

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/04.06.2021.Т.06.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР УНИВЕРСИТЕТИ

БАБАЕВ ШАРОФЖОН РАХМАТЖОНОВИЧ

**ЕР ОСТИДА ТАНЛАБ ЭРИТМАГА ЎТКАЗИШДА ҚОЛДИҚ
УРАН КОНИДАН ОЛТИННИ АЖРАТИБ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва қурилиш)

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

Навоий – 2022

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

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

**Contend of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
of technical sciences**

Бабаев Шарофжон Рахматжонович

Er ostida tanlab eritмага ўtkazişda қолдиқ уран қонидан олтинни
ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....3

Бабаев Шарофжон Рахматжонович

Разработка технологии извлечения золота из отработанных
месторождений урана подземным выщелачиванием.....21

Babaev Sharofjon Rakhmatjonovich

Development of a technology for extracting gold from spent uranium
deposits by underground leaching39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....42

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/04.06.2021.Т.06.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР УНИВЕРСИТЕТИ

БАБАЕВ ШАРОФЖОН РАХМАТЖОНОВИЧ

**ЕР ОСТИДА ТАНЛАБ ЭРИТМАГА ЎТКАЗИШДА ҚОЛДИҚ
УРАН КОНИДАН ОЛТИННИ АЖРАТИБ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва қурилиш)

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

Навоий – 2022

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №В2022.1.PhD/Т1546 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университетидида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Аликулов Шухрат Шаропович
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Ўринов Шерали Рауфович
техника фанлари доктори, доцент

Шарафутдинов Улуғбек Зиятович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

**Миллий тадқиқот технологик университети
«МИСиС»нинг Олмалиқ шаҳридаги филиали**

Диссертация ҳимояси 17/04.06.2021.Т.06.02 рақамли илмий кенгашнинг 2022 йил 27 май соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Маҳмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университетининг мажлислар зали.Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: info@uz, nsmi@gmail.com).

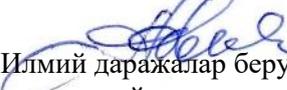
Диссертация билан Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (90 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Маҳмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com.

Диссертация автореферати 2022 йил 14 май куни тарқатилди
(2022 йил 14 майдаги 45 рақамли реестр баённомаси).




И.Т.Мислибаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор


Ш.Ш.Зайров
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор


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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда иқтисодий ривожлантириш самарадорлигини ошириш ҳисобига илмий-техник тараққиётни жадаллаштириш, ижтимоий-иқтисодий ўсишнинг асосий вазифаларидан бири ҳисобланади, чунки кон-металлургия саноатида янги, технологик ва илғор ишлаб чиқариш цикллари сифатли ўзлаштириш содир бўлмоқда. Рангли ва нодир металлларни қазиб олишда конлардан ер остида танлаб эритмага ўтказиш (ЕОТЭЎ) усули камдан кам қўлланилади. ЕОТЭЎда олтинни эритиш учун заҳарли реагентлардан фойдаланиш, унинг кенг қўлланилмаслиги учун асосий омил саналади, чунки улар атроф-муҳитни ҳамда ер ости сизот сувларини жуда ифлослантиради. Натижада рудали массани ер юзасига қазиб олмасдан ишлов беришни олиб бориш имконини берувчи янги ёндашишларни излаш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда рангли ва нодир металлларнинг конларини ўрганиш ва таҳлил қилиш, қолдиқ конлардан металллар қазиб олишнинг экологик тоза ва тежамли технологиясини ишлаб чиқиш, конлардан олтинни қазиб олиш учун ЕОТЭЎ усулини қўллаш имкониятини таҳлил қилиш ҳамда олтин-уран конларининг ўзига хос геологик-генетик хусусиятлари ва қолдиқ уранли кудуқларининг асосий тавсифларини тадқиқ қилиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, ураннын қолдиқ конларидан ЕОТЭЎ усули билан рангли ва нодир металлларни ажратиб олишнинг илмий-техник асосларини ишлаб чиқиш, йирик конлардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш ва узоқ муддатларга хизмат қиладиган корхоналарни барпо қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда кон-металлургия соҳаси корхоналарини модернизация қилиш ва ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш, минерал ресурслардан юқори даражада фойдали компонентларни ажратиб олиш, йўлдош элементларни ажратиб олиш ва комплекс қайта ишлаш, фойдали технологияларни яратиш, чиқиндиларни қайта ишлаш даражасини ошириш ва одатдаги усуллардан ЕОТЭЎ усулига ўтиш йўли билан олтин конларини ўзлаштиришнинг истиқболли йўналишларини аниқлаш бўйича илғор илмий асосланган чоратадбирларни жорий қилиб, қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Қарорида¹ «ишлатилаётган ураннын табиий конларидан ҳамда нодир ва ноёб металллардан фойдаланиш, қазиб олиш ва қайта ишлаш, уранны ва нодир металлларни қайта ишлашнинг техноген чиқиндиларини фойдаланишга тиклаш, зарарсизлантириш, консервациялаш бўйича ва уларни белгиланган чегаралар ташқарисида тарқалмаслигини таъминлаш ва техноген чиқиндиларни қайта ишлашнинг инновацион технологияларини ишлаб чиқиш ва тадбиқ этиш бўйича илмий-тадқиқот ишларини олиб бориш» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда рангли ва нодир металлларни қазиб олиш

