

**МИНЕРАЛ РЕСУРСЛАР ИНСТИТУТИ, ГЕОЛОГИЯ ВА ГЕОФИЗИКА
ИНСТИТУТИ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ ВА ИНЖЕНЕРЛИК ГЕОЛОГИЯСИ
ИНСТИТУТИ, СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ, ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ
УНИВЕРСИТЕТИ ВА ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.GM.40.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ
КЕНГАШ**

ГЕОЛОГИЯ ВА ГЕОФИЗИКА ИНСТИТУТИ

ХАБИБУЛЛАЕВА ГУЛБАХОР РАХУЛЛАЕВНА

**ЧИНОРСОЙ ВА КОКПАТАС ОЛТИН-СУЛЬФИДЛИ
МАЪДАНЛАРИНИНГ ТЕХНОЛОГИК МИНЕРАЛОГИЯСИ ВА
УНИНГ АСЛ МЕТАЛЛАРНИ АЖРАТИБ ОЛИШ УСУЛЛАРИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШДАГИ АҲАМИЯТИ**

04.00.08 – Минералогия. Кристаллография

**ГЕОЛОГИЯ-МИНЕРАЛОГИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Хабибуллаева Гулбахор Рахуллаевна Чинорсой ва Кокпатас олтин-сульфидли маъданларининг технологик минералогияси ва унинг асл металлари ажратиб олиш усуллари ишлаб чиқишдаги аҳамияти.....	3
Хабибуллаева Гулбахор Рахуллаевна Технологическая минералогия золото-сульфидных руд месторождений Чинарсай и Кокпатас и ее значение при разработке способов извлечения благородных металлов.....	21
Khabibullaeva Gulbakhor Rahullayevna Technological mineralogy of gold-sulphide ores of Chinarsay and Kokpatas deposits and its importance in developing of extraction methods of noble metals.....	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	42

**МИНЕРАЛ РЕСУРСЛАР ИНСТИТУТИ, ГЕОЛОГИЯ ВА ГЕОФИЗИКА
ИНСТИТУТИ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ ВА ИНЖЕНЕРЛИК ГЕОЛОГИЯСИ
ИНСТИТУТИ, СЕЙСМОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ, ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ
УНИВЕРСИТЕТИ ВА ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.GM.40.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ
КЕНГАШ**

ГЕОЛОГИЯ ВА ГЕОФИЗИКА ИНСТИТУТИ

ХАБИБУЛЛАЕВА ГУЛБАХОР РАХУЛЛАЕВНА

**ЧИНОРСОЙ ВА КОКПАТАС ОЛТИН-СУЛЬФИДЛИ
МАЪДАНЛАРИНИНГ ТЕХНОЛОГИК МИНЕРАЛОГИЯСИ ВА
УНИНГ АСЛ МЕТАЛЛАРНИ АЖРАТИБ ОЛИШ УСУЛЛАРИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШДАГИ АҲАМИЯТИ**

04.00.08 – Минералогия. Кристаллография

**ГЕОЛОГИЯ-МИНЕРАЛОГИЯ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.3.PhD/GM25 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Геология ва геофизика институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.gpniimr.uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) манзиллариг жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Дунин-Барковская Элеонора Ашотовна
геология-минералогия фанлари доктори

Расмий оппонентлар:

Цой Владимир Деньевич
геология-минералогия фанлари доктори, профессор

Туресебеков Арпай Халилович
геология-минералогия фанлари номзоди

Етакчи ташкилот:

«Олмалиқ кон-металлургия қоғинати» АЖ

Диссертация ҳимояси Минерал ресурслар институти, Геология ва геофизика институти, Гидрогеология ва инженерлик геологияси институти, Сейсмология институти, Ўзбекистон Миллий университети ва Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.GM.40.01 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг 2019 йил «__» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100060, Тошкент шаҳри, Т. Шевченко кўчаси, 11а).Тел.: (99871) 256-13-49, факс: (99871) 140-08-12; e-mail: info@gpniimr.uz, gpniimr@exat.uz).

Диссертация билан Минерал ресурслар институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (__ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100060, Тошкент шаҳри, Т. Шевченко кўчаси, 11а-уй. Тел.: (99871) 256-13-49).

Диссертация автореферати 2019 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2019 йил «__» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Р. Ахунджанов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, г.-м.ф.д.

К.Р. Мингбоев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, г.-м.ф.н.

Х.А. Акбаров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, г.-м.ф.д., академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳон амалиётида мураккаб бўлган олтин-сульфидли маъданлардан олтинни ажратиб олишнинг замонавий технологияларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга. Бундай маъданли конлар дунёнинг турли давлатларида аниқланган бўлиб, улардан асосан сульфидларни бактериал ишқорлаш усули билан олтин ажратиб олиш амалга оширилмоқда. Шу муносабат билан технологик минералогияда мураккаб олтин-сульфид-маргимушли маъданлардаги олтиннинг типоморф хусусиятларини аниқлаш «BIOX» технологиясини жорий қилишга асос бўлиб хизмат қилади.

Ҳозирги вақтда дунёнинг тараққий этган мамлакатларида технологик минералогия бўйича нанотехнология ва энг янги усуллардан фойдаланиб олтинни учраш шаклини ва қийин бойитиладиган маъданларда олтин ташувчи минералларни ўзига хос хусусиятларини аниқлашга қаратилган бир қатор илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Жумладан ЖАР, АҚШ, Россия каби давлатларда асл металлларни бойитиш бўйича экспериментал ва ярим саноат синовлари ўтказилмоқда. Минералогик тадқиқотлар босқичида электрон микрозондлаш, кимёвий ва спектрал усулларини қўллаш асл металллар ва минералларни ўзига хос хусусиятларини аниқлашда ҳамда уларни ажратиб олиш бўйича самарали технологик схемаларни танлаш имконини беради.

Республикада технологик минералогия йўналиши бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида муайян ютуқларга эришилмоқда. Хусусан, ўттиздан ортиқ мураккаб олтин-сульфидли маъдан ҳудудлари аниқланган ва босқичма-босқич тоғ-кон саноати корхоналари томонидан ўзлаштирилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш Ҳаракатлар стратегиясида «...ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришни жадаллаштириш, халқнинг турмуш даражасини ва дароматларини ошириш учун ҳар бир ҳудуднинг табиий, минерал-хомашё, ...салоҳиятидан комплекс ва самарали фойдаланишни таъминлаш...»¹ вазифалари белгилаб берилди. Бу борада, минералогик-технологияда мураккаб олтин-сульфидли маъданлардан олтинни тўлиқроқ ажратиб олишга бағишланган илмий-экспериментал ва ярим саноат тадқиқот ишларини олиб бориш муҳим ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 24 майдаги ПҚ-3004-сон «Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитаси тизимида ягона геология хизматини тузиш бўйича чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ва 2018 йил 1 мартдаги ПҚ-3578-сон «Ўзбекистон Республикаси Давлат геология ва минерал ресурслар қўмитаси фаолиятини тубдан такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ 4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси»га Фармони.

вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотларнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот республиканинг фан ва технологиясини ривожланишининг VIII – «Ер ҳақидаги фанлар» (геология, геофизика ва минерал хомашёни қайта ишлаш) устивор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Бутун дунёда олтин-сульфидли конлар олтин қазиб олишнинг энг муҳим манбайи бўлиб хизмат қилади. Бундай конлар Канада, АҚШ, ЖАР, Франция, Россия ва б. давлатларда маълум. Уларни ўрганиш билан дунёнинг етакчи олимлари: G.H. Burg, L.J. Cabri, V. Newville, R.A. Gordon, N.J. Cook, S.L. Chrissyoulis, M.Reich, A. Deditius, J.W. Li, C.Q. Ma, M.A. Parada, F. Barra, F. Mittermayr, R. Seltman, G. Simon, Н.В. Петровская, М.И. Новгородова, А.Д. Генкин, А.В.Волков, П.Ф. Иванкин, Н.И. Назарова, Л.Н. Марченко, В.Г. Моисеенко, С.Г. Кряжев, М.С. Рафаилович ва б. шуғулланганлар. Ўзбекистонда комплексли ва қийин бойитиладиган олтин-сульфидли маъданларни Р.П.Бадалова, С.Т. Бадалов, Э.А. Маркова, М.И. Моисеева, С.Я. Клемперт, Э.А. Дунин-Барковская, Г.М. Чеботарева, Р.И. Конеев, В.Д. Цой, И.В.Королева, С.М. Колоскова, А.Х. Туресебеков, А.З. Умаров ва б. Қийин бойитиладиган маъданларни «ВЮХ» усулида ўрганиш билан М.Г. Сағдиева, И.К. Рожкова, А.Б. Живаева ва б. микробиологлар шуғилланганлар.

Эришилган илмий натижаларга қарамай ҳозирги вақтда бир қатор хал қилинмаган масалалар технологик минералогия соҳасида мавжуд. Жумладан, қийин бойитиладиган ва комплексли маъданларни қайта ишлаш жараёнида олтин ажратиб олиш даражасини кўтариш учун минералогик, технологик жараёнда кўшимча илмий экспериментал ва ярим саноат синовлар ўтказиш талаб этилади.

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда Ўзбекистон олтин қазиб олувчи саноатининг асосий мақсади Қизилкум худудида олтин-сульфид-маргумушли маъданларни қайта ишлашда «ВЮХ» технологиясини муваффақиятли ўзлаштириб олиш ва жорий қилишдир. Технологик минералогияда нанотехнология ва тадқиқотнинг энг янги усуллари, олтин шакллари ўрганишда, қўллаш қийин бойитилувчи маъданларни технологик қайта ишлаш ва бойитиш жараёнидаги муаммоли масалалар ечимини топиш имкониятини беради.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Геология ва геофизика институти ҳамда Минерал ресурслар институтларининг илмий тадқиқот ишлари доирасида К-6-19 «Ғарбий Ўзбекистон конларининг сульфид-маргумушли маъданларида олтинни учраш шакллари аниқлаш технологиясини ишлаб чиқиш (минералогик, кимёвий ва экспериментал-технологик маълумотлар бўйича)» (1996-1997 йй.), № 794 «Ўзбекистон қаттиқ фойдали қазилма конлари минерал хом ашёларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш ва

мукаммаллаштириш» (2008-2011 йй.), № 818 «Ғарбий ва Жанубий Ўзбекистоннинг олтин маъданли конларини сульфидли маъданларини бойитиш технологик тадқиқотлари ва ярим саноат синовлари натижаларини янги импорт ўрнини босувчи реагентларни қўллаб бажариш» (2008-2009 йй.), № 849 «Биологик ишқолаш қайта ишлаш маҳсулотини таркибий қисмини минералогик тадқиқот усули билан ўтказиш» (2008-2009 йй.), № 859 «3-КМЗ қайта ишлаш маҳсулотларини минералогик тадқиқотлари» (2011 йй.), № 991/1 «Кокпатас ва Даугизтов конлари сульфидли маъданларининг кичик хажмли технологик намуналарини таркибий қисми ва бойитилишини ўрганиш натижалари» (2013-2014 йй.) каби амалий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади икки хил олтин-сульфидли маъданларни ҳосил бўлишига кўра турлаштириш ва технологик жараёнларда уларни бойитилишининг минералогик-технологик мезонларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

маъданни тўлиқ кимёвий ва минерал таркибини миқдорий асосда ўрганиш;

олтин ва бошқа компонентларни топилиш шакллари аниқлаш;

маъдан ва номаъдан минералларнинг микро- ва макропарагенезисларини бойитиш жараёнига таъсирини аниқлаш;

олтин ва олтин ташувчи сульфидларнинг қайта ишлаш жараёнида ўзларини тутиш қонуниятини аниқлаш;

икки турдаги олтин-сульфидли маъданларнинг (туғма олтинли олтин-колчедан-полиметалли ва топилиш шакли кўринмас бўлган олтин-сульфид-маргимушли) бойитилиш минералогик-технологик мезонларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Хандиза маъдан майдонининг Чинорсой кони ва Кокпатас маъдан майдонининг Кокпатас кони танланган.

