a kiln and sorption cyanidation calcine. The necessity of pre-drying bio-oxidation product before being sent to the kiln and the dryer is recommended, which reduces the humidity in the bio-oxidation product with 35-40% to the required moisture content of 12-16%.

It is found that suitable indicators to extract gold from the calcine ($E=83-91\%$) are achieved by feeding firing 5.5-7.5 t / h (Fig. 9). Under these loads, the resulting burning candle contained $S_s = 0,03-0,1\%$ and $0.1-0.3\% = S_{org}$ and sorption cyanidation tailings made 4,4-6,1 g / t. The main technological problem of industrial firing installations was a big dust removal, amounting to 30-40%.



1 – calcination temperature, °C; 2 – gold recovery, %

Fig. 8. Dependence of gold extraction on the calcination temperature



Fig. 9. The results of the industrial application of bio-oxidation product by calcination

Table 4

Evaluation on efficiency
process of refractory gold sulfide ores in HMP-3

Recommendations and tasks settings	Ways and approaches of tasks solutions	Achieved results
Improving the technology of countercurrent washing decanter of bacterial leaching cake washing: 1.1. Selection of the optimum grade flocculant. 1.2. The study of the influence of pH on the liquid pulp phase discharge lighting of CCD. 1.3.Improvement of worker nodes construction thickeners of CCD circuit.	1.1 Selection of flocculant. 1.2. The introduction of acidified water supply for biological pulp washing from iron and arsenic. 1.3. Reconstruction of the feeding unit thickener	1.1. The improvement in the thickening. Flocculant consumption is set for thickeners 1: 2: 3, respectively, in an amount of 90:20:20 g/m of bio oxidation product. 1.2. A pulp acidification technology of biological pulp up to pH 1.3-1.4 has been worked out. Permanent loss of gold in the CCD cycle has been reduced. 1.3. The function of CDD thickeners has been optimized.
Reducing the amount of irrecoverable losses of gold in the cycle of circulating water loop (RGB) of the complex bio-oxidation	Gold recovery from the condensed product WRC	A gold recovery technology from RGB product by their sorption cyanidation has been worked out
Improving the efficiency of sorption cyanide leaching of gold from biological pulp	The kinetics of formation of thiocyanates biological pulp for samples with different content S_s and ways to reduce their impact in the competitive adsorption has been studied.	The way of doing sorption cyanidation process in the presence of cyanide has been recommended
Increasing gold recovery of the products bio-oxidation reactors with special processing methods	Removing the foam from bio-oxidation reactor	Gold recovery from the soaked foam product under the conditions of intensive cyanidation and firing has been carried out
Gravitational allocation of unoxidized sulfides from bio-oxidation products	Separation of unoxidized sulfides of bio-oxidation product by hydrocyclone	Recommended scheme of calcination for hydrocyclone sands
Improving the technology of sorption cyanidation of bio-oxidation product	Bio-oxidation product processing scheme in comparison with the current has been tested	Node sorption cyanidation of bio-oxidation product is translated into the scheme of «carbon in pulp». Gold recovery operation has been increased up to 8-10%
Calcination of bio-oxidation products	The scheme for oxidative calcination bio-oxidation product has been tested	A combined scheme of bio-oxidation calcination has been worked out

To reduce the residual content of sulfide sulfur in the bio-oxidation product it is offered to produce it before the hydrocyclone sorption cyanidation, which will separate a sand fraction containing the bulk of the oxidized forms of sulfur and reduce its negative impact on recoveries in the sorption process.

For comparison, a sorption cyanidation plum, sand and cinder after calcination of hydrocyclone sands without regrinding and re-grinding to class of $-0,044$ mm have been conducted. Sorption cyanidation drain NaCN at an initial concentration of 1000 mg/liter and the equilibrium of 700 mg/l provides gold recovery at 80% from the gold content in the cyanidation tailings 6g/t. Sorption of initial cyanidation sands (without regrinding) NaCN at an initial concentration of 1000 mg / liter and the equilibrium of 400 mg/l provides recovery of gold at 61% of the gold content in the cyanidation tailings 3.7 g / t. Regrinding sands before cyanidation to class $-0,044$ mm led to an increase in gold recovery to 73.7% of the gold content in the tails of 2,5 g/t. Firing granular sand and then grinding to a cinder class $-0,044$ mm led to an increase in gold recovery from pyrite cinders up to 84-88% of the gold content in the tailings cyanidation 1.2-1.6 g/t.