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 6 мартдаги ПҚ-4629-сон «Навоий кон-металлургия комбинати» давлат корхонасини ислох қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори.

усулларини ишлаб чиқиш учун имкониятли ресурсларни излаб топиш ва баҳолаш ҳамда ЕОТЭЎ усули билан ураннинг қолдиқ конларидан олтин ажратиш олиш технологиясини ишлаб чиқишга қаратилган тадқиқотлар катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги, 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «2015-2019 йилларда мўлжалланган, ишлаб чиқаришни структуравий қайта тузиш, диверсификациялашни таъминлаш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида»ги Фармонлари ва 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия соҳаси корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2021 йил 24 июндаги ПҚ-5159-сон «Кон-металлургия соҳаси корхоналарини иш фаолиятини такомиллаштиришнинг қўшимча чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика илм-фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур тадқиқот иши VII. Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ер остида танлаб эритмага ўтказиш усулида фойдали қазилма конларини қазиб олиш назарияси ва амалиёти асослари равнақиға Фазлуллин М.И., Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Калабин А.И., Лобанов Д.П., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Санакулов К.С., Толстов Е.А., Хасанов А.С., Саттаров Г.С., Хчеян Г.Х., Язиков В.Г., Рахимов В.Р., Хамрабаев И.Х., Ахмедов Н.А., Прохоренко Г.А., Alfoldi L., Anderson J.S., Matis K.A., Ritchie M.J., Salter J.D., Wyatt N.P., Yannopoulos J.C., Young Zaporozec S.P., Kundler A.P. ва шу каби бошқа олимлар катта ҳисса қўшган. Улар томонидан ЕОТЭЎ усулида фойдали қазилмаларни қазиб олишнинг илмий-техник асосларини ишлаб чиқиш, чуқур жойлашган конлардан металларни қудуқли ЕОТЭЎнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш, қимматбаҳо металларни қудуқли ЕОТЭЎнинг технологик ўлчамларини мақбуллаштириш, геотехнологик қудуқлар тармоғини вужудга келтиришда уранни ЕОТЭЎнинг гидродинамик тартиби ўлчамларини такомиллаштириш бўйича кўзга кўринарли натижалар олинди.