Тадқиқотнинг предмети олтин-сульфидли (олтин-колчедан-полиметалл ва олтин-сульфид-маргимушли ост турлари) маъданларнинг минерал таркиби ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишда тадқиқотнинг замонавий физик-кимёвий ва минералогик усулларида фойдаланилди: ўтувчи ва акс қайтувчи нурда оптик микроскопия, электрон микроскопия, минералларнинг кимёвий таркибларини электрон микронд билан таҳлил этиш, маъданларни кимёвий спектрал ва масс-спектрал таҳлиллари ва б.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

олтин маъданлашувининг технологик хусусиятлари унинг табиий ҳосил бўлиш шароитига боғлиқлиги аниқланган;

илк бор Ўзбекистон рудалари учун олтин-сульфидли маъданларини бойитилишини башорат қилувчи минералогик-технологик мезонлари ишлаб чиқилган;

олтин-сульфидли маъданлардан ярим саноат ва экспериментал ишлар жараёнида кўринувчи ва кўринмас олтиннинг намоён бўлиш ҳолати аниқланган;

иоцитнинг янги марганецли турдоши ҳамда Ерда иккинчи топилма зюссит аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

олтин-колчедан-полиметаллик ва олтин-сульфид-маргимушли ост турининг типоморфик хусусиятлари аниқланган;

бирламчи маъданларда олтинни учраш шакллари аниқланган;

маъданларга технологик қайта ишлов бериш жараёнида (гравитацияда, флотацияда, биооксиллашда, куйдиришда ва б.) сульфидлардаги олтинни намоён бўлиш даражаси белгиланган;

Ўзбекистонда биринчи марта технологик ва генетик минералогия бирлашган ҳолда бажарилган ҳамда олтин-сульфидли маъданнинг икки ост турлари технологик хусусиятларининг алоқаси уларнинг ҳосил бўлиш шароитлари билан боғлиқлиги исботланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ўрганилаётган конларнинг технологик намуналарини, намуналар ва майдаланган фракцияларни (500 донадан ортик), шаффоф шлифларни (200 дона), аншлиф ва брикетларни (300 донадан ортик) минералогик тадқиқотлари материалларига асосланади. Шаффоф шлифлар, силлиқланган шлифларни оптик ва электрон микроскоплар остида ўрганиш ва баён этиш, минералларнинг кимёвий таркибларини электрон микрондда (80 дан ортик аншлиф ва брикет) ўрганиш, маъданни кимёвий тахлили ва уни минерал таркибга қайта ҳисоблаш (35 та намуна) амалга оширилди, шунингдек масс-спектрал, рентген-фазавий ва бошқа тадқиқот усулларида фойдаланилган. Тахлиллар сертификацияланган лабораторияларда ўтказилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти генетик ва технологик минералогиянинг бирлашган ҳолда бажарилганлиги ва олтиннинг технологик жараёнда шаклланишининг минералогик-генетик хусусиятлар билан боғлиқлиги аниқланганлигидир. Шунингдек, ишлаб чиқилган Ўзбекистон рудалари учун олтин-сульфидли маъданларини бойитилишини башоратловчи минералогик-технологик мезонлари кейинги илмий тадқиқотлар учун асос бўлиб хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маъданларда ўтказилган минералогик ва технологик кўрсаткичлари 3-КМЗ, «МРИ» ДК ва Ингичка ТМТЭ синовларида олтинни ажратиб олишни яхшиланганлигига хизмат қилган. Олтин-сульфидли маъданларни бойитилишининг башорати ишлаб чиқилган минералогик-технологик мезонларидан геология-қидирув ишларининг илк босқичларида ва технологик синовлар жараёнида фойдаланилиши мумкин.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Олтин-сульфидли маъданларининг технологик минералогияси ва унинг асл металларни ажратиб олиш усуллари ишлаб чиқишдаги аҳамияти бўйича олинган илмий натижалар асосида:

олтин-колчедан-полиметалл ва олтин-сульфид-маргимушли маъданларни бойитиш жараёнига таъсир қилувчи асосий минералогик

омиллар «Навоий кон-металлургия комбинати» ДКда амалиётга жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2018 йил 8 ноябрдаги 01-02-02/269-сон маълумотномаси). Натижада технологияларни мукамаллаштириш ва маъданлардан олтинни ажратиб олишни кўпайтириш имконини берган;

олтиннинг ва таркибида олтин бўлган минералларнинг технологик жараёнда ўзини тутиши хоссалари (Чинорсой ост тури) «Навоий кон-металлургия комбинати» ДКда амалиётга жорий қилинган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2018 йил 8 ноябрдаги 01-02-02/269-сон маълумотномаси). Натижада маъданларни энг самарали қайта ишлаш схемасини танлаш имконини берган;

олтиннинг ва таркибида олтин бўлган минералларнинг қайта ишлаш технологик жараёнда ўзини тутиши хоссалари (Кокпатас ост тури) Навоий кон-металлургия комбинати» ДКда амалиётга жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2018 йил 8 ноябрдаги 01-02-02/269-сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқаришда «ВЮХ» технологиясини такомиллаштириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқотларнинг натижалари республиканинг 5 та илмий-амалий ва илмий-техник конференцияларида маъруза қилинди ва муҳокамадан ўтди.

Тадқиқот натижаларининг нашр қилинганлиги. Диссертация мавзуси и бўйича 23 та илмий ишлар чоп этилган. Шулардан 14 таси тезис, 9таси илмий мақола, шу жумладан Ўзбекистон Республикаси Олий атестация комиссияси томонидан диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган, жумладан, 7таси республика ва 2таси хорижий журналларда.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисмидан, тўртта бобдан, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан таркиб топган. Диссертация ишининг ҳажми 131 матн varaғини ташкил этади

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва устиворлиги, мақсад ва вазифаларини асослаб берди, иш объекти ва предмети тавсифланди, республиканинг илм-фан ва технологиясини ривожланишининг устивор йўналишларига мувофиқ келиши кўрсатиб ўтилди, илмий янгиликлари ва амалий натижалари баён этилди, уларнинг илмий ва амалий аҳамиятлари очиқ берилди, геологик ишлар амалиётига тадбиқ этиш бўйича, чоп этилган мақолалар ва диссертация тузилиши ҳақидаги маълумотлар келтирилди.

Диссертациянинг биринчи **«Чинорсой палеовулқонининг риолитлардаги томирча-метасоматитли олтин-колчедан-полиметаллик маъданлашувининг ост тури»** бобида Чинорсой кони ўрганилиш тарихи, қисқача геологик ва минералогик тавсифлари ва маъданлашувларни генетик хусусиятлари келтирилган.

Олтин-колчедан–полиметалл бўлган Чинорсой кони, худудларида саноатбоп колчедан-полиметалл Хандиза кони жойлашган Хандиза маъдан даласи таркибига киради. Колчедан-полиметаллик уюмлар, кварц-сульфидли олтин таркибли томир ва томирча-хол-холли маъдан таналари асосан, қуйи тошқўмирнинг субмарин нордон такибли вулканизми билан боғлиқ бўлган, вахшивар свитасининг риолитли туфлари горизонтида жойлашган.

Тадқиқот материали оғирликлари 100 кг. ва 90 т. бўлган икки техологик намуналар кўринишида тақдим этилди. Маъдан лаборатория намунасида маъданли компонентларига бой бўлиб чиқди ва олтин-кумуш-колчедан-полиметалл турга киритилди, ярим саноат намунаси эса - қашшоқроқ ва олтин- ва кумуш таркибли колчедан-полиметаллик турга киритилди.

Намуна материали колчедан маъданининг бўлакчаларидан, ҳамда кесувчи ва қатламлараро кварц томирчалари бўлган гидротермал ўзгарган қамровчи жинслардан ташкил топган. Лаборатория намунасида сульфидлар 16% атрофида, яримсаноатда эса – 6% атрофида, оксидланиш даражаси жуда кучсиз.

Ярим саноат намунасида олтиннинг таркиби – 1,18-1,5 г/т, кумушники – 10,4-13,5 г/т, кўрғошинники – 0,3%, рухники – 0,5%, мисники – 0,03%, олтингугурт сульфиди - 2,73%. Лаборатория намунасида: олтин – 7,2-9,2 г/т, кумуш – 44,0-47,6 г/т, кўрғошин – 2,62-2,7%, рух – 3,26-3,57%, мис – 0,31-0,4%, олтингугурт сульфиди -6,51%.

Асосий бўлган маъдан минераллари – пирит, сфалерит, галенит, хира маъдан ва, гохида, халькопирит нотекис тарқалганлар, улар массив, доғсимон, уячали ва хол-хол текстураларни ҳосил қилади. Қамровчи жинс ҳосил қилувчи минераллар– кварц, дала шпат, биотит ва уларни гидротермал ўзгаришга учраган махсулотлари – серицит, хлорит, карбонатлар. Томир минераллар – кварц (асосан), доломит, анкерит. Акцессорлар – циркон, рутил, апатит, магнетит, зюссит, иоцит, монацит. Зюссит ва иоцит – жуда камёб бўлган минераллардир. Маъданнинг қимматли компонентлари Au, Ag, Zn, Pb, S, Cu, Cd дан иборат.

Асл металллар: топилиш шакллари, тарқалиши

Олтин. Микроскопик кузатишлар ва электрон микрозондлаш жараёнларида олтиннинг иккита асосий махсулдор парагенетик ассоциациялари намоён этилди: олтин-пирит-кварцли (анча эртанги); олтин-полиметалл-кварцли (сфалерит, хира маъдан, халькопирит, галенит).

Биринчи ассоциациядаги олтин кўпинча пирит ва кварцда жойлашган. Пиритда у қўшма доналар ёки унинг худудларидан чиқмаган катаклаз дарзликларида октаэдрик микрокристаллар кўринишида ўрнашган. Хира маъдан ва халькопирит олтин билан ўсишади ва микропарагенезислар ҳосил қилдилар: а) олтин-халькопирит-хира маъдан-пиритли; б) олтин-халькопирит-пиритли; в) олтин-хира маъдан-пиритли. Соф олтин бўлакларининг шакли ушбу ассоциацияда октаэдрик, ксеноморф, пластинкали-буқланган ва дарзликлар бўйлаб чўзилган. Олтинчаларинг ўлчамлари 0,00n дан 0,2-0,4 мм.гача ўзгариб туради, кўпроқ, 0,01-0,1 мм.ли. Пиритда ва кварцда олтиннинг софлиги юқори (900-924%). Атом-

абсорбцион тахлил натижалари кўра пирит концентратида олтиннинг таркиби 480 г/т.

Олтин-полиметалл-кварцли махсулдор ассоциацияда барча сульфидларда олтинчалар топилган. Соф олтин микродарзликларда ва сульфидларнинг контактларида жойлашган кўшмалар кўринишида. Ушбу ассоциациясида олтин кўпинча хира маъданда (тетраэдрит), сфалеритда ва баъзан, халькопиритда, галенитда кузатилган. Микродоначаларни шакллари чўзиқ томирчали, симсимон, пластинкали, бурчакли, пентагондодекадрок ва ксеноморф. Кўпинча чўзилган, қиррадор кристаллари ва уларнинг ўсмалари учрайди. Бўлақларнинг ўлчамлари 0,004 дан 0,25 мм, устивор бўлгани - 0,0н мм. Олтинни софлиги – 820-895%. Халькопирит ва галенитдаги олтинчалар, Ag дан ташқари, 1,5%гача Cu эга.

Атом-абсорбцион тахлиллар натижалари бўйича сфалерит концентрациясида олтинни таркиби 0,68-7,4 г/т, хира маъдан билан галенитда – 27,35 г/т, пирит-сфалерит-хира маъдан-галенитли сульфидли концентратларда (кварц билан ўсмаларда) – 100,0 г/т. аниқланган. Ушбу парагенетик ассоциацияда кварц кул ранг, ўта сульфидлашган, олтиндор. Гипоген олтинни 11 та олтинчалар бўйича ўртача софлиги 890% (820-924).

Гиперген олтин. Сульфидли гравиконцентратда гохида гиперген минералларнинг (темир гидрооксиди, ковеллин ва б.) кукунлари ва пўстчалари учрайди. Олтин ёрқин-сарик рангга, дўнг юзали пластинкача шаклга ва октаэдр шаклдаги кучсиз қиррадор кристалчаларнинг ўсмаларига эга. Олтинчаларнинг ўлчамлари 0,4x0,5 мм.гача. Штольни горизонтидаги сульфидли олтин-полиметаллик маъданда оксидланиш жараёни заиф намоён бўлган, эхтимол, ушбу олтинчалар иккиламчи бўлиши мумкин ва кам тарқалган. Иккиламчи соф олтинни софлиги 974%.

Рационал тахлил натижаларига кўра, 72,9% олтин эркин кўринишда бўлиб, яхши цианидланади. Темир оксидлари билан боғлиқ бўлган олтин 11%ни, сульфидлар билан боғлиқлари – 11%ни ва жинс ҳосил қилувчи минераллар билан боғлиқ бўлганлари – 5,1%ни ташкил қилади. Маъдандан ажратиб олинган минерал ва уларнинг ўсмаларидаги олтин ва кумушнинг таркиблари ҳам, маъданни бойитиш тартибини ва услубларини ишлаб чиқишда фойдаланиш учун керак бўлган маълумотлар беради.

Кумуш. Ярим саноат технологик намунада таркиби 13,4 г/т, лаборатория намунасида - 44,0 г/т. Кумуш соф олтин ва хира маъдан таркибида учрайди.

Сульфидлар ва уларнинг асл металлари тўпланишларидаги ахамияти. Сульфидларнинг характерли томони шундаки, улар ўзининг хусусий минераллашган пирит ва полиметаллик худудларини ва парагенетик ассоциацияларини ҳосил қилишади

Пирит – лаборатория намунасида унинг таркиби 8,0-8,5%, ярим саноатда – 4,3%. Доналарнинг ўлчами 0,02 дан 1 мм.гача бўлиб, массив бўлақларни, уячалар, куюқ ҳол-ҳолликларни ҳосил қилади. Кристалларининг шакли пентагондодекаэдр ва куб. Пирит кучсиз катаклазлашган, катаклаз дарзликлари олтиндор хира маъдан, гохида халькопирит билан тўлдирилган.

Полиметалл минераллар. Улар асосан сфалерит, хира маъдан, халькопирит ва галенитлардан ташкил топган. Улар бир-бирлари билан узвий ўсмалар ҳолатида, кечроқ ҳосил бўлган олтин-полиметал-кварцли парагенетик ассоциацияни ташкил этадилар ва массив, йирик уячали, лингзасимон, томирчали бўлақлар эга. Асосан нотўғри, ксеноморф, таблеткасимон шаклли доналарни ҳосил қиладилар. Доналарнинг агрегати бир неча сантиметргача бўлган йирик массив бўлақлар, уялар, баъзан, томирчалар ҳосил қиладилар. Бўлақларнинг ўлчамлари 0,001дан 3 ммгачан.

Сфалерит. Маъданнинг лаборатория намунасида 4-4,5% ташкил этади, ярим саноат намунада – 1% атрофида.

Хира маъдан. Лаборатория намунасида хира маъданни таркиби 0,7-0,8%, ярим саноат намунада эса 0,15%. Хира маъдан гуруҳида кумуш таркибли тетраэдрит ва тетраэдрит-теннантит изоморф каторнинг оралиқ минерали ажратилган.

Биринчи маҳсулдор олтин-пирит-кварцли ассоциацияда хира маъданнинг асосан, теннантитли молекулалар устиворлик қилувчи оралиқ таркиби тараққий этган, ахён-ахёнда тетраэдрит учрайди.