It was established that the greatest increase in the gold recovery circuit provides the calcination portion sands hydrocyclone (160 t/d to yield 136 tonnes/day with calcine kiln productivity 6.8 t/h) and the remainder of the regrinding and sand granules to calcine class -0.044 Mm.

Therefore, recommendations for improving the recovery of gold from refractory sulfide ores Kokpatas and Daugyztau on bio-oxidation based on technology development and implementation of technological solutions aimed at maximum opening, concentration and processing of gold-bearing sulphides to give a final marketable product that meet global market requirements, introduced in practice at HMP-3.

Analysis of technical and economic indices of production of HMP-3 shows that the application of the recommendations allows rational consumption of the Environmental Management taking into account the socio-economic interests in the region. Recommendations to improve the efficiency of extraction of gold from refractory sulfide ores and Kokpatas Daugyztau on bio-oxidation technology, the ways and methods of solving problems, as well as the achieved results are given in Table. 4.

Implementation of the results of the work to improve the efficiency of gold extraction from refractory sulfide ores in Kokpatas and Daugyztau by bio-oxidation technology in HMP-3 can significantly improve through the extraction, that increases annual gold production to preservation of the existing volume of ore processing and reduces the cost of the manufactured product.

The actual total economic effect from the introduction of technology and the recommendations made up 222.2 billion sums per year (at prices of 2016).

CONCLUSION

On the basis of the research on a doctoral thesis on «Scientific and technical efficiency principles for refining of refractory and highly refractory of auriferous ores» provided the following conclusions:

1. According to the study, gold properties in the process of washing, the bio oxidation product is first established the presence of gold in the sink of counter

current decantation in colloidal form. The dependence of behavior on the pH of the medium on which developed bio oxide enrichment technology by reducing the irretrievable loss of gold (50%) in biological pulp during washing.

2. The reason of deterioration of clarification countercurrent decantation thickeners with salts of Fe^{+3} hydrolysis (with a change in pH by washing) in the liquid phase slurry with the formation of colloidal solution of ferric arsenate and oxy sulfate, which led to an increase in viscosity of the liquid phase of the pulp and reducing the deposition rate sludge of bio-oxidation cake fractions has been found out.

3. A study of the mechanism of foaming has been observed during the bio oxidation, the process of gold enrichment (6-8 times compared with the flotation concentrate) by fractionating fine and colloidal gold by flotation factors parts carbonaceous slurry reactors has been noticed. A method for processing the foam product, based on the sorption cyanidation gold at higher concentrations of sodium cyanide, which is the most effective compared to defoaming process in reactors.

4. The kinetics of formation of thiocyanates in the process of bio-oxidation cyanidation of products and its participation in the competitive adsorption of gold from the cyanide complex have been studied. Theoretically and experimentally substantiated set content change of thiocyanates cyanidation process depending on the concentration of sodium cyanide and time have been proven. Time for complete formation of thiocyanates is not dependent on the concentration of sodium cyanide, and is 10-12 hours, after which no change in its content depends on the process time. It is also found that the rate of cyanide leaching of gold is higher than the rate of formation thiocyanates.

5. On the basis of studying the behavior of ion exchange of resin in the process of sorption cyanidation of bio-oxidation product is installed after the reduction of the sorbent properties of cycles «saturation - regeneration» by poisoning his thiocyanates, which leads to a dynamic increase in the gold content in the liquid tails sorption.

6. Research has shown the influence of the concentration of thiocyanates saturation of different gold sorbent (resin, coal). In terms of direct cyanide leaching bio-oxidation products concentration of thiocyanates is up to 5 g/l, which is the main reason for the low saturation gold sorbents. Also found that one of the universal ways biological pulp conditioning is oxidative roasting, prevents the formation of thiocyanates cyanidation.

7. On the basis of theoretical and experimental research of thermochemical processes occurring under oxidative firing bio-oxidation product, set temperature determining role in the quality of the cinder. It was determined that at a temperature of 570-600°C extraction of gold higher than 650-743 ° C. This is explained by the fact that at 650-743°C results in the formation of fast films preventing cyanidation gold.

8. Developed and industrialized the combined technology of refractory and highly refractory gold ores and concentrates containing carbonaceous material, using oxidizing roasting. At the initial stage of oxidation of flotation concentrate

bio-oxidation is carried out under the scheme: opened sulfide gold, a significant part of the arsenic dissolved, transferred to the solid state in the form of insoluble scorodite (FeAsO_4). Then bio-oxidation product with a low content of arsenic is exposed to oxidizing roasting, in which the carbonaceous gold opened, oxidized remaining sulfide sulfur, destroyed products of metabolism of microorganisms. oxidizing roasting product is directed to sorption cyanidation of gold from pyrite cinders.