ЕОТЭЎ соҳасида кўп сонли тадқиқотлар бажарилганлиғига қарамасдан, ураннинг қолдиқ конларидан олтинни ажратиш олишнинг илмий-техник асосларининг етарлича эмаслиғи аниқланган ҳамда ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнларини жадаллаштириш йўли билан ер қаъридан металларни тўлиқ қазиб олиш учун ЕОТЭЎ бошқарув механизми муаммоси ҳал қилинмаган. Шу боис, ураннинг қолдиқ конларидан олтинни ажратиш олишда ЕОТЭЎ усулини қўллаш, кон-металлургия саноати фани ва амалиёти учун муҳим аҳамиятга эга бўлган истиқболли йўналишлардан бири ҳисобланади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти илмий-тадқиқот режасининг БА-А-13-015-2017 – «Маҳаллий реагентларни қўллаган ҳолда, ЕОТЭЎ технологик режимини ишлаб чиқиш» ва 1-2018 – «Ўтказувчанлиги суст бўлган руда горизонтга эга уранли гидроген конларни қайта ишлаб чиқиш технологиясини яратиш» мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ер остида танлаб эритмага ўтказиш усули билан уран қолдиқ конларидан олтин ажратиб олишнинг кам захарли ва иқтисодий самарали технологияни ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

олтинни ЕОТЭЎ усулининг ҳозирги вақтдаги ҳолатини таҳлил қилиш ҳамда Марказий Қизилқумнинг олтин-уранли, турли хил минераллар тўпламини, геологик-генетик хусусиятларини тадқиқ қилиш;

уран қолдиқ конларидан олтинни ажратиб олиш самарадорлигини аниқлаш имконини берувчи кон-геологик ва гидрогеологик омилларини назарий ўрганиш ва тадқиқ қилиш;

геотехнологиянинг физик-кимёвий омилларини аниқлаш, тўлиқ кимёвий таҳлил орқали рудаларнинг минералогик таркибини ўрганиш, керн намуналарини танлаб эритмага ўтказиш учун самарали эритувчини тадқиқ қилиш ва маҳсулдор эритмалардан олтинни ажратиб олишда сорбентларни синаб кўриш;

олтинни ажратиб олишда геотехнологик кўрсаткичларни тадқиқ қилиш ва лаборатория шароитларида геотехнологик ўлчамларини аниқлаш;

ЕОТЭЎ усули билан уран қолдиқ конларидан олтинни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва саноатда синаб кўриш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Навоий кон-металлургия комбинатининг уран қолдиқ Суғрали кони танланган.

Тадқиқотнинг предмети уран қолдиқ конидан ЕОТЭЎда олтинни ажратиб олиш технологияси ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида олтин ажратиб олишнинг таҳлилий, график таҳлилий ва статистик усулларида, стендли ва лаборатория тажрибаларидан, рудаларнинг донадорлик таҳлилидан, кимёвий, спектрал ва рентгенофлуоресцентли таҳлиллардан, тажрибавий ва асбобсозлик усулларида ҳамда лаборатория ва тажриба-саноат синовлар натижаларига математик ишлов бериш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

сув тўсиқли қатламларда мавжуд бўлган, сувли қумли-шағалли жинслар ва уран қумларидан 0,55 г/т гача олтинни ажратиб олишнинг фойдалилиги аниқланган;

олтинни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг сифат ўлчамлари ва геотехнологик параметрларини аниқлаш имконини берувчи қолдиқ уран қудуқларидаги руда намуналаридан олтинни ажратиб олиш кимёвий таҳлиллар услуби ишлаб чиқилган;

олтинни энг юқори 96% гача ажратиб олишга эришиш ва ишлаб чиқариш самарадорлигини 40% гача ошириш имконини берувчи ер остида танлаб эритмага ўтказиш билан ураннынг қолдиқ конларидан олтинни ажратиб олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган;

қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олиш учун реагентларнинг мақбул концентрацияси аниқланиб, танлаб эритмага ўтказишнинг push-pull технологик тартиби ва эритувчилардан фойдаланган ҳолда, қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

олтиннинг ва бошқа қимматбаҳо компонентларнинг танлаб эритмага ўтказиш учун энг мақбул саналган натрий гипохлорит ва тиомочевина билан ўзаро таъсир механизми ишлаб чиқилган;

0,55 мг/л концентрацияли олтиндан ташқари мос равишда, 0,88 мг/л ва 0,58 мг/л рух ва диспрозийни танлаб эритмага ўтказиш имконини берувчи қолдиқ уранли қудуққа ишчи эритмани ҳайдаб киритишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган;