Иккинчи олтин-полиметалл-кварцли парагенетик ассоциацияда хира маъдан кенг тарқалган ва тетраэдрит ҳамда оралиқ турдошлари билан тақдим этилган.

Галенит. Лаборатория намунасида унинг таркиби 2,5-3% ва ярим саноат намунада ~0,5%. Минерал асосан иккинчи парагенетик ассоциацияда ривож топган. Маъданда олтинсиз кварц-галенитли анча кеч томирчалар учрайди.

Халькопирит маъданда жуда кам тарқалган.

Номаъдан минераллар ва уларнинг маъданни бойитиш жааёнларига таъсири. Жинс ҳосил қилувчи минераллар маъданни олтин, кумуш, руҳ ва бошқа кимёвий элементлар билан бойитишда икки ёқлама рол ўйнайди. Бир томондан, улар генетик жихатдан (серицит, хлорит, карбонатлари) ва парагенетик жихатдан (кварц, карбонатлар) маъдан ҳосил қилувчи жараёнлар билан боғлиқ ва маъдан таналарида олтин ва кумуш минераллари, Zn, Cu, Fe, Pb сульфидлари ва бошқалар тўпланади. Бошқа томондан – улардаги айнан узвий ўсмалар ва айниқса ўсишмалар, кўшмалар маъдани бойитиш жараёнини мураккаблаштиради.

Иоцит (FeO) – камёб минерал. Илгари Хисор тизмасидаги липаритларда аксессуар сифатида кўрсатилган (Долимов, Юсупов, 1975). Биз томонимиздан Чинорсой конининг маъдан худудидаги липарит формациясини ўзгарган вулқон жинсларида учратилган. Кубик кристаллар ҳосил қилади. Таркиби жихатидан соф иоцит ва янги марганецли (Mn – 11,2%) турдоши тақдим этилган. Иоцитни кристаллик кимёвий формуласи – FeO ва уни марганцли турдошиники – $(Fe_{0,82}Mn_{0,18})O$.

Зюссит (Fe₃Si) – жуда камёб бўлган минерал. Метеоритларда учраган (Kelle, Berkley, 1980). Ерда биринчи мартаба Фарбий Тян-Шанни Чотқол тоғларида аниқланган (Новгородова, Юсупов ва б., 1983). Чинорсой конидаги маъданларда зюссит кремнийли ҳосилаларда иоцит, пирротин билан ассоциацияда, кўндаланг кесим ўлчами 100x50 мкм, овал, тухумсимон бўлақ

кўринишида топилган. Минералда марганец аралашмаси иштирок этади. Зюситни кимёвий таркиби ва кристаллографик формуласи: $Fe_{85,47-87,77}; Si_{13,90-11,70}$ ва $Mn_{0,63-0,55}; (Fe_{3,05}Mn_{0,02})_{3,07}Si_{0,97}$ ва $(Fe_{3,13}Mn_{0,02})_{3,15}Si_{0,84}$. Бизнинг фикримизча, Чинорсойда зюситни ҳосил бўлиши асосан Чинорсой палеовулканининг отилиши экстремал субмарин муҳитида бўлиб, нордон лавани қуйилиш жараёнида юқори ҳарорат ва босимнинг тез тушиши билан кузатилади.

Маъдандаги соф олтиннинг технологик хусусиятлари қуйидагилар билан аниқланади: 1) уни кварц ва сульфидларда тарқалиши; 2) олтинча ўлчамларини юпқа диспердан то 0,3 мм.гача бўлган кескин фарқланиши. Олтиннинг ушбу хусусиятлари, уни ажратиб олиш технологиясини гравитация ва флотациянинг биргаликдаги, мажмуавий сифатда белгилаб беради (Попов ва б., 2010). Анча йирик олтинчалар гравитация услуги билан ажратиб олинади, анча кичик ва юпқа дисперслиси уларни камровчи сульфидлар билан биргаликда флотациялаш йўли билан ажратилади.

1. Ажратиб олишнинг селектив услубига салбий таъсир кўрсатувчи омиллар: а) кўринадиган (чангсимон, майда) соф олтиннинг маъдандаги барча сульфидларда (пирит, сфалерит, халькопирит, галенит, хира маъданларда) тарқалиши; б) Fe, Zn, Cu ва Pb сульфидларининг ўзаро узвий ўсишишлари. 2. Слюдали (серицит, хлорит) минераллар, кварц ва карбонатлар билан ўсма холатида бўлган майда донали сульфидлар жуда ёмон флотацияланади ва фойдали компонентларни ажратиб олишни ёмонлаштиради.

Олтинни жамоавий полиметаллик ва пиритли концентратларидан гравитация+ флотация+цианидлаштиришда ажратиб олиш мумкин. Олтин ва бошқа компонентларни маъдандан ажратиб олиш асосан, реагент танлашга боғлиқ (Попов ва б., 2010).

Иккинчи боб «Терриген-вулканоген қатламларда томирча-хол-холли олтин-сульфид-маргимушли маъданлашувлар (кокпатас ост тур)».

Кокпатас кони Бўконтон тоғларида жойлашган. Маъдан даласи асосан, Кокпатас конини (I-Жанубий ва II-Жанубий участкалар) ва олтинга истиқболли 30 дан ортиқ майда карьерли участкаларни ўз ичига олади (Дайкали, Широтний, Фарбий, Шарқий ва б.). Маъдан даласи карбонатли (жусқудуқ свитаси – С₁), чўкинди-вулканоген (қорашох свитаси – С₂) ва кремний-углеродли сланецлар (кокпатас свитаси – R₂₋₃) ва уларни ёриб чиққан ўрта тошқўмир ва перм ёшидаги дайкалар серияси мажмуаси билан тақдим этилган. Маъдан қорашох свитасида шаклланган. З.М.Абдуазимова томонидан қорашох свитаси, таркиби ва ёши бир турда бўлмаган, шаклланиши С₂да яқунланган қорашох қатлами деб қайта номланган. Экраловчи бўлган кокпатас свитасининг ётқизиклари қорашох қатлами учун геокимёвий тўсиқ ролини ўйнайди.

Минералогик тадқиқотлар Фарбий, Широтний, Дайкали, Шарқий ва 3-ТМЗ участкаларидан олинган технологик намуналар бўйича ўтказилди: бўлакчали ва майдаланган (гравиоконцентрат, флотоконцентрат, биооксид махсулотлари ва б.) материаллардан фойдаланилди.

Кокпатос конини маъданлари томирча хол-хол олтин-сульфидли геологик-саноат турга киритилган. Минералогик хусусиятларига кўра маъданни олтин-сульфид-маргимушли ост турга киритиш мумкин. Улар асосан майда кристаллик тузилишлари, минерал таркибининг доимийликлари билан хусусиятланадилар. Асосий минераллари пирит, арсенопирит, камроқ даражада пирротин, хира маъдан, сфалерит, халькопирит, антимонитлар ҳисобланади. Ni, Co, Ag, Pb, Sb (кобальтин, герсдорфит, никелин ва б., сульфотузлар ва сульфоарсенидлар) минераллари учраб туради.

Номаъдан минераллар: кварц, серицит (гидрослюдадар), дала шпати, хлоритлар, карбонатлар, углеродли махсулот (УМ), акцессорлари – апатит, рутил, магнетит, ксенотим, циркон, монацит ва б.

Маъданнинг хусусияти бўлиб олтинни топилиш шакли ҳисобланади. Кўринадиган соф олтин умумий таркибдан 30%дан камроқни ташкил этади, баъзи холларда 10%гача, олтинни қолган қисми сульфидларда – пирит ва арсенопиритда кўринмайдиган ва юпқа дисперс шаклларда бўлади. Кўринадиган олтин асосан, чангсимон. Технологик жихатдан маъданлар “мураккаб” ҳисобланади. Сульфидли маъдан олтинни ажратиб олиш флотациялаш, биоишқорлаш ва бошқа кўшимча усуллардан (цианидли сорбциялаш, куйдириш ва б.) фойдаланиб амалга оширилади.

Тақдим этилган намуналар асосан, терриген-чўкинди ва вулканоген-чўкинди жинслардан ташкил топган. Шунингдек, гоҳида гидротермал ўзгаришга учраган лампрофирлар, кварцли сиенодиоритлар, спессартитлар, диоритли порфиритлар дайкаларининг бўлакчалари ҳам учраб туради.

Олтин маъдан таркибли қатламни қамраб олувчи жинсларда нотекис тарқалган. Олтиннинг таркиби уларда 0,6 дан 14,5 г/т.гача тебраниб туради.

Кузатиш ва таҳлил натижаларига кўра қамровчи жинсларнинг олтинлашуви сульфидланиш даражасига, айниқса сульфид-маргимушли минераллашувига боғлиқ. Анча олтинлашган намуналарда арсенопиритни пиритга нисбатлари тахминан 2:1; 1:1; 1:2; 1:3; 1:4 бўлади. 1:5 ва 5 тадан ортиқ нисбатларда намунада олтин таркиби кескин пасайиши кузатилади.

Олтин сульфидларнинг бир неча парагенетик ассоциацияларида иштирок этади: 1) олтин-арсенопирит-пиритли (асосий махсулдор, олтин юпқа дисперс ва кўринмайдиган шаклларда); 2) олтин-арсенопирит-пирит-анкерит-кварцли (кўринувчи олтин, кам махсулдор); 3) электрум-полисульфид (хира маъдан, сфалерит ва б.)-кварц-доломитли (иккиламчи, олтинни кўринувчи шакли); 4) кварц-кальцит-антимонитли (кечки, кумушга махсулдор).

Олтин-арсенопирит-пиритли парагенетик ассоциацияда соф олтин асосий сульфидларда микроқўшмалар кўринишида бўлади, микрокристаллар уларни ён атрофлари ёки катакалаз дарзликлари бўйлаб худудларидан чиқмаган ҳолатда ривож топган. Хира маъдан, сфалерит, халькопирит, пентландит олтин билан ўсмалар холида учрайдилар ва микропарагенезислар ҳосил қиладилар.

Олтин-арсенопирит-пирит-анкерит-кварцли парагенетик ассоциацияда соф олтин арсенопирит, пирит, кварц, карбонатларда ва альбитда учрайди. Сульфидларда у микроқўшмалар ва микропарагенезислар ҳосил қиладилар. Олтин кўпинча 0,95-11,1% Fe аралашмасини ўз таркибига киритади.

Электрум-полисульфид-кварц-доломитли парагенетик ассоциацияда электрум (479-504‰) ва кюстелитнинг (216-247‰) бир-иккита микро доналари халькопиритда, сфалеритда, хира маъданда ўсма ва микроқўшмалар кўринишида ва пирит дарзликларида топилган. Электрум темир (1,67-4,66%) ва мис (0,94-1,57%) аралашмали. Кюстелит асосан сфалеритда ва хира маъданда кузатилган. Унинг таркибида Fe 2,61 ва Cu 1,02% гача аралашмалари бор.

Соф олтинли кварц-антимонитли ассоциация унча тараққий этмаган.

Кимёвий ва пробир таҳлил натижалари кўра, илгари бажарилган ва бизнинг тадқиқотимизда арсенопиритдаги олтин миқдори пиритникига қараганда 3-4 марта ортик. Агар намуналарда ва барча маъдан қамровчи жинсларда арсенопиритга қараганда пирит ўртача 4 марта кўп бўлишини инобатга олинса, унда тахмин қилиш мумкинки, олтинни пиритдаги жамланма миқдори арсенопиритдаги жамланма миқдоридан тахминан кўп ёки тенг.

Кумуш. Бошланғич маъданда уни ўртача таркиби 1,3 дан 43,0 г/т.гача. Маъдан намуналарида соф кумуш топилмаган. Кумуш элемент-аралашма кўринишида соф олтин таркибида 7,22 дан 29,6% гача, электрумда 29,62-49,49%, кюстелитда 68,72-74,75%, шунингдек хира маъданда 1,14 дан 9,96% гача, зелигманитда 0,58% гача иштирок этади.

Пирит. Маъданда уни таркиби 3,0 дан 13,1% гача бўлади. Маъдан қамровчи жинсларда пиритни бир нечта турдошлари кузатилади. Анча эрта генерациядаги I-пирит қора углеродли сланецларда углеродли махсул билан ассоциацияда. Шакли кубик. Кристалларининг ўламлари 0,05-2,0 мм. Бу пиритда олтин учрамаган.

II-пирит олтиндор. Минерал нотекис бўлган майда хол-хол идиоморф кристаллар, изометрик ва ксеноморф доначалар, уларни тўдалашган тўпланишларини, майда кристаллик ва майда донадор агрегатларни, томирча ва томирчасимон бўлақларни ҳосил қилади. Кристалларининг шакли – куб, пентагондодекаэдр ва уларнинг комбинациялари ва гохида нотўғри. Пирит баъзида катаклазлашган. Катаклаз дарзликларида олтинчалар учрайди. Бўлақларнинг ўлчамлари 0,001дан 3,0 мм.гача, ўртача 0,01-0,5 мм.

III-пирит кварц-карбонатли ва кварц-карбонат-альбитли томирча-томир ҳосилаларда топилган. У яхши қирраланган кубик кристалларни юзага келтиради. Анча кечки бўлган арсенопиритнинг узун-призматик ва игнасимон ажратмалари билан ассоциацияда.

Атом-абсорбцион таҳлиллар натижаларига кўра мономинерал пирит концентратида олтинни миқдори 4,6 дан 28,0 г/т.

Арсенопирит. Минералнинг иккита турдошлари ажратилган. I-арсенопирит олтиндор бўлиб, ўзгариши заиф серицитлашган, хлоритлашган ва кварцлашган жинсларга тегишли. Минерал қисқа призматик, чўзилган–

призматик, устунсимон, псевдобипирамидал кристаллардан иборат. Кристаллар кучсиз катаклазлашган. Арсенопирит, асосан, майда кристалли, ўлчамлари 0,051 дан 2 мм.гача бўлиб, 0,05-0,3 мм.ли бўлаклари устиворлик қилади.