9. In introducing the combined technologies of processing and highly resistant refractory gold ores and concentrates, with the use of bio-oxidation product of oxidizing roasting is established that the firing of the product of the charge and Daugyztau and Kokpatas ore deposits in the ratio of 60:40 at a temperature of 600°C for 2 hours and subsequent sorption cyanidation cinder enhances extraction of gold from 73.3 to 82.5%, decrease in consumption of sodium cyanide 2.5 times, reduction Thiocyanate concentration in the liquid pulp phase from 5000 mg/l to 16.

10. The industrial precious metals recovery technology by improving the technology of sorption cyanidation leaching bacterial product on the basis of circuit testing have been developed and acquired which provide input for the design and subsequent transfer node sorption cyanidation of bio-oxidation product in the scheme of «carbon in pulp».

11. In experimental-industrial conditions of the off-balance sulphide ore gold extraction technology in Kokpatas by heap leaching with continuous bacterial extraction in the order of 50% (versus 25.7% in direct cyanidation) have been developed and tested.

12. The existing scheme and combined technology of processing of refractory and highly refractory gold ores are introduced at HMP-3 of the State Enterprise «Navoi Mining and Metallurgical Combine» have been developed and improved. As a result of significantly increase of through extraction and annual gold production while maintaining the existing volume of ore processing, reduced the cost of the manufactured product and get the actual total economic impact of 222.2 billion sums per year (prices of 2016).

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST of PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Санакулов К.С., Эргашев У.А. Теория и практика освоения переработки золотосодержащих упорных руд Кызылкумов. – Монография. – Ташкент: ГП «НИИМР», 2014. – 297 с.
2. Эргашев У.А., Набойченко С.С., Батсайхан Ш. Испытания автоклавного сернокислотного выщелачивания медного полиметаллического концентрата месторождения «Асхат» // Цветные металлы. – Москва, 1994. – №10. – С. 18-20 (05.00.00; №91).
3. Эргашев У.А., Набойченко С.С., Батсайхан Ш. Испытание автоклавного высокотемпературного выщелачивания медного штейна // Цветные металлы. – Москва, 1995. – №3. – С. 12-14 (05.00.00; №91).
4. Эргашев У.А., Михин О.А., Новиков В.В. Работы по освоению технологии совместной переработки золотосодержащих руд месторождений Кокпатас и Даугызтау // Горный Вестник Узбекистана. – Навои, 2002. – №4. – С. 4-6 (05.00.00; №7).
5. Эргашев У.А., Веклов В.А., Петухов О.Ф. Опыт эксплуатации хвостохранилища гидрометаллургического завода №3 НГМК // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2003. – №1. – С. 63-66 (05.00.00; №7).
6. Эргашев У.А., Шамин В.Ю., Петухов О.Ф. Совершенствование сорбционной технологии извлечения золота из углеродистых руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2004. – №3. – С. 80-81 (05.00.00; №7).
7. Эргашев У.А., Толстов Е.А., Куканова С.И., Митраков О.Е. Лабораторные исследования по биоокислению сульфидных руд месторождения Кокпатас перколяционным способом // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2005. – №2. – С. 25-27 (05.00.00; №7).
8. Эргашев У.А., Кривошеев Г.С. Исследование по гравитационному извлечению золотосодержащих сульфидов из смешанных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2005. – №2. – С. 82-84 (05.00.00; №7).
9. Эргашев У.А., Веклов В.А., Митраков О.Е. Лабораторные исследования по биоокислению сульфидной руды перколяционным способом в шихте с флотоконцентратом // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2006. №3. – С. 50-52 (05.00.00; №7).
10. Эргашев У.А., Питер В.А., Рашидов И.Ш., Оливер Й.В. Установка BIOX Кокпатас // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2008. – №3. – С. 12-14 (05.00.00; №7).
11. Эргашев У.А., Шамин В.Ю., Морозов М.П., Митраков О.Е. Бактериальное окисление золотосодержащего флотоконцентрата перколяционным способом // Цветные металлы. – Москва, 2008. – №8. – С. 68-70 (05.00.00; №91).

12. Эргашев У.А., Зинько Н.А., Морозов М.П., Митраков О.Е., Куканова С.И. Полупромышленные испытания бактериального окисления сульфидных золотосодержащих руд кучным способом // Горный журнал. – Москва, 2008. – №8. – С. 79-82 (05.00.00; №28).

13. Эргашев У.А., Петухов О.Ф., Мустакимов О.М., Кольцов В.Н. Совершенствование технологии противоточной декантационной отмывки кека БИОКС // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2010. – №2. – С. 79-83 (05.00.00; №7).