96% гача олтин, 92% гача уран, 74% гача рух ва 78% гача диспрозий ажратиб олиш имконини берувчи ураннынг қолдиқ конларидан олтинни ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижаларининг мос келиши билан, лаборатория ва саноат тажрибаларининг катта ҳажми билан, ишдаги асосий ғоянинг қониқарли даражада ўхшашлиги ва миқдорий тасдиқланганлиги билан, олтиннинг ва бошқа фойдали компонентларнинг эритувчилар билан ўзаро таъсири механизмини аниқлашдаги муҳим ижобий натижалар билан ҳамда лаборатория ва саноат синовларининг ижобий расмий далолатномалари билан исботланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ЕОТЭЎ усули билан қолдиқ уран конларидан олтинни ажратиб олишнинг илмий-техникавий асосларини ишлаб чиқиш ҳамда юмшоқ тоғ жинсларидан металлларни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг назарий тадқиқотларини ўтказиш билан, кернли намуналардан олтинни ажратиб олишда геотехнологик кўрсаткичларни тадқиқ қилиш билан ва олтиннинг ҳамда бошқа қимматбаҳо компонентларнинг энг мақбул эритувчилар билан ўзаро таъсирини аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, ишчи эритмани қолдиқ уран қудуғига ҳайдашнинг технологик схемасини ва уран қазиб олиш таннархини 40% га камайтириш имконини берувчи, қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш билан тавсифланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қолдиқ уран конларидан олтинни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар асосида:

ишчи эритмани қолдиқ уран қудуғига ҳайдашнинг технологик схемаси Навоий кон-металлургия комбинатининг 5-сон кон бошқармасида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 30

сентябрдаги 02-06-07/9557-сон маълумотномаси). Натижада, 0,55 мг/л концентрацияли олтин, 0,88 мг/л концентрацияли рух ва 0,58 мг/л концентрацияли диспрозийни танлаб эритмага ўтказиш имконини берган;

уран қолдиқ конларидан олтинни ажратиб олиш технологияси Навоий кон-металлургия комбинатининг 5-кон бошқармасида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 30 сентябрдаги 02-06-07/9557-сон маълумотномаси). Натижада, 96% гача олтин, 92% гача уран, 74% гача рух, 78% гача диспрозий ажратиб олиш ва уран қазиб олиш таннархини 40% гача камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотларнинг натижалари 2 та республика ва 2 та халқаро илмий-амалий анжуманларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 10 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан 3 та республика ва 1 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ҳамда иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 109 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида олиб борилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этилиши бўйича тавсиялар, эълон қилинган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

«Олтинни ер остида танлаб эритмага ўтказишни ривожлантиришнинг замонавий ҳолати таҳлили» деб номланган биринчи бобда, олтинни ЕОТЭЎ усулини ривожлантиришнинг асосий жиҳатлари ҳолати ўрганилган, экологик тоза технология сифатида ер ости қудуқли геотехнология ҳақида маълумотлар берилган, дунёнинг металл конларида металлларни ЕОТЭЎ қўлланилиши тажрибаси келтирилган, Ўзбекистон Республикасидаги сочма конларда олтинни ЕОТЭЎ қўллаш имкониятлари таҳлили ўтказилган ҳамда Марказий Қизилқумнинг геологик-генетик олтин-уранли, турли хил минераллар тўплами хусусиятлари тадқиқ қилинган.

Мавжуд маълумотларни назарий таҳлил қилиш ва Ўзбекистон Республикасининг олтин захиралари тўпланган конларини ўрганиш натижасида, қолдиқ уран конларидан ҳам олтин ажратиб олиш самарали ва экологик хавфсиз бўлиши мумкинлиги аниқланди. Бунинг учун ЕОТЭЎ усулидан фойдаланиш ва қазиб олишнинг ҳозирги замонавий усулларида балансдан ташқари саналган чуқур жойлашган қолдиқ уран конларини қазиб

олишга жалб этиш лозим. Маҳсулдор эритмаларга ўтадиган юпқа ва майда олтинни ажратиб олиш ҳисобига, уран саноатининг иқтисодий самарадорлиги жиддий ошиши мумкин. Тадқиқотдан олинган натижалар ураннынг қазиб олинадиган асосий маҳсулоти таннархини камайтириш учун асос бўлиб хизмат қилиши мумкин.