Микрозонд таҳлига кўра арсенопиритда, %да: Те – 0,28; Cu – 0,87; Ni – 6,43; Sb – 2,26; Au – 2,2%; Ag – 0,6гача аралашмалар аниқланган.

Атом-абсорбцион таҳлил натижалари бўйича мономинерал арсенопирит концентратида олтиннинг миқдори 49,4 г/т ни ташкил этади.

II-арсенопирит бу яхши қирраланган узун-призматик ва игнали кристаллар, кўпинча уячали ёки томирчали кўринишдаги агрегатларга йиғилган. Бўлакларнинг ўлчами 0,005-0,1 мм. У III-пирит билан ассоциацияда, кварц-карбонат ва кварц-карбонат-альбитли томирча-томир хосилалар ва уларнинг зальбандларига тегишли.

Полиметаллик минераллар – халькопирит, хира маъдан, сфалерит маъдан намунасида кам миқдорда, асосий сульфидларда кўшмалар кўринишида, гохида, кварцлашган, карбонатлашган жинсларда майда хол-хол кўринишида бўлади.

Номаъдан минераллар. Уларга кварц, дала шпати, карбонатлар, хлорит, серицит, углерод махсули ва б. қиради. Келиб чиқишлари бўйича бу жинслар (алевролитлар, сланецлар ва б.) чўкинди-терриген, яшил тошли фациянинг регионал метаморфизмга учраган (кварц, хлорит, дала шпати) ва гидротермал жарённинг анча кечки (кварц, доломит, серицит, альбит) минералларидир. Аксессуарлар апатит, монацит, ксенотим, торит, сфен, рутил билан тақдим этилган.

Кокпатас маъдан даласидаги маъданлашувларни генетик хусусиятлари (1996-2016 йиллардаги бизнинг тадқиқотларимиз ва бошқа муаллифларнинг материалларини ҳисобга олган ҳолда). Кокпатас маъдан даласида эндоген маъданлашувлар учта босқичда бўлиб ўтган:

I босқичда, П.Ф.Иванкин ва Н.И.Назаровалар (2001 й.), тахмин қилишганидек, вулканоген-чўкинди қатламнинг углеродланиши чуқурликдаги флюидлар иштирокида бўлиб ўтган. Бироқ, УМ биоген хосиласи мавжудлик эхтимоли ҳам бор. Углеродли метасоматоз билан, эхтимол, унча катта бўлмаган миқдорда Au келтирилган бўлиши мумкин. Электрон микрозонд ёрдамида биз томонимиздан силлиқланган шифда соф олтиннинг майда дисперс микроқўшмалари антраксолитда учраган ва диагностикаланди;

II-босқичда олтин маъданлашувнинг асосий қисми шаклланди. Бизнинг фикримизча, ушбу босқичда вулканоген-чўкинди қатламида, тубликдаги асосан Au, As, Fe, S билан бойитилган флюидлар иштирокида олтин-сульфид-маргимушли метасоматоз бўлиб ўтган. Бошланғич босқичда, Кокпатас маъдан даласида кенг тарқалган, асосий махсулдор олтин-арсенопирит-пиритли минерал ассоциация шаклланди. Унинг асосий хусусияти бўлиб, пирит ва арсенопиритда юпқа дисперс ва кўринмайдиган олтиннинг иштироки ҳисобланади. Кейинги босқичда олтин-пирит-арсенопирит-анкерит-кварцли ва электрум-полисульфид (хира маъдан,

сфалерит ва б.)-кварц-доломитли (иккинчи даражали) ассоциациялар ҳосил бўлади. Минерал таркиблари бўйича мулоҳаза қилинса, охириги генетик жиҳатдан учинчи гидротермал этапга яқин.

III-босқичда совутбой мажмуасига тегишли анча кечки бўлган ола-була таркибли дайкаларнинг (P_1) ёриб чиқишларидан кейин, гидротермал эритмалардан олтинга қашшоқ кумуш-антимонит-кварцли ва антимонит-кварцли томирча ва томирларни шаклланиши тахмин қилинади (Кумушли, Сурьмали, Шарқий ва б. участкалар).

Учинчи боб «НКМКнинг 3-КМЗда Кокпатас сульфидли маъданни бактериал ишқорлаш усулида ва бошқа услубларда экспериментал, ярим саноат ва саноат синовлари билан боғлиқ, минералогик тадқиқотлар».

Маълумки, олтинни мураккаб сульфид-маргимушли маъдандан ажратиб олиш учун асосан, бойитишнинг флотациялаш, бактериал оксидлаш, сорбциялаш ва оксидли куйдириш усулларида фойдаланилади. Шунинг таъкидлаш лозимки, маъданда ўртача УМ таркиби ~0,3 -4,0% ва маргимушни 0,46-1,36% бўлиши унинг мураккаблик хусусиятини кўрсатади. УМ ва маргимушни юқори миқдори флотоконцентратнинг кейинги қайта ишлаш босқичига салбий таъсир кўрсатади.

3-ТМЗда қайта ишланган маҳсулотларининг минералогик таркибини ўрганишда ва лаборатория шароитида ўтказилган экспериментларда куйидаги қонуниятлар намоён бўлди:

1. Флотацион усулда сульфидлардан олтинчалар очилади: а) йирик, кўринадиган; б) бўшлиқларда, катаклаз дарзликларида, заифлашган қисмларида, ораликларида ва олтин элитувчилар - пирит, арсенопирит ён атрофларида жойлашганлар. Бошланғич маҳсулни бойитишда сульфидларнинг 1/3 қисми оралик цикл флотациясининг (ОЦФ) думчаларига кетади. Улар кейинги ажралиш босқичининг айланма ҳаракатида бўлади.

2. Биологик оксидлаш ўтказилади. Биоишқорлашда сульфидларнинг оксидланиш даражаси ўртача 42,7%. Арсенопиритнинг бактериал ишқорланиши (30 дан 70%гача) пиритникига (10 дан 40%гача) қараганда анча тезроқ боради. Биокекда сульфидларнинг ўлчамлари 0,001 дан 0,3 мм.гача.

3. Учинчи босқичда биоишқорлашдан кейин биокек оқимга қарши декантация (ОҚД) амали ўтказилади.

4. Сорбцион цианидлаштириш босқичи. Олинган якуний маҳсулотга цианид натрий ва қарама-қарши томонидан сорбциялаш учун кўмир қўшилади.

5. Оксидли куйдириш ўтказилади. Сорбциянинг курум думчаларида сульфид қолдиқлари учрайди. Ҳақиқатда, сифатли оксидли куйдиришда сульфидлар тўлалигича темирни оксид шаклига ўтиши керак. Сульфидлар курумнинг ғудда-ғудда ҳосиласида топилган. Ғудда-ғуддаларни ҳосил бўлишига сабаб, қуритиш жараёнининг охиригача олиб борилмаганидир.

Шунинг таъкидлаш керакки, олтин қайта ишлаб чиқаришнинг барча маҳсулотларида аниқланган. Соф олтин бўлаклари юмалоқ, овал, эгик,

таблеткасимон ва б. нотўғри шакилларда булиб, ўлчами <1 дан 56 мкм.гача. Софлиги 630-987%. Микрозонд таҳлилига кўра, ишлаб чиқаришнинг ҳамма маҳсулотларида, олтиннинг кўп қисми темир аралашмали, 5,7%гача.

Маъданнинг маҳсулий таркиби ва Кокпатас ва Довгизтов конларининг маъдан аралашмасини қайта ишлаш маҳсулотларини ўрганилгани, ҳамда 3-ТМЗ да бошланғич маъдан намунаси ва унинг қайта ишлаш маҳсулотларини (флотоконцентратлар, биокек, «Кетіх» думчалари ва б.) бойитилиши бўйича ўтказилган тадқиқотлар асосида қуйидагилар аниқланди:

1. Флотоконцентратни майдалаш даражаси -0,071 синфда 75% ни ташкил қилади, яъни оптимал қийматга эга эмас.

2. Флотоконцентратни биооксидлаш 96 соатда охиригачан бормаиди, олтинчаларни тўлиқ очилишига эришилмайди. Сорбцион цианидлашда биокекда очилмаган сульфидлардаги олтин қисман думчаларга ўтиб кетади.

3. Маъдандаги сорбцион-фаол кўмирли маҳсуллар флотацияда флото-концентратга ўтиб кетади. Чунки биооксидлашда УМ йўқотилмайди, эритилган олтинни бир қисми сорбцион цианидлашда яна УМ сорбцияланади.

Барча санаб ўтилган омиллар 3-ТМЗ схемаси бўйича маъданни ва концентратни қайта ишлашда салбий таъсир кўрсатади.

Эркин олтинни чиқиш даражасини ошириш учун биз томонимиздан қуйидагилар таклиф этилади:

1. Биооксидлашдан аввал флотоконцентратни тўлиқ (100% гача-0,071 мм) майдалаш зарур:

2. Бактериал ишқорлаш вақтини узайтириш лозим.

3. Бактериал ишқорлашдан сўнг олтинчаларни тугал очиш мақсадида ва УМ йўқотиш учун биокекни оксидли куйдириш жараёнини жалб этиш тавсия этилади (Х.Ахмедов, Е.Л. Попов, Г.Р. Хабибуллаева ва б.).

Тўртинчи боб «Турлаштириш ва олтин-сульфидли маъданни бойитилишини башоратловчи минералогик-технологик мезонлари»

Ишлаб чиқилган минералогик-технологик мезонлар геологик ишларининг бошланғич босқичидаёқ, технологик намуналаш ва лаборатория технологик тадқиқотларни ўтказишдан аввал, олтин-сульфидли маъданларни бойитишнинг дастлабки тахминий баҳосини беради

Маъданни бойитиш ва қайта ишлаш жараёнидаги асосий минералогик-технологик мезонлар қуйидагилар: а) олтиннинг мавжуд шакли (соф ёки кўринмас, майда дисперс); б) маъданнинг сульфидланиш даражаси ва унинг кўринувчан ва кўринмас олтинни саклашдаги ўрни. Сульфидлардаги (пирит ва арсенопирит) кўринмас ва юпқа дисперс ҳолидаги олтин маъдандан ажратиб олинишида муаммолар туғдиради ва мураккаб комплекс технологик ечимларни талаб этади (флотация, “ВІОХ”, оксидловчи куйдириш, сорбцион цианидлаш ва б.); в) маъдан таркибидаги гидротермал кварц олтинни ажратиб олиш технологиясига таъсир қилади. Сульфидлар кўп бўлганда кварцнинг кичик миқдори ҳам маъданни анъанавий усулларни (гравитация, флотация) қўллаб бойитишга ҳалал беради; г) соф олтиннинг турли сульфидли парагенезисларда эканлиги уни бойитма таркибига ажралишини мураккаблаштиради.

ХУЛОСА

Муфассал минералогик-технологик тадқиқотлар жараёнида куйидаги натижалар олинди:

1. Олтин-сульфидли маъданларнинг иккита: олтин-колчедан-полиметалли ва олтин-сульфид-маргимушли ост турлари турлаштирилди ва тавсифланди, услубий нуқтаи назардан булар бошқа кон маъданларини ўрганишда ҳам ҳисобга олиниши тавсия қилинади.

2. Оптик тадқиқотлар, спектрал, кимёвий, электрон-микрондли таҳлилларни натижалари бўйича ҳар бир ост тур маъданларининг тўлиқ минералогик таркиби, фоиз миқдориди, дончалар ўлчамлари ва минераллар морфологияси аниқланган. Олинган натижалардан кейинги тадқиқотларда фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади.

3. Аниқланган олтин (кўринадиган ва кўринмайдиган) ва б. муҳим компонентларнинг (Ag, Zn, Cu, Pb, As, S, КЕЭ ва б.) учраш шакллари маъданлардан комплекс фойдаланишда тавсия этилади.

4. Олтиннинг майдаланган технологик маҳсулотда, бошқа сульфидлар билан қўшилиб ўсиши табиий ассоциациялар ва парагенезислар билан боғлиқлиги кўрсатилган бўлиб, амалиётга тавсия қилинган.

5. Олтин-сульфидли маъданининг икки ост тури шаклланишининг минералогик-генетик хусусиятларини уларни қайта ишлаш технологик схемалари билан боғланиши ўтказилган. Субмарина шароитида (Au, Ag, Zn, Cu, Pb, Sb ва бошқалар билан бойиган гидротермалар) қуйи карбон ёшидаги риолитли вулканизмнинг ривожланишининг кечки босқичларида вулканоген-гидротермал жараённинг намоён бўлиши натижасида ҳосил бўлган майда томир ва томирли олтин-колчедан-полиметалли маъдан (чинорсой ост тури). Олтин соф туғма кўринишида пирит, сфалерит, хира маъдан, халькопирит, кварц, камроқ ҳолларда галенит таркибида учрайди, бу эса уларни селектив бойитмага ажратиб олиш жараёнини мураккаблаштиради. Гравитация ва флотациядан фойдаланиб олтин-пиритли ва олтин-полиметалли коллектив бойитмалар олиш таклиф этилади.

6. Терриген-вулканоген қалин қатламлардаги олтин-арсенопирит-пиритли томирча хол-холли (кокпатас ост тури) маъданлар чуқурлик флюидлари таъсири натижасида шаклланган. Технологик жиҳатдан қийин бойитиладиган маъданлар турини белгиловчи арсенопирит ва пиритдаги олтиннинг учраш шакли кўринмайдиган ва юпқа дисперсдир. Олтинни ажратиб олиш мураккаблашган схема флотация+бактериал оксидлаш+сорбцион цианидлаш+оксидловчи куйдириш ёрдамида амалга оширилади. Бу ост турдаги маъданнинг яна бир хусусияти кварц миқдорининг (8-30%) камлигидир.