14. Санакулов К.С., Эргашев У.А., Современное состояние и направления развития технологии биоокисления для переработки сульфидных руд на ГМЗ-3 // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2012. – №1. – С. 48-54 (05.00.00; №7).

15. Санакулов К.С., Ахатов Н.А., Эргашев У.А., Усовершенствование технологии сорбционного цианирования продуктов биоокисления на ГМЗ-3 // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №3. – С 20-25 (05.00.00; №7).

16. Эргашев У.А., Хамроев И.О., Руднев С.В., Саттаров Г.С., Назаров З.С. Оценка возможности селективной добычи и обогащения смешанных типов геотехнологических руд месторождения Даугызтау // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №1. – С. 13-17 (05.00.00; №7).

17. Sanakulov K.S., Mustakimov O.M., Ahatov N.A., Hasanov A.S., Ergashev U.A. Improving technology countercurrent decanter washing BIOX slurry in NMMC // European Applied Sciences. – Germany, 2015. – №11. – С. 57-61 (05.00.00; №2).

18. Санакулов К.С., Мустакимов О.М., Ахатов Н.А., Эргашев У.А. О целесообразности применения комбинированных технологий для переработки особо упорных золотосульфидных руд // Цветные металлы. – Москва, 2016. – №2. – С. 9-14 (05.00.00; №91).

19. Патент РУз № IAP 04489. Способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд / Санакулов К.С., Кольцов В.Н., Зинько Н.А., Морозов М.П., Эргашев У.А., Сойибов Ф.Я., Базаров У.М., Кормин А.В., Петухов О.Ф. // Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 20.02.2012 г.

20. Патент РУз № IAP 05134. Способ извлечения золота из упорных сульфидных золотомышьяковых руд / Санакулов К.С., Мустакимов О.М., Петухов О.Ф., Лаккай Н.Э., Хван А.Б., Золотарев Ю.П., Эргашев У.А., Ахатов Н.А., Холмуродов Б.О., Василенок О.П., Жумаев М.И., Нарбадалов Ш.И., Хасанов А.С. // Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан 17.11.2015 г.

II бўлим (II часть; part II)

21. Эргашев У.А., Ромашов В.А., Веклов В.А. Разложение сульфидных золото-мышьяковых руд месторождения «Кокпатас» микробиологическим способом // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновация – 2001». – Ташкент, 2001. – С. 191-192.

22. Эргашев У.А., Ромашов В.А., Веклов В.А. Изучение возможности повышения производительности мельничного блока на ГМЗ-3 НГМК // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновация – 2001». – Ташкент, 2001. – С. 191-192.

23. Эргашев У.А., Кормин А.В., Рузиев Г.М. Лабораторные исследования по низкотемпературному обжигу флотоконцентрата // Материалы IV-Международной конференции на тему: «Ресурсовоспроизводство, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». – Москва, 18-25 сентября 2005 г. – С. 226-228.

24. Эргашев У.А., Митраков О.Е., Куканова С.И., Зайнитдинова Л.И. Бактериальное окисление сульфидных флотоконцентратов перколяционным способом // Материалы IV-Международной конференции на тему: «Ресурсовоспроизводство, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». – Москва, 18-25 сентября 2005 г. – С. 228-229.

25. Эргашев У.А., Ахатов Н.А., Василенок О.П. Определение сорбционной активности хвостов флотации // Материалы Международной научной конференции «Инновация – 2011». – Ташкент, 25-27 октября, 2011 г. – С. 165-166.

26. Санакулов К.С., Эргашев У.А. Повышение эффективности извлечения золота из упорных сульфидных руд Кызылкумов // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». – Навои, 14-15 июня 2012 г. – С. 89.

27. Санакулов К.С., Эргашев У.А. Современное состояние и направления развития технологии биоокисления для переработки сульфидных руд на ГМЗ-3 // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». – Навои, 14-15 июня 2012 г. – С. 91-92.

28. Руднев С.В., Хамраев И.О., Саттаров Г.С., Назаров З.С., Эргашев У.А. Оценка возможности селективной добычи смешанных руд месторождения Даугызтау по геотехнологическим типам // Сборник научных статей Международной научно-технической конференции на тему: «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». – Ташкент, 2014. – Т. 1. – С. 45-46.

Автореферат матни «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналида таҳрир қилиниб, унинг ўзбек, рус ва инглиз тиллардаги матни мувофиқлаштирилган («__» _____ 2016 йил).

Босишга рухсат этилди: __.__.2016 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № _____.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ» ДУК