Диссертациянинг «**Юмшоқ ғовақдор тоғ жинсларидан металлларни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг назарий тадқиқотлари**» деб номланган иккинчи бобида Суғрали кони қолдиқ уран қудуқларининг асосий тавсифлари тадқиқ қилинган ва юмшоқ жинслардан олтинни ажратиб олиш учун геотехнологик кўрсаткичларни аниқлаш усуллари кўриб чиқилган.

Керн намуналарининг минералогик ва модда таркибини аниқлаш учун қуйидаги усуллардан фойдаланилган:

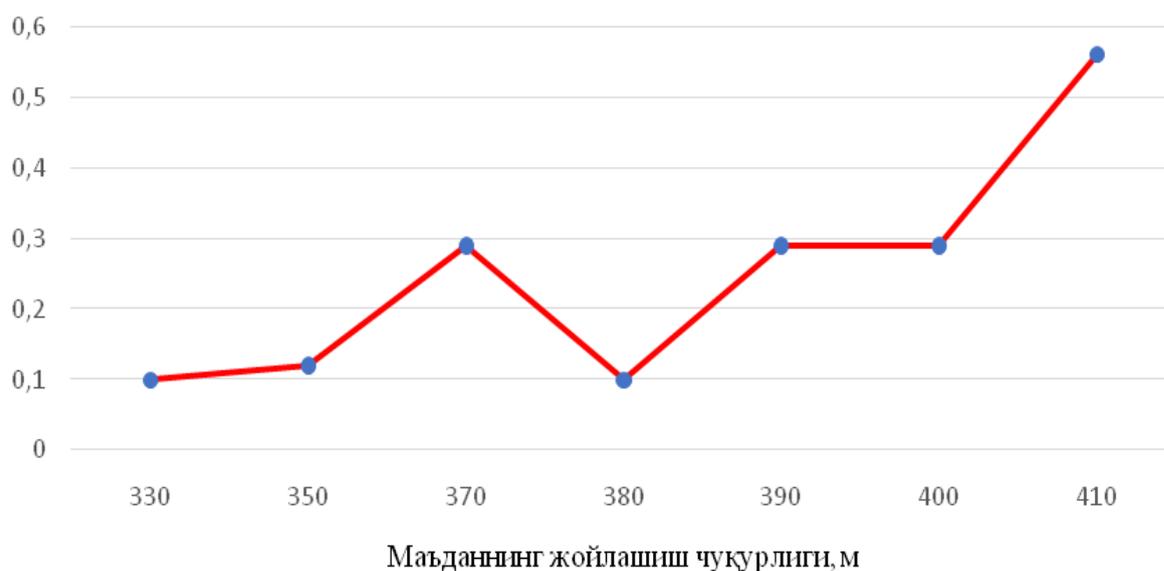
- руданинг тўлиқ кимёвий таҳлили;
- керн намуналарининг рентгенофлуоресцент таҳлили;
- йирикликнинг турли синфлари бўйича маъданнинг донадорлик таҳлили;
- керн намуналарининг минералогик таҳлили;
- олтин ва КЕМ (камёб ер металлларининг) лаборатория тадқиқотларидан сўнг, эритмаларнинг кимёвий таҳлили.

Филтрлаш колонкасида олтиннинг эритмага ўтказиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди, бунда эритмалар синаб кўрилди ва рН муҳит, Au, U ва бошқа қимматбаҳо компонентлар таҳлил қилинди. Тадқиқотлар ЕОТЭУ турли тартибларида ўтказилди.

Ўтказилган тажриба натижасида сувли, қум-шағалли жинсларда ва уранли қумларда 0,55 г/т гача олтин ажратиб олишнинг самарадорлиги аниқланди.