7. Кокпатас ост туридаги маъданларни қайта ишлаш жараёнининг ҳар бир босқич маҳсулотларида олтин ва олтин сақловчи минералларнинг ўзини тутиш хусусиятлари аниқланган. Олтин чиқиш самарадорлигини ошириш мақсадида минералогик ва технологик натижаларга таянган ҳолда, сульфидларни бактериал оксидлаш вақтини ошириш, бактериал

ишқорлашдан сўнг «ВЮХ» маҳсулотини оксидли куйдириш каби таклифлар берилди. Олинган натижалар саноатда қўлланилиши тавсия этилади.

8. Иккала ост турларни саноатда қайта ишлаш ва бойитилувчанлигини башоратли баҳолашни минералогик-технологик мезонлари аниқланди, бу эса геологик ишларни илк босқичларида ва технологик синовлар жараёнида маъданларни заводда қайта ишлаш жараёнида маъданни башорат қилиш имконини беради. Олинган натижалар ва услубий ёндашувлар шунингдек бошқа олтин конларини башоратлашда ва технологик синовларда қўлланилиши мумкинлиги тавсия этилади.

9. Саноатбоп олтин-сульфидли маъданлашув икки ост турларининг асосий минералогик кўрсаткичлари келтирилган бўлиб, уларни шу каби конларни тадқиқ этишда ҳисобга олиш тавсия этилади.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.27.06.2017.GM.40.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ИНСТИТУТЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ИНСТИТУТЕ
ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ, ИНСТИТУТЕ ГИДРОГЕОЛОГИИ
И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ИНСТИТУТЕ СЕЙСМОЛОГИИ,
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА
И ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

ХАБИБУЛЛАЕВА ГУЛБАХОР РАХУЛЛАЕВНА

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНЫХ
РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЧИНАРСАЙ И КОКПАТАС И ЕЕ
ЗНАЧЕНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

04.00.08 – Минералогия. Кристаллография

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2017.3.PhD/GM25

Диссертация выполнена в Институте геологии и геофизики.

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

Научный консультант:	Дунин-Барковская Элеонора Ашотовна доктор геолого-минералогических наук
Официальные оппоненты:	Цой Владимир Деньевич доктор геолого-минералогических наук Туресебеков Арпай Халилович кандидат геолог-минералогических наук
Ведущая организация:	АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2019 г. в __ часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.27.06.2017.GM.40.01 при Институте минеральных ресурсов, Институте геологии и геофизики, Институте гидрогеологии и инженерной геологии, Институте сейсмологии, Национальном университете Узбекистана и Ташкентском Государственном техническом университете по адресу: 100060, г. Ташкент, ул. Т.Шевченко, 11а. Тел.: (99871) 256-13-49; факс: (99871) 140-08-12; e-mail: info@gpniimr.uz, gpniimr@exat.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института минеральных ресурсов (регистрационный номер №__). Адрес: 100060, г. Ташкент, ул. Т.Шевченко, 11а. Тел.: (99871) 256-13-49.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2019 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2019 года).

Р. Ахунджанов
Председатель Научного совета
по присуждению ученой степени, д.г.-м.н.

К.Р. Мингбоев
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученой степени, к.г.-м.н.

Х.А. Акбаров
Председатель научного семинара
при научно совете по присуждению ученой степени,
д.г.-м.н., академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике одной из важнейших задач является разработка технологии извлечения золота из упорных золото-сульфидных руд. Месторождения таких руд широко известны в различных странах мира, где извлечение золота осуществляется с применением новейших технологий, в основном бактериальным выщелачиванием сульфидов. В связи с этим определение типоморфных особенностей золота в упорных золото-сульфидно-мышьяковистых рудах в технологической минералогии служит основой для внедрения технологии BIOX.

В настоящее время в развитых странах мира проводится ряд научных исследований с применением нанотехнологий и новейших методов направленных на изучение форм нахождения золота и характерных особенностей золотоносных минералов в труднообогатимых рудах. В частности, в таких странах, как ЮАР, США, Россия проводятся экспериментальные и полупромышленные испытания по обогащению благородных металлов. На стадиях минералогического исследования применение электронного микронзондирования, химических, спектральных методов позволяют получить информацию о характерных особенностях благородных металлов и минералов, а также выбрать эффективные технологические схемы для их извлечения.

В республике на основе проведенных исследований в технологической минералогии достигнуты определенные успехи. В частности, определены более тридцати участков со сложными золото-сульфидными рудами, которые последовательно разрабатываются горными предприятиями. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены меры по «интенсивному социально-экономическому развитию, повышению уровня жизни и реальных доходов населения, ...обеспечением комплексного и эффективного использования природного и минерально-сырьевого потенциала отдельных регионов...»¹. В связи с этим в технологической минералогии для наиболее полного извлечения золота важно проведение научно-экспериментальных и полупромышленных исследований по труднообогатимым золото-сульфидным рудам.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлением Президента № ПП-3004 от 24 мая 2017 г. «О мерах по созданию единой геологической службы в системе Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам» и № ПП-3578 от 1 марта 2018 г. «О мерах по коренному совершенствованию деятельности Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017г. №УП – 4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

минеральным ресурсам», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с требованиями приоритетных направлений развития науки и технологий республики VIII – «Науки о Земле» (геология, геофизика и переработка минерального сырья).

Степень изученности проблемы. Золото-сульфидные месторождения во всем мире являются одним из важнейших источников для добычи золота. Такие месторождения известны в Канаде, США, ЮАР, Франции, России и др. Их изучением занимались многие ведущие ученые мира: G.H. Burg, L.J. Cabri, M. Newville, R.A. Gordon, N.J. Cook, S.L. Chryssoulis, M. Reich, A. Deditius, J.W. Li, C.Q. Ma, M.A. Parada, F. Barra, F. Mittermayr, R. Seltman, G. Simon, Н.В. Петровская, М.И. Новгородова, А.Д. Генкин, А.В. Волков, П.Ф.Иванкин, Н.И Назарова, Л.Н. Марченко, В.Г. Моисеенко, С.Г. Кряжев, М.С.Рафаилович и др. В Узбекистане комплексные и труднообогатимые золото-сульфидные руды изучали: Р.П. Бадалова, С.Т. Бадалов, Э.А.Маркова, М.И. Моисеева, С.Я. Клемперт, Э.А. Дунин-Барковская, Г.М. Чеботарев, Р.И. Конеев, В.Д. Цой, И.В. Королева, С.М. Колоскова, А.З. Умаров и др. Изучением труднообогатимых руд методом «ВЮХ» занимались микробиологи: М.Г. Сагдиева, И.К. Рожкова, А.Б. Живаева и др.

Несмотря на достигнутые научные результаты в настоящее время существует ряд нерешенных вопросов в области технологической минералогии. Требуется дополнительные научно-экспериментальные и полупромышленные испытания в минералого-технологическом процессе для повышения уровня выхода золота в процессе переработки труднообогатимых и комплексных руд.

Исходя из этого, основной целью золотодобывающей промышленности Узбекистана является внедрение и успешное освоение технологии «ВЮХ» при переработке золото-сульфидно-мышьяковистой руды в Кызылкумском регионе. Применение в технологической минералогии нанотехнологий и новейших методов исследования в изучении формы нахождения золота, также могут дать ответ на проблемные вопросы в процессе технологической переработки и обогащения труднообогатимых руд.

Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими работами организации, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана прикладных научно-исследовательских работ в Институте геологии и геофизики, а также Институте минеральных ресурсов по проектам К-6-19 «Разработать технологию определения форм нахождения золота в сульфидно-мышьяковистых рудах месторождений Западного Узбекистана (по минералогическим, химическим и экспериментально-технологическим данным)» (1996-1997 гг.), № 794 «Разработка и совершенствование технологии переработки минерального сырья месторождений твердых полезных ископаемых Узбекистана и повышение комплексности их

использования» (2008-2011 гг.), № 818 «Обогащение результатов технологических исследований и полупромышленные испытания сульфидных руд золоторудных месторождений Западного и Южного Узбекистана с использованием новых импортозамещающих реагентов» (2008-2009 гг.), №849 «Проведение минералогических исследований состава продуктов переработки биоксидного выщелачивания» (2008-2009 гг.), № 859 «Минералогические исследования продуктов переработки ГМЗ-3» (2011 г.), № 991/1 «Результаты изучения вещественного состава и обогатимости малообъемных технологических проб сульфидных руд месторождений Кокпатас и Даугызтау» (2013-2014 гг.).

Целью исследования является типизация на генетической основе двух видов золото-сульфидных руд и разработка минералого-технологических критериев их обогатимости в технологическом процессе.

Задачи исследования:

изучение полного химического и минерального состава руды на количественной основе;

определить формы нахождения золота и других компонентов руды;

выявить влияние микро- и макропарагенезисов рудных и нерудных минералов на процесс обогащения;

установить поведение золота и золотоносных сульфидов в процессе переработки золото-сульфидно-мышьяковистой руды

разработать минералого-технологические критерии обогатимости золото-сульфидной руды двух типов (золото-колчеданно-полиметаллической с самородным золотом и золото-сульфидно-мышьяковистой с невидимой формой нахождения золота).

Объектом исследований выбраны месторождение Чинарсай Хандизинского рудного поля и месторождение Кокпатас Кокпатаасского рудного поля.

Предметом исследования является минеральный состав золото-сульфидных руд (золото-колчеданно-полиметаллического и золото-сульфидно-мышьяковистого подтипов).

Методы исследований. При выполнении исследований использованы современные физико-химические и минералогические методы исследования: оптическая микроскопия в проходящем и отраженном свете, электронная микроскопия, анализы химического состава минералов электронным микронзондом, химические, спектральные и масс-спектральные анализы руд и др.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

выявлена зависимость технологических особенностей золотого оруденения от природных условий его образования;

впервые разработаны для руд Узбекистана минералого-технологические критерии прогнозирования обогатимости золото-сульфидной руды;

установлено поведение видимого и невидимого золота в процессе полупромышленных и экспериментальных работ по его извлечению из комплексных и упорных золото-сульфидных руд;

установлены новая разновидность марганцевый иоцит и вторая находка на Земле зюссита.

Практические результаты исследования:

выделены типоморфные особенности золото-колчеданно-полиметаллического и золото-сульфидно-мышьяковистого подтипов руд;

определена форма нахождения золота в первичных рудах;

определена степень раскрытия золота в сульфидах в процессе технологической переработки руды (при гравитации, флотации, биоокислении, обжиге и т.д.);

впервые в Узбекистане выполнена работа на стыке технологической и генетической минералогии и доказана связь технологических особенностей двух подтипов золото-сульфидной руды с условиями их образования.

Достоверность полученных результатов обосновывается материалом минералогического исследования технологических проб изучаемых месторождений в образцах и дробленых фракциях (более 500 шт.), прозрачных шлифах (200 шт.), аншлифах и брикетах (более 300 шт.). Изучение и описание прозрачных шлифов, полированных шлифов и брикетов под оптическим и электронным микроскопом. Изучение химического состава минералов электронным микрозондом (более 80 ашл. и бр.). Химический анализ руды и его пересчет на минеральный состав (35 проб), а также использование масс-спектрального, рентгено-фазового и др. методов исследования. Анализы объясняются выполнением в сертифицированных лабораториях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что работа выполнена на стыке генетической и технологической минералогии и выявлена закономерность зависимости поведения золота в технологическом процессе от минералого-генетических особенностей ее формирования. Также минералого-технологические критерии прогнозирования обогатимости золото-сульфидной руды служит основой для дальнейших исследований.

Практической значимостью результатов является то, что проведенные синхронные исследования минералогических и технологических показателей руд при их испытаниях на ГМЗ-3, ГП «ИМР» и Ингичкинской ОМТЭ послужили улучшению извлечения золота. Разработанные прогнозные минералого-технологические критерии обогатимости золото-сульфидных руд могут использоваться на ранних стадиях геолого-разведочных работ и в процессе технологических испытаний.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по технологической минералогии золото-сульфидных руд и ее значение при разработке способов извлечения благородных металлов:

основные минералогические факторы, влияющие на процесс обогащения руды двух подтипов – золото-колчеданно-полиметаллического и золото-сульфидно-мышьяковистого, внедрены в работе производства ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 01-02-02/269 от 8 ноября 2018 г. ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»).

Результаты позволили усовершенствовать технологию и повысить извлечение золота из руд;

выявленные особенности поведения золота и золотосодержащих минералов (чинарсайский подтип) в технологическом процессе внедрены в производстве ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 01-02-02/269 от 8 ноября 2018 г. ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»). Результаты позволили выбрать наиболее эффективную схему переработки руды;

выявленные особенности поведения золота и золотосодержащих минералов (кокпатасский подтип) в технологическом процессе переработки внедрены в ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка № 01-02-02/269 от 8 ноября 2018 г. ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»). Результаты дали возможность усовершенствовать технологию «ВЮХ» в производстве.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были доложены и обсуждены на 5 республиканских научно-практических и научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 23 научных работ. Из них 14 тезисов, 9 научных статей, в т. ч. 7 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 131 страниц текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи, характеризуются объект и предмет, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты, раскрываются их научная и практическая значимость, внедрение в практику геологических работ, сведения по опубликованным статьям и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Золото-колчеданно-полиметаллическое оруденение жильно-метасоматического подтипа в риолитах Чинарсайского палеовулкана»** приведены история изученности месторождения Чинарсай, краткая геологическая и минералогическая характеристика, генетические особенности оруденения.

Золото-колчеданно-полиметаллическое месторождение Чинарсай входит в Хандизинское рудное поле с промышленным колчеданно-полиметаллическим месторождением Хандиза. Колчеданно-полиметаллические залежи, кварц-сульфидные золотоносные жилы и прожилково-вкрапленные рудные

тела размещены в горизонте туфов риолитов вахшиварской свиты, связаны с проявлением субмаринного кислого вулканизма нижнего карбона.

Материал для исследования представлен в виде двух технологических проб весом 100 кг и 90 т. Руда лабораторной пробы оказалась богаче рудными компонентами и относится к золото-серебро-колчеданно-полиметаллическому типу, а полупромышленная – беднее и относится к золото- и серебросодержащему колчеданно-полиметаллическому типу.

Материал проб состоит из обломков колчеданной руды и гидротермально измененных рудовмещающих пород с секущими и межпластовыми кварцевыми жилками. Сульфидов в лабораторной пробе около 16%, а полупромышленной — около 6%, степень окисленности очень слабая.

В полупромышленной пробе содержание золота – 1,18-1,5 г/т, серебра – 10,4-13,5 г/т, свинца – 0,3%, цинка – 0,5%, меди – 0,03%, серы сульфидной 2,73%. В лабораторной: золото – 7,2-9,2 г/т, серебро – 44,0-47,6 г/т, свинца – 2,62-2,7%, цинка – 3,26-3,57%, меди – 0,31-0,4%, серы сульфидной 6,51%.

Главные рудные минералы – пирит, сфалерит, галенит, блеклая руда и, реже, халькопирит распределены неравномерно, образуют массивную, пятнистую, гнездовую, вкрапленную текстуры. Породообразующие минералы в рудовмещающих породах – кварц, полевые шпаты, биотит и продукты их гидротермального изменения – серицит, хлорит, карбонаты. Жильные минералы – кварц, доломит, анкерит. Акцессорные – циркон, рутил, апатит, магнетит, зюссит, иоцит, монацит. Зюссит и иоцит – очень редкие минералы. Ценными компонентами руды являются Au, Ag, Zn, Pb, S, Cu, Cd.

Благородные металлы: форма нахождения, распределение

Золото. В процессе микроскопического наблюдения и электронного микрозондирования выявлены две главные продуктивные парагенетические ассоциации золота: золото-пирит-кварцевая (более ранняя); золото-полиметаллически-кварцевая (сфалерит, блеклая руда, халькопирит, галенит, золото).

Золото в первой ассоциации находится в пирите и кварце. В пирите оно в виде зерен включений или октаэдрических микрокристаллов по трещинам катаклаза, не выходящих за пределы. В сростании с золотом находятся блеклая руда, халькопирит и образуются микропарагенезисы: а) золото-халькопирит-блеклорудно-пиритовый; б) золото-халькопирит-пиритовый; в) золото-блеклорудно-пиритовый. Форма выделений самородного золота в этой ассоциации октаэдрическая, ксеноморфная, пластинчато-изогнутая и удлиненная по трещиноватости. Размер золотинок изменяется от 0,00п до 0,2-0,4 мм, чаще, 0,01-0,1 мм. Золото в пирите и кварце высокопробное (900-924‰). По данным атомно-абсорбционного анализа, в пиритовом концентрате содержание золота достигает 480 г/т.

В золото-полиметаллически-кварцевой продуктивной ассоциации во всех сульфидах обнаружены золотинокки. Самородное золото находится в виде включений, которые располагаются в микротрещинах и на контакте

сульфидов. В этой ассоциации золото часто наблюдалось в блеклой руде (тетраэдрит), сфалерите и, реже, халькопирите, галените. Форма микрозерен удлиненно прожилковая, проволоковидная, пластинчатая, угловатая, овальная, пентагондодекадрическая и ксеноморфная. Чаше встречаются удлиненные ограненные кристаллики и их сростки. Размеры выделений от 0,004 до 0,25 мм, преимущественно 0,0n мм. Пробность золота – 820-895‰. Золотинки в халькопирите и галените, кроме Ag, содержат до 1,5% Cu.

По результатам атомно-абсорбционного анализа, содержание золота в концентрате сфалерита 0,68-7,4 г/т, блеклой руде с галенитом – 27,35 г/т, пирит-сфалерит-блеклорудно-галенитовых сульфидных концентратах (в сростках с кварцем) – 100,0 г/т. В этой парагенетической ассоциации кварц серый с обильной сульфидизацией, золотоносный. Средняя проба гипогенного золота по 11-ти золотинам 890‰ (820-924).

Гипергенное золото. В сульфидном гравииоконцентрате иногда встречаются золотинки, покрытые налетами и корочками гипергенных минералов (гидрооксидом железа, ковеллином и т.д.). Золото имеет ярко-желтый цвет, пластинчатую форму с бугристой поверхностью и наростами слабо ограненных кристалликов в форме октаэдра. Размер золотинок до 0,4x0,5 мм. В сульфидной золото-полиметаллической руде на горизонте штольни процесс окисления проявлен слабо; возможно, эти золотинки являются вторичными и распространены незначительно. Пробность вторичного золота 974‰.

По результатам рационального анализа, 72,9% золота находится в свободном виде и хорошо цианируется. Золото, связанное с оксидами железа, составляет 11%, с сульфидами – 11% и породообразующими минералами – 5,1%. Содержание золота и серебра в минералах и их сростках, извлеченных из руды, также дает информацию для использования при отработке режимов и способов обогащения руды.

Серебро. В полупромышленной технологической пробе его содержание 13,4 г/т, в лабораторной 44,0 г/т. Серебро находится в составе самородного золота и блеклой руде.

Сульфиды и их значение в концентрации благородных металлов.

Характерной чертой сульфидов является то, что пирит и полиметаллические минералы образуют свои собственные минерализованные участки и парагенетические ассоциации.

Пирит - содержание его в лабораторной пробе 8,0-8,5%, полупромышленной – 4,3%. Он слагает массивные выделения, гнезда, густые вкрапления с размером зерен от 0,02 до 1 мм. Форма кристаллов пентагондодекаэдр и куб. Пирит слегка катаклазирован, трещины катаклаза залечены блеклой рудой, реже, халькопиритом, содержащими зерна самородного золота.

Полиметаллические минералы. Представлены сфалеритом, блеклой рудой, халькопиритом и галенитом. Они находятся в тесных сростаниях друг с другом, образуют более позднюю золото-полиметаллически-кварцевую парагенетическую ассоциацию и слагают массивные, крупногнездовые,

линзовидные, прожилковые выделения. Образуют в основном неправильные, ксеноморфные, таблитчатые формы зерен. Агрегат их зерен образуют крупные массивные выделения размером до нескольких сантиметра, гнезда, реже, прожилки. Размер выделений от 0,001 до 3мм.

Сфалерит. В руде лабораторной пробы он составляет 4-4,5%, в полупромышленной – около 1%.

Блеклая руда. Содержание блеклой руды в лабораторной пробе 0,7-0,8%, полупромышленной 0,15%. В группе блеклых руд выделены серебросодержащий тетраэдрит и минералы промежуточного тетраэдрит-теннантитового изоморфного ряда.

В первой продуктивной золото-пирит-кварцевой ассоциации в основном развита блеклая руда промежуточного состава с преобладанием теннантитовой молекулы, реже встречается тетраэдрит.

Во второй золото-полиметаллически-кварцевой ассоциации блеклая руда развита широко и представлена тетраэдритом и промежуточными разновидностями.

Галенит. Содержание его в лабораторной пробе 2,5-3% и полупромышленной ~0,5%. Минерал развит в основном во второй парагенетической ассоциации. В руде встречаются более поздние прожилки кварц-галенитового состава без золота.

Халькопирит распространен незначительно.

Нерудные минералы и их влияние на процесс обогащения руды. Породообразующие минералы играют двойную роль в обогащении руды с золотом, серебром, цинком и другими химическими элементами. С одной стороны, они генетически (серицит, хлорит, карбонаты) и парагенетически (кварц, карбонаты) связаны с процессом рудообразования и в рудных телах концентрируют минералы золота и серебра, сульфиды Zn, Cu, Fe, Pb и др., с другой – именно тесные срастания и особенно прорастания, включения в них рудных минералов усложняют процесс обогащения руды.

Иоцит (FeO) — редкий минерал. Указывался ранее в качестве аксессуарного в липаритах Гиссарского хребта (Далимов, Юсупов, 1975). Нами встречен в измененных вулканических породах липаритовой формации в рудной зоне месторождения Чинарсай. Образует кубические кристаллы. По составу представлен чистым иоцитом и новой марганецсодержащей разновидностью (Mn – 11,2%). Кристаллохимические формулы иоцита – FeO и его марганцовистая разновидность – $(Fe_{0,82}Mn_{0,18})O$.

Зюссит (Fe₃Si) — очень редкий минерал. Известен в метеоритах (Kelle, Berkley, 1980). Впервые на Земле установлен в Чаткальских горах Западного Тянь-Шаня (Новгородова, Юсупов и др., 1983). В рудах месторождения Чинарсай зюссит обнаружен нами в виде овальных яйцеобразных выделений размером в поперечнике 100x50 мкм в ассоциации с иоцитом, пирротинном в кремнистых образованиях. Минерал содержит примесь марганца. Химический состав и кристаллохимические формулы зюссита Fe 85,47-87,77; Si 13,90-11,7 и Mn 0,63-0,55; $(Fe_{3,05}Mn_{0,02})_{3,07}Si_{0,97}$ и $(Fe_{3,13}Mn_{0,02})_{3,15}Si_{0,84}$.

По нашему мнению, образование зюссита в Чинарсае происходило в экстремальной субмаринной обстановке извержения Чинарсайского палеовулкана, сопровождающегося излияниями кислой лавы, быстрым падением высокой температуры и давления.

Технологические особенности самородного золота в руде определяются: 1) распределением его в кварце и сульфидах; 2) резкой контрастностью размерности золотинок от тонкодисперсного до 0,3 мм. Эти особенности золота определили технологию его извлечения как комплексную, при сочетании гравитации и флотации. Более крупные золотинокки извлекаются гравитационным способом, а более мелкие и тонкодисперсные – флотацией, вместе с вмещающими их сульфидами.

1. Факторы, отрицательно влияющие на селективный способ извлечения: а) распределение видимого (пылевидного и мелкого) самородного золота во всех сульфидах (пирите, сфалерите, халькопирите, галените, блеклой руде) руды; б) тесные сростания сульфидов Fe, Zn, Cu и Pb; 2. Мелкие зерна сульфидов, находящиеся в сростании со слюдистыми (серицит, хлорит) минералами, кварцем и карбонатами очень плохо флотируются и ухудшают извлечение полезных компонентов

Извлечение золота возможно в коллективный полиметаллический и пиритовый концентраты с применением гравитации+флотации+цианирования.

Извлечение ценных компонентов из руды зависит и от выбора реагентов.

Вторая глава «Золото-сульфидно-мышьяковистое оруденение прожилково-вкрапленное в терригенно-вулканогенных толщах (кокпатасский подтип)».

Месторождение Кокпатас расположено в горах Букантау. Рудное поле включает месторождение Кокпатас (участки Южный I и Южный II) и около 30 более мелких участков с карьерами (Дайковый, Широтный, Западный, Восточный и др.), перспективных на золото. Рудное поле сложено комплексом карбонатных (джускудукская свита – С₁), осадочно-вулканогенных (карашахская свита – С₂) и кремнисто-углеродистых сланцев (кокпатасская свита – R₂₋₃), прорванных серией даек среднекаменноугольного и пермского возрастов. Руда локализована в карашахской свите. З.М.Абдуазимовой карашахская свита переименована на карашахскую толщу неоднородного состава и возраста, формирование которой завершилось в С₂. Экранирующие отложения кокпатасской свиты для карашахской толщи играют роль геохимического барьера.

Минералогические исследования проведены по технологическим пробам с участков Западный, Широтный, Дайковый, Восточный и ГМЗ-3: использован кусковой и дробленый (гравиоконцентрат, флотоконцентрат, продукты биоокисления и т.д.) материал.

Руды месторождения Кокпатас относятся к прожилково-вкрапленному золото-сульфидному геолого-промышленному типу. По минералогическим особенностям руды можно отнести к золото-сульфидно-мышьяковистому подтипу. Они характеризуются мелкокристаллическим строением,

постоянством минерального состава. Главными минералами являются пирит, арсенопирит, в меньшей степени пирротин, блеклая руда, сфалерит, халькопирит, антимонит. Встречаются минералы Ni, Co, Ag, Pb, Sb (кобальтин, герсдорфит, никелин и др. сульфосоли и сульфоарсениды).

Нерудные минералы: кварц, серицит (гидрослюды), полевые шпаты, хлориты, карбонаты, углеродистое вещество, акцессорные – апатит, рутил, магнетит, ксенотим, циркон, монацит и др.

Особенностью руды является форма нахождения золота. Видимое самородное золото составляет не более 30%, в некоторых случаях до 10% от его общего содержания, остальная часть находится в невидимой и тонкодисперсной форме в сульфидах – в пирите и арсенопирите. Видимое золото в основном пылевидное. В технологическом плане руды упорные. Извлечение золота из сульфидной руды осуществляется с использованием флотации, биовыщелачивания и другими дополнительными приемами (цианирование, сорбирование, обжиг и др.).

Представленные пробы в основном состоят из образцов терригенно-осадочных и вулканогенно-осадочных пород. Также редко встречаются обломки даек лампрофиров, кварцевых сиенодиоритов, спессартитов, диоритовых порфиритов, которые подверглись гидротермальному изменению.

Золото во вмещающих породах рудоносной толщи распределено неравномерно. Содержания его в них колеблются от 0,6 до 14,5 г/т.

По результатам наблюдений и анализов, золотоносность вмещающих пород связана со степенью сульфидизации и особенно с сульфидно-мышьяковистой минерализацией. В более золотоносных пробах соотношение арсенопирита к пириту примерно 2:1; 1:1; 1:2; 1:3; 1:4. При соотношении 1:5 и более 5 раз наблюдается резкое снижение содержания золота в пробах.