Диссертациянинг «**Керн намуналаридан олтин ажратиб олишда геотехнологик кўрсаткичларни тадқиқ этиш**» деб номланган учинчи бобда, олтин ажратиб олишнинг самарадорлигини белгиловчи физик-геологик омиллар ва рентгенофлуоресцент таҳлили усули билан руданинг кимёвий таркиби текширилди, Fei Quanta 3d 200 i (EDXS) сканерловчи электрон микроскопда энерго-дисперсияли таҳлил усули билан керн намуналарининг элементли таркибининг хусусиятлари аниқланди, йиғма кернли намуналарнинг олтинга пробирли таҳлили ўтказилди, қолдиқ уран қудуқларидан ЕОТЭУ усули билан олтин ажратиб олишда танлаб эритмага ўтказувчи эритма таркиби танланди, лаборатория шароитларида маҳсулдор эритмадан олтин ажратиб олиш тадқиқ қилинди ва ЕОТЭУ гидродинамик жараёнини стенда синаб кўриш тадқиқотлари ўтказилди.

Рентгенофлуоресцентли таҳлил бериллийдан урангача бўлган элементларни аниқлаш имконини берувчи замонавий спектроскопик таҳлил усулларидан бири сифатида танланди. Қолдиқ уран қудуғининг турли чуқурликларида олтиннинг микдорий таркиби натижалари 1-расмда кўрсатилган.



1-расм. Керн намуналарининг олтинга кимёвий таҳлил натижалари

1-жадвалда кудуқ оралиқларининг руда устидаги, рудадаги ва руда остидаги керн намуналаридан олтиннинг миқдорий таркиби таҳлили натижалари берилган.

2-расмда ноёб ва рангли металллар бўйича кернлар кимёвий таҳлили натижалари келтирилган. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, қолдиқ уран кудуқларида олтиндан ташқари 17,0 г/т церий, 7,2 г/т лантан, 2,2 г/т самарий, 75,9 г/т рубидий ва 45, 8 г/т хром мавжуддир.

Керн материали намуналарининг кимёвий таркиби шунингдек уларда алюминий, углерод, олтингугурт, кумуш, мышьяк ва кўрғошин мавжудлигини кўрсатди.

3-расмда рентгенофлуоресцент усул билан текширилган алоҳида янчилган намуналар берилган, бунга мувофиқ, намуналарда ноёб металллардан ташқари, олтин ва бошқа қимматбаҳо компонентлар мавжудлиги аниқланган.

1-жадвал

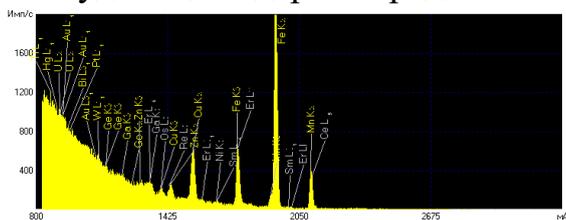
Керн намуналарининг олтинга кимёвий таҳлили натижалари

Намуна рақами	Рақами (кернни танлаш жойи)	Au, г/т
1	1026 (руда устида)	<0,10
2	1038 (руда устида)	<0,29
3	1007 (рудада)	<0,10
4	1026 (рудада)	<0,12
5	1042 (руда остида)	<0,29
6	1049 (руда остида)	<0,56
Жойлашув чуқурлиги - 330-410 м		

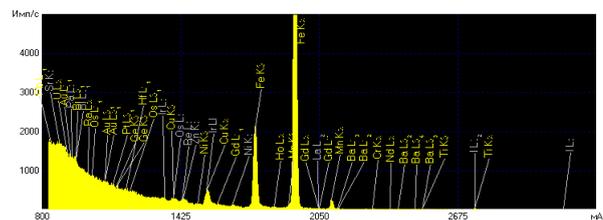


2-расм. Қолдиқ уран қудуқларидаги рудали намуналарнинг кимёвий таҳлиллари натижалари

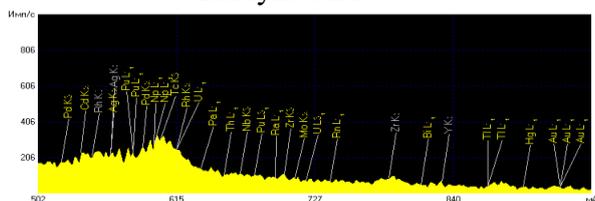
3-расмдан кўришиб турибдики, 800 дан 2050 нм гача оралиқда парчаланиш спектрида уран (U), темир (Fe), мис (Cu), марганец (Mn), рух (Zn) асосий чўққиларининг яққол тебранишлари намоён бўлади. Парчаланиш спектрида осмий (Os), рений (Re), неодим (Nd), актиний (Ac), скандий (Sc), цезий (Ce) каби ноёб металлларнинг тебранишлари ҳам мавжуд, шунингдек, симобнинг (Hg) спектрал чизиқлари ҳам мавжуд бўлади ва олтиннинг (Au) микдорий тебранишлари кузатилади. Симоб (Hg) ўз навбатида церий (Ce) ва висмут (Bi) билан амальгамация реакциясида олтин билан бирикмалар ҳосил қилади. Олтин ва симоб рефлексларининг яққол спектрларда борлиги, олтиннинг мавжудлигидан дарак беради.



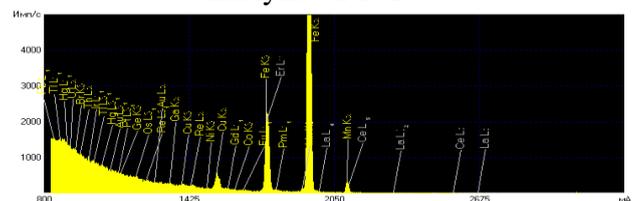
Намуна № 1007



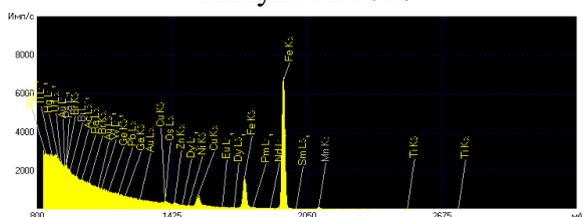
Намуна № 1026



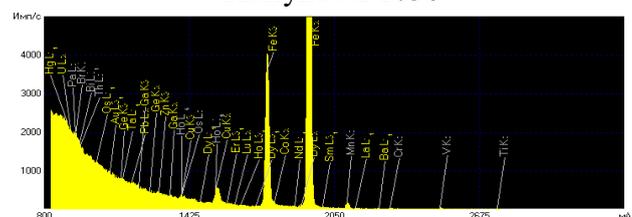
Намуна № 1026



Намуна № 1038



Намуна № 1042



Намуна № 1049

3-расм. Рентгенофлуоресцент усул билан текширилган керн намуналари таҳлили натижалари

Керн намуналарининг кимёвий таҳлилини ўтказишда электрон-дисперсион таҳлилли (ЭДА) сканерловчи микроскопдан фойдаланиш билан маҳаллий элемент таркибини тадқиқ қилиш бажарилди. Керн намуналари сканерловчи электрон микроскопия (СЭМ) ёрдамида таҳлил қилинди.

Рентгенофлуоресцентли таҳлилда керн намуналарида олтиннинг (Au <0,10–0,56 г/т), хромнинг (Cr<45,8 г/т), селеннинг (Se<3г/т), церийнинг (Ce < 17г/т) ва бошқа металлларнинг кам миқдорли натижалари олинганлиги боис, керн намуналарини пробирли таҳлил қилиш билан қўшимча тадқиқотлар ўтказилди. Керн намуналарининг барча кимёвий таҳлиллари НКМКнинг Марказий илмий тадқиқот лабораториясида (МИТЛ) амалга оширилди.

Лаборатория шароитларида қолдиқ уран қудуқларидан олтин ажратиб олишда танлаб эритмага ўтказувчи эритманинг энг самарали таркибини танлаш учун қуйидаги энг мақбул эритмалар синаб кўрилди:

- 1) I (йод);
- 2) $H_2SO_4+NaClO$ (сульфат кислотанинг натрий гипохлорид билан аралашмаси);
- 3) $NaClO$ (натрий гипохлорид);
- 4) $CS(NH_2)_2$ (тиомочевина).

Тажрибаларда руда устидаги, рудали ва руда остидаги даражали қолдиқ уран қудуғидаги кернлардан олинган намуналардан фойдаланилди. 2-жадвалда реагентларнинг ҳар хил турларидан фойдаланиш билан қолдиқ уран қудуғидан олинган керн намуналаридаги олтинни танлаб эритмага ўтказиш таҳлили натижалари келтирилган. Тадқиқот натижалари барча қўлланилган эритувчилар олтинни (Au) танлаб эритмага ўтказишга қодирлигини кўрсатди.

2-жадвал

Қолдиқ уран қудуғидан олинган керн намуналаридаги олтинни танлаб эритмага ўтказиш таҳлили натижалари

Керн рақами	Эритувчи эритмага ўтказувчи эритма концентрацияси, г/л	Эритувчининг номи ва маҳсулот миқдори	Тажриба натижалари бўйича қиймат	Изоҳ
1	2	3	4	5
$I_2pH=9,00$; оксидлаш-тиклаш потенциали (О.Т.П) = 762 мВ.				
1007	4	Олтин концентрацияси, мг/л	178;180;184	Руданинг устки намунаси $\epsilon=92\%$
1026	4	Олтин концентрацияси, мг/л	18.1;18.2;18.4	Рудадаги намуна $\epsilon= 92\%$
1049	4	Олтин концентрацияси, мг/л	498;505;515	Руданинг остки намунаси $\epsilon=92\%$
$NaClOpH=3,00$ О.Т.П. = 1164,1 мВ.				
1007	4	Олтин концентрацияси, мг/л	165;176;180	Руданинг устки намунаси $\epsilon=90\%$
1026	4	Олтин концентрацияси, мг/л	17.1;17.7;18	Рудадаги намуна $\epsilon= 90 \%$
1049	4	Олтин концентрацияси, мг/л	495;505;515	Руданинг остки намунаси $\epsilon= 90 \%$

1	2	3	4	5
		NaClO+ кислотали эритма H ₂ SO ₄ pH=3,00	О.Т.П. = 1150,8мВ.	
1007	4	Олтин концентрацияси, мг/л	178;186;192	Руданинг устки намунаси ε= 96 %
1026	4	Олтин концентрацияси, мг/л	18.1;18.6;19.2	Рудадаги намуна ε= 96%
1049	4	Олтин концентрацияси, мг/л	518;525;537	Руданинг остки намунаси ε= 96 %
		2CS (NH ₂) ₂ pH=3,5	О.Т.П. = 500 мВ.	
1007	4	Олтин концентрацияси, мг/л	176;188;194	Руданинг устки намунаси ε= 97 %
1026	4	Олтин концентрацияси, мг/л	18,1;18,7;19,4	Рудадаги намуна ε= 97 %
1049	4	Олтин концентрацияси, мг/л	527;538;543	Руданинг остки намунаси ε= 97 %

Тадқиқот натижалари, натрий гипохлоридни сульфат кислотаси билан бирга ва тиомочевина қўллашда олтиннинг юқори даражада ажралишини кўрсатди, бу мос равишда 537 мг/л ва 543 мг/л ни ташкил этди.

Лаборатория шароитларида ФГ-3, ФГ-95, ФГ-5 маркали фаоллаштирилган кўмирлардан фойдаланиш билан маҳсулдор эритмадан олтинни сорбциялаш бўйича тадқиқотлар олиб борилди (3-жадвал). Сорбцион колоннада қайта ишлаш давомийлиги 20 соатни, қайта ишланган эритма ҳажми эса 6 литрни ташкил этди. ФГ-3 маркали фаоллаштирилган кўмир маҳсулдор эритмадан олтинни ажратиш олиш учун энг мақбул сорбент ҳисобланиши аниқланди.

3-жадвал