Золото присутствует в нескольких парагенетических ассоциациях сульфидов: 1) золото-арсенопирит-пиритовая (основная продуктивная с тонкодисперсной и невидимой формой золота); 2) золото-арсенопирит-пирит-анкерит-кварцевая (менее продуктивная с видимым золотом); 3) электрум-полисульфидно (блеклая руда, сфалерит и др.)-кварц-доломитовая (второстепенная с видимой формой золота); 4) кварц-кальцит-антимонитовая (поздняя, продуктивная на серебро).

В золото-арсенопирит-пиритовой парагенетической ассоциации самородное золото находится в виде микровключений в главных сульфидах, развивается по периферии их или в виде микрокристаллов по трещинам катаклаза, не выходящих за его пределы. В сростаниях с золотом находится блеклая руда, сфалерит, халькопирит, пентландит и образуются микропарагенезисы.

В золото-арсенопирит-пирит-анкерит-кварцевой парагенетической ассоциации самородное золото находится в арсенопирите, пирите, кварце, карбонатах и альбите. В сульфидах оно находится в виде микровключений и образует в них микропарагенезисы. Золото часто имеет примесь Fe 0,95-11,1%.

В электрум-полисульфидно-кварц-доломитовой парагенетической ассоциации единичные микрозерна электрума (479-504‰) и кюстелита (216-247‰) обнаружены в виде сростков и микровключений в халькопирите, сфалерите, блеклой руде и в трещинах пирита. Электрум имеет примеси железа (1,67-4,66%) и меди (0,94-1,57%). Кюстелит в основном находится в сфалерите и блеклой руде. В его составе имеются примеси Fe до 2,61 и Cu 1,02%.

Поздняя кварц-антимонитовая ассоциация с самородным золотом развита незначительно.

По результатам химического и пробирного анализов, в ранних и наших исследованиях содержание золота в арсенопирите в 3-4 раза превышает содержание его в пирите. Если учесть, что в пробах и во всех вмещающих породах руды пирита в среднем в 4 раза больше, чем арсенопирита, то можно предположить, что суммарное содержание золота в пирите примерно больше или в равном количестве с суммарным содержанием его в арсенопирите.

Серебро. Среднее содержание его в исходных рудах от 1,3 до 43,0 г/т. Самородное серебро в пробах руды не обнаружено. Серебро находится в виде элемента-примеси в составе самородного золота от 7,22 до 29,6%, электрума 29,62-49,49%, кюстелита 68,72-74,75%, а также блеклой руды от 1,14 до 9,96%, зелигманите 0,58%

Пирит. Содержание его в руде от 3,0 до 13,1%. В рудовмещающих породах наблюдается несколько разновидностей пирита. Пирит I более ранней генерации находится в ассоциации с углеродистым веществом в черных углеродистых сланцах. Форма кубическая, размером до 2,0 мм. Видимое золото в этом пирите не встречено.

Пирит II золотосодержащий. Минерал образует неравномерную тонкую вкрапленность идиоморфных кристаллов, изометричных и ксеноморфных зерен, их кучные скопления, тонкокристаллические и тонкозернистые агрегаты, прожилки и прожилкообразные выделения. Форма кристаллов – кубы, пентагондодекаэдры и их комбинации и, реже, неправильные. Пирит иногда катаклазирован. В трещинах катаклаза встречаются золотишки. Размер выделений от 0,001 до 3,0 мм, в среднем 0,01-0,5 мм.

Пирит III обнаружен в кварц-карбонатных и кварц-карбонат-альбитовых прожилково-жильных образованиях. Он образует хорошо ограненные кубические кристаллы. Находится в ассоциации с длинно-призматическими и игольчатыми выделениями арсенопирита более поздней ассоциации.

По результатам атомно-абсорбционного анализа, в мономинеральном пиритовом концентрате содержание золота от 4,6 до 28,0 г/т.

Арсенопирит. Выделены две разновидности минерала. Арсенопирит I золотоносный, приурочен к слабо измененным серицитизированным, хлоритизированным и окварцованным породам. Минерал сложен короткопризматическими, удлиненно-призматическими, столбчатыми, псевдобипирамидальными кристаллами. Кристаллы слабо катаклазированы. Арсенопирит, в основном, мелкокристаллический размером от 0,051 до 2 мм, преобладают 0,05-0,3 мм.

Микрозондовым анализом в арсенопирите определены примеси, %: Те – 0,28; Cu – до 0,87; Ni – до 6,43; Sb – до 2,26; Au – до 2,2%; Ag – до 0,6%.

По результатам атомно-абсорбционного анализа, в мономинеральном арсенопиритовом концентрате содержание золота 49,4 г/т.

Арсенопирит II это хорошо ограненные длиннопризматические и игольчатые кристаллы, часто собранные в агрегаты гнездового или прожилкового вида. Размер выделений 0,005-0,1 мм. Приурочен к кварц-карбонатным и кварц-карбонат-альбитовым прожилково-жильным образованиям и к их зальбандам в ассоциации с пиритом III.

Полиметаллические минералы – халькопирит, сфалерит, блеклая руда в пробах руды находятся в незначительных количествах в виде включений в главных сульфидах, реже, в окварцованных, карбонатизированных породах в виде тонких вкрапленников.

Нерудные минералы. К ним относятся кварц, полевые шпаты, карбонаты, хлорит, серицит, углеродистое вещество и др. По происхождению эти минералы осадочно-терригенных пород (алевролиты, сланцы и др.), претерпевшие региональный метаморфизм зеленокаменной фации (кварц, хлорит, полевые шпаты), и более поздние минералы гидротермального процесса (кварц, доломит, серицит, альбит). Акцессорные представлены апатитом, монацитом, ксенотимом, торитом, сфеном, рутилом.

Генетические особенности оруденения Кокпатасского рудного поля (с учетом материалов наших исследований 1996-2016 гг. и др. авторов). Формирование эндогенного оруденения Кокпатасского рудного поля происходило в три этапа:

В I этапе, как предполагают П.Ф. Иванкин и Н.И. Назарова (2001 г.), происходило науглероживание вулканогенно-осадочной толщи при участии глубинных флюидов. Однако, возможно наличие УВ и биогенного происхождения. С углеродистым метасоматозом возможно привнесение незначительного количества Au. В антраксолите нами встречены и диагностированы с помощью электронного микрозонда в полированных шлифах тонкодисперсные микровключения самородного золота;

Во II этапе сформирована основная часть золотого оруденения. По нашему мнению в этом этапе произошел золото-сульфидно-мышьяковистый метасоматоз в вулканогенно-осадочной толще при участии глубинных флюидов, обогащенных Au, As, Fe, S. В ранней стадии сформирована основная продуктивная золото-арсенопирит-пиритовая минеральная ассоциация, широко развитая в Кокпатасском рудном поле. Ее особенностью является присутствие тонкодисперсного и невидимого золота в пирите и арсенопирите. В последующей стадии образовались золото-пирит-арсенопирит-анкерит-кварцевая и электрум-полисульфидно (блеклая руда, сфалерит и др.)-кварц-доломитовая (второстепенные) ассоциации. Судя по минеральному составу, последние генетически ближе к третьему гидротермальному этапу.

В III этапе после внедрения более поздних даек пестрого состава саутбайского комплекса (P₁) предполагается формирование из

гидротермальных растворов серебро-антимонит-кварцевых и антимонит-кварцевых прожилков и жил, обедненных золотом (участок Серебряный, Сурьямный, Восточный и др.).

В третьей главе «Минералогические исследования в связи с экспериментальными, полупромышленными и промышленными испытаниями Кокпатасской сульфидной руды методом бактериального выщелачивания и другими способами на ГМЗ-3 НГМК».

Известно, что для извлечения золота из упорной сульфидно-мышьяковистой руды применяются в основном флотационный, бактериально-окислительный, сорбционный и окислительно-обжиговый методы обогащения. Надо отметить, что руда в среднем содержит ~0,3 -4,0% УВ и 0,46-1,36% мышьяка, что указывает на ее упорный характер. Высокое содержание УВ и мышьяка отрицательно влияет на дальнейшую переработку флотоконцентрата.

При изучении минерального состава продуктов переработки руд ГМЗ-3 и проведенных экспериментов в лабораторных условиях выявлены следующие закономерности:

1. При флотационном методе раскрываются золотинки из сульфидов: а) крупные, видимые; б) расположенные в порах, трещинах катаклаза, в ослабленных участках, интерстициях и по периферии золотоносителей – пирита, арсенопирита. При обогащении исходного продукта менее 1/3 части сульфидов уходит в хвосты межцикловой флотации (МЦФ), которые находятся в обороте, с последующим извлечением.

2. Производится биологическое окисление. Степень окисления сульфидов при биовыщелачивании в среднем 42,7%. Бактериальное выщелачивание арсенопирита идет значительно быстрее (от 30 до 70%), чем пирита (от 10 до 40%). Размер сульфидов в биокеке от 0,001 до 0,3 мм.

3. В третьей стадии после биовыщелачивания биокек подвергается противоточной декантации (ПТД).

4. Стадия сорбционное цианирование. В полученный исходный продукт добавляется цианид натрия и с противоположной стороны – уголь для сорбирования.

5. Производится окислительный обжиг. В огарках хвостов сорбции встречаются сульфиды в виде редких и частых знаков. Фактически при качественном окислительном обжиге сульфиды полностью должны перейти в оксидную форму железа. Сульфиды обнаружены в комковатой массе огарка. Причиной образования комков является до конца недоведенная операция сушки.

Надо отметить, что во всех продуктах переработки обнаружены золотинки. Самородное золото имеет округлую, овально изогнутую, таблитчатую и др неправильные формы выделения, размером от <1 до 56 мкм. Пробность 630-987‰. По результатам микрозондового анализа, большая часть золота во всех продуктах имеет примесь железа до 5,7%.

На основании изучения вещественного состава руды и продуктов переработки смеси руд месторождений Кокпатас и Даугызтау выполненных

Г.Р.Хабибуллаевой, а также проведенных исследований обогатимости проб исходной руды и продуктов ее переработки на ГМЗ-3 (флотоконцентраты, биокек, хвосты «Кеміх» и др.) установлено:

1. Степень измельчения флотоконцентрата составляет 75% класса -0,071 мм, т. е. не достигает оптимального значения.

2. Биоокисление флотоконцентрата за 96 ч не происходит до конца, полное вскрытие золотин не достигается. При сорбционном цианировании с недовскрытыми сульфидами биокека золото частично переходит в хвосты.

3. Сорбционно-активные углистые вещества, содержащиеся в руде, при флотации переходят во флотоконцентрат. Так как углистое вещество при биоокислении не удаляется, часть растворенного золота при сорбционном цианировании снова сорбируется на углистое вещество.

Все вышеперечисленные факторы могут отрицательно влиять на переработку руды и концентратов по схеме ГМЗ-3.

Чтобы повысить уровень выхода свободного золота, нами предлагается:

1. Необходимо доизмельчать флотоконцентрат (до 100% -0,071 мм) перед биоокислением.

2. Продлить время для бактериального выщелачивания.

3. После биовыщелачивания биокек рекомендуется подвергать окислительному обжигу с целью до вскрытия золотин в остаточном содержании сульфидов и удаления углистых веществ (Х. Ахмедов, Е.Л. Попов, Г.Р. Хабибуллаева и др).

Четвертая глава «Типизация и минералого-технологические критерии прогнозирования обогатимости золото-сульфидной руды».

Разработанные минералого-технологические критерии позволяют провести предварительную прогнозную оценку обогатимости золото-сульфидных руд уже на ранних стадиях геологических работ до проведения технологического опробования и лабораторных технологических исследований.

Главными минералого-технологическими критериями в процессе обогащения и переработки руды являются: а) форма нахождения золота (самородное или невидимое, тонкодисперсное); б) сульфидность руды и ее роль как носителя видимого и невидимого золота. Невидимое и тонкодисперсное золото в сульфидах (пирите, арсенопирите) создают проблемы в его извлечении и требуют сложных комплексных технологических решений (флотация, "ВІОХ", сорбционное цианирование, окислительный обжиг и др.); в) содержание гидротермального кварца в руде влияет на технологию извлечения золота. Незначительное количество кварца при доминирующей роли сульфидов затрудняет использование классических методов обогащения руды (гравитация, флотация); г) вхождение самородного золота в разные парагенезисы сульфидов затрудняет его выделение в селективный золотой концентрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе детальных минералого-технологических исследований получены следующие результаты:

1. Проведена типизация и дана характеристика двух подтипов золото-сульфидной руды: золото-колчеданно-полиметаллического и золото-сульфидно-мышьяковистого, которые в методическом плане рекомендуется учитывать и при изучении других руд месторождений.

2. По результатам оптических исследований, спектрального, химического, электронно-микронного анализа для каждого подтипа руды определены полный минералогический состав с процентным содержанием, размер зерен и морфология минералов. Полученные результаты целесообразно использовать в дальнейших исследованиях.

3. Выявленные формы нахождения золота (видимое и невидимое) и др. важных компонентов (Ag, Zn, Cu, Pb, As, S, РЗЭ и др.) рекомендуется учитывать при комплексном использовании руды.

4. Было показано, что нахождение золота в дробленном технологическом продукте в сростках с другими сульфидами зависит от природных ассоциаций и парагенезисов, что рекомендуется учитывать в практике.

5. Проведена увязка минералого-генетических особенностей формирования золото-сульфидной руды двух типов с возможными технологическими схемами их переработки. Прожилково- жильная золото-колчеданно-полиметаллическая руда (чинарсайский подтип) образована вследствие проявления вулканогенно-гидротермального процесса в субмаринных условиях (гидротермы, обогащенные Au, Ag, Zn, Cu, Pb, Sb и др.) на поздних стадиях развития риолитового вулканизма нижнекарбонного возраста. Золото в самородном виде содержится в пирите, сфалерите, блеклой руде, халькопирите, кварце, реже, галените, что затрудняет процесс его выделения в селективный концентрат. Предлагается использовать гравитацию и флотацию для получения золото-пиритового и золото-полиметаллического коллективных концентратов.

6. Золото-арсенопирит-пиритовый прожилково-вкрапленный кокпатасский подтип в терригенно-вулканогенных толщах сформирован в результате воздействия глубинных флюидов. Характерна невидимая и тонкодисперсная форма нахождения золота в арсенопирите и пирите, определяющие технологически «упорный» тип руды. Извлечение золота осуществляется по усложненной схеме – флотация + бактериальное окисление + сорбционное цианирование + окислительный обжиг и др. Еще одной особенностью руды этого подтипа является низкое содержание кварца (8-30%).

7. Установлено поведение золота и золотосодержащих минералов в каждой стадии продуктов переработки руды кокпатасского подтипа. На основании результатов минералогических и технологических исследований рекомендовано увеличить время бактериального окисления сульфидов,

продукт биовыщелачивания «ВЮХ» подвергать окислительному обжигу. Полученные результаты рекомендуется использовать в промышленности.

8. Определены минералого-технологические критерии прогнозной оценки обогатимости и промышленной переработки обоих подтипов, позволяющие прогнозировать поведение руды в технологическом процессе заводской переработки руды уже на ранних стадиях геологических работ и в процессе технологических испытаний. Полученные результаты и методические подходы рекомендуется также использовать для прогнозирования и технологических испытаний других месторождений золота.

9. Приведены основные минералогические показатели двух подтипов золото-сульфидного промышленного типа оруденения, которые рекомендуются учитывать при исследовании аналогичных объектов.

**ONE TIME SCIENTIFIC COUNCIL BASED ON SCIENTIFIC COUNCIL
DSc.27.06.2017.GM.40.01 ON AWARDING THE SCIENTIFIC DEGREES
AT THE INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES,
INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS, INSTITUTE
OF HYDROGEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY, INSTITUTE
OF SEISMOLOGY, NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN
AND TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS

KHABIBULLAYEVA GULBAHOR RAHULLAYEVNA

**TECHNOLOGICAL MINERALOGY OF GOLD-SULPHIDE ORES OF
CHINARSAY AND KOKPATAS DEPOSITS AND ITS IMPORTANCE IN
DEVELOPING OF EXTRACTION METHODS OF NOBLE METALS**

04.00.08 – Mineralogy. Crystallography

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES**

Tashkent – 2019

The theme of doctor philosophy (PhD) was registered by Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.3.PhD/GM25

The dissertation has been prepared at the Geology and Geophysics institute.

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

Scientific consultant

Dunin-Barkovskaya Eleonora Ashotovna
doctor of geological and mineralogical sciences

Official opponents:

Tsoy Vladimir Denyevich
doctor of geological and mineralogical sciences

Turesebekov Arpay Khalilovich
doctor of geological and mineralogical sciences

Leading organization

JC «Almalyk mining and metallurgical combine»

The defense will take place «___» «_____» 2019y, at ___ the meeting of the single Scientific council based on Scientific council DSc.27.06.2017.GM.40.01 at the Institute of mineral resources, Institute of geology and geophysics, Institute of hydrogeology and engineering geology, Institute of seismology, National University of Uzbekistan and Tashkent State Technical University (Address: 100060, Tashkent, T. Shevchenko str., 11a. Ph: (99871) 256-13-49; Fax: (99871) 140-08-12; e-mail: info@gpniimr.uz, gpniimr@exat.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information-Resource Center of Scientific Research Institute of Mineral Resources (is registration under № ____). (Address: 100060, Tashkent, T.Shevchenko str., 11a. Ph: (99871) 256-13-49, fax: (99871) 140-08-12

The abstract of dissertation sent out on «___» «_____» 2019y.
(Protocol at the register № ____ dated «___» «_____» 2019y.)

R. Akhundjanov

Chairman of scientific council on awarding of scientific degree, doctor of geological and mineralogical sciences

K.R. Mingboyev

Scientific Secretary of scientific council on award of scientific degree, doctor of Philosophy

X. A. Akbarov

Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degree, doctor of geological and mineralogical sciences, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the typification on the genetic basis of two types of gold-sulphide ores and the development of mineralogical and technological criteria for their enrichment in the technological process.

The objects of the research work were selected the Chinarsay deposit of the Khandiza ore field and the Kokpatas deposit of the Kokpatas ore field.

The scientific novelty of the research is as follows:

the dependence of the technological features of gold mining on the natural conditions of its formation was revealed;

first mineral-technological criteria for predicting the enrichment of gold-sulphide ore have been developed for the ores of Uzbekistan;

the behavior of visible and invisible gold in the process of semi-industrial and experimental work on its extraction from complex and resistant gold-sulphide ores has been established;

there have been established a new type of manganese iocyte, and the second finding on Earth – suessite.

Implementation of the research results. Based on obtained scientific results on the technological mineralogy of gold-sulphide ores and its importance in the development of methods for extracting precious metals:

the main mineralogical factors affecting to the process of enrichment of ore of two subtypes – gold-pyrite-polymetallic and gold-sulphide-arsenic are introduced in the work of the SE “NMMC” production (reference No. 01-02-02/269 of November 8, 2018 of the SE “NMMC”). The results allowed to improve the technology and to increase the extraction of gold from ores;

the revealed features of behavior of gold and gold-bearing minerals (Chinarsay subtype) in the technological process are introduced in the production of the SE “NMMC” (reference No. 01-02-02/269 of November 8, 2018 of SE “NMMC”). The results allowed to choose the most effective scheme for ore processing;

the revealed features of behavior of gold and gold-bearing minerals (Kokpatas subtype) in the technological processing are introduced in the SE “NMMC” (reference No. 01-02-02/269 of November 8, 2018 of the SE “NMMC”). The results made it possible to improve the technology of "BIOX" in production.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and a list of used literature. The volume of the thesis comprises of 131 pages.

НАШР ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Ахмедов Х., Нурмухамедов И.С., Попов Е.Л., Хабибуллаева Г.Р. Результаты технологических исследований пробы первичной руды одного из месторождений Узбекистана // Геология и минеральные ресурсы. - 2014. - №2. - С. 61-63. (04.00.00. №2).

2. Попов Е.Л., Ахмедов Х., Хабибуллаева Г.Р., Соатов С.А., Нурмухамедов И.С., Якубжанова М.Е., Хушбоков Э.М. Сравнительные испытания новых местных реагентов в полупромышленных условиях // Горный вестник Узбекистана. - 2009, № 4 (39). - С. 68-71. (04.00.00. №3).

3. Попов Е.Л., Ахмедов Х., Хабибуллаева Г.Р., Нурмухамедов И.С., Едгоров Н. Испытания новых местных реагентов в полупромышленных условиях на руде месторождения Чинарсай // Горный вестник Узбекистана. - 2010. - № 3. - С. 45-48. (04.00.00. №3).

4. Хабибуллаева Г.Р., Дунин-Барковская Э.А., Абдуллаева Е.Г. Технологическая минералогия золото-колчеданно-полиметаллического месторождения Чинарсай и ее использование при разработке технологии обогащения руды (Гиссарский хребет) // Геология и минеральные ресурсы. - 2013. - №5. - С. 44-53. (04.00.00. №2).

5. Хабибуллаева Г.Р. Минеральный состав и парагенезисы минералов золото-сульфидно-мышьяковистых руд участков Западный I и III Кокпатасского рудного поля // Геология и минеральные ресурсы. - 2016. - № 5. - С. 43-49. (04.00.00. №2).

6. Хабибуллаева Г.Р. Минералого-геохимические особенности золото-сульфидно-мышьяковистых руд участков Широкий I и IV Кокпатасского рудного поля // Горный вестник Узбекистана. - 2017. - № 2. - С. 59-65. (04.00.00; №3).

7. Хабибуллаева Г.Р. Минералого-технологические особенности золото-сульфидно-мышьяковистых руд участка Дайковый Кокпатасского рудного поля // Горный вестник Узбекистана. - 2017. - № 4. - С. 51-56. (04.00.00; №3).

8. Khabibullaeva G.R., Dunin-Barkovskaya E.A. Rare accessory mineral suessite - Fe_3Si from Tien Shan and conditions of its formation // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences. 2017. - Vol. 7(1). -pp. 42-44. (04.00.00. №7).

9. Khabibullaeva G.R., Dunin-Barkovskaya E.A. Mn – wüstite (Fe, Mn)O as new variety of the minerals from Chinarsay deposit (Tien Shan, Uzbekistan) // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences. - 2017. - Vol. 7(1). - pp. 45-46. (04.00.00. №7).

II-бўлим (II-часть; part II)

10. Ахмедов Х., Попов Е. Л., Дунин-Барковская Э.А., Хабибуллаева Г.Р. Новые подходы в изучении технологической минералогии и обогатимости золото-серебряно-колчеданно-полиметаллической руды месторождения Чинарсай (Узбекистан) // Тез. Респуб. науч.-техн. конф. «Приоритетные направления геологического изучения недр, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований Узбекистана». - Т.: ГП «НИИМР», 2011 - С.77-79.

11. Дунин-Барковская Э.А., Хабибуллаева Г.Р. и др. Типоморфизм самородного золота и его минеральных ассоциаций как критерий обогатимости золотосодержащих руд (Узбекистан) // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений. Задачи практических исследований. Том I / Мат-лы Всерос. конф., посвящ. 100-летию Н.В. Петровской. - М.: ИГЕМ РАН, 2010. - С. 179-181.

12. Дунин-Барковская Э.А., Хабибуллаева Г.Р. Иновационные подходы технологической минералогии в изучении золото-сульфидно-мышьяковистых руд и продуктов их бактериального окисления (Западный Узбекистан) // Инновационные технологии прогноза, оценки и освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых Республики Узбекистан / Тез. междунар. науч.-техн. конф. «Узгеоинновация-2010». - Т.: ГП «НИИМР», 2010. - С. 126-128

13. Дунин-Барковская Э.А., Ким М., Хабибуллаева Г.Р., Мухамеджанова Д.В. Генетические и технологические аспекты изучения минералогии золото-сульфидно-мышьяковистых руд и продуктов их бактериального окисления // Современные проблемы связи геодинамики, магматизма и оруденения / Мат-лы междунар. конф. - Т., 2012. -С.227-231.

14. Дунин-Барковская Э.А., Ким М., Мухамеджанова Д.В., Хабибуллаева Г.Р. Редкоземельная минерализация золоторудных месторождений терригенно-черносланцевых пород Кызылкумов: генетические и практические аспекты // Мат-лы Респуб. науч.-техн. конф. - Т., 2013. -С.100-102.

15. Дунин-Барковская Э.А., Ким М., Мухамеджанова Д.В., Хабибуллаева Г.Р. Редкие земли, торий и скандий как индикаторы развития среднетемпературного процесса образования золотых руд в черносланцево-терригенных отложениях Кызылкумов // Тез. междунар. науч.-техн. конф. «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан»- Т.: ГП «НИИМР» 2014. - С. 72-75.

16. Дунин-Барковская Э.А., Хабибуллаева Г.Р. Технологическая минералогия в решении проблем переработки золото-колчеданно-полиметаллической руды (на примере Хандизинского рудного поля в Гиссарском хребте) // Мат-лы науч. конф. «Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении». - Т.: ИГиГ АН РУз, 2015. - С.293-297.

17. Дунин-Барковская Э.А., Хабибуллаева Г.Р., Мухамеджанова Д.В. Редкий минерал зюссит – Fe_3Si в рудовмещающих риолитах золото-колчеданно-полиметаллического месторождения Чинарсай (Гиссарский хребет, Узбекистан) // Мат-лы науч. конф. «Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизм образования». - М: ИГЕМ РАН, 2015. - С. 323-324.

18. Хабибуллаева Г.Р., Дунин-Барковская Э.А., Абдуллаева Е.Г. Формы нахождения и распределение золота и серебра в колчеданно-полиметаллической руде месторождения Чинарсай // Тез. Республ. науч.-техн. конф. «Приоритетные направления геологического изучения недр, гидрогеологических и инженерно-геологических исследований Узбекистана». - Т: ГП «НИИМР», 2011. - С.127-129.

19. Хабибуллаева Г.Р., Дунин-Барковская Э.А. Минералогическо-геохимические особенности золото – сульфидных руд Узбекистана – как научная основа создания модели их поведения в технологическом процессе обогащения и переработки // Мат-лы науч. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений, благородных цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы». – М.: ЦНИГРИ, 2016. – С 108-109.

20. Хабибуллаева Г.Р., Дунин-Барковская Э.А. Акцессорный иоцит и его новая марганцовистая разновидность (Тянь-Шань, Гиссарский и Кураминский хребты) // Геодинамика, магматизм и оруденение Западного Тянь-Шаня: Мат-лы науч. конф., посвящ. 80-летию акаде. Т.Н. Далимова. - Т.: ГП «НИИМР», 2016. - Кн. 1. - С. 190-192.

21. Хабибуллаева Г.Р. Сравнительная минералогия золото-сульфидно-мышьяковистых руд некоторых участков Кокпатасского рудного поля как основа разработки технологии обогащения // Тез.докл. конф. «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистана». - Т.: ГП «НИИМР», 2016. - С. 106-109.

22. Хабибуллаева Г.Р., Дунин-Барковская Э.А. Генетические особенности золото-сульфидно-мышьяковистого оруденения Кокпатасского рудного поля (Западный Узбекистан) // Мат-лы науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении». - Т.: ИГиГ, 2017. - С. 208-213.

23. Хабибуллаева Г.Р., Дунин-Барковская Э.А. Минералогическо-технологические критерии прогнозной оценки обогатимости золото-сульфидной руды // Мат-лы науч.-техн. конф. «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан». - Т.: ГП «ИМР», 2018. - С. 415-417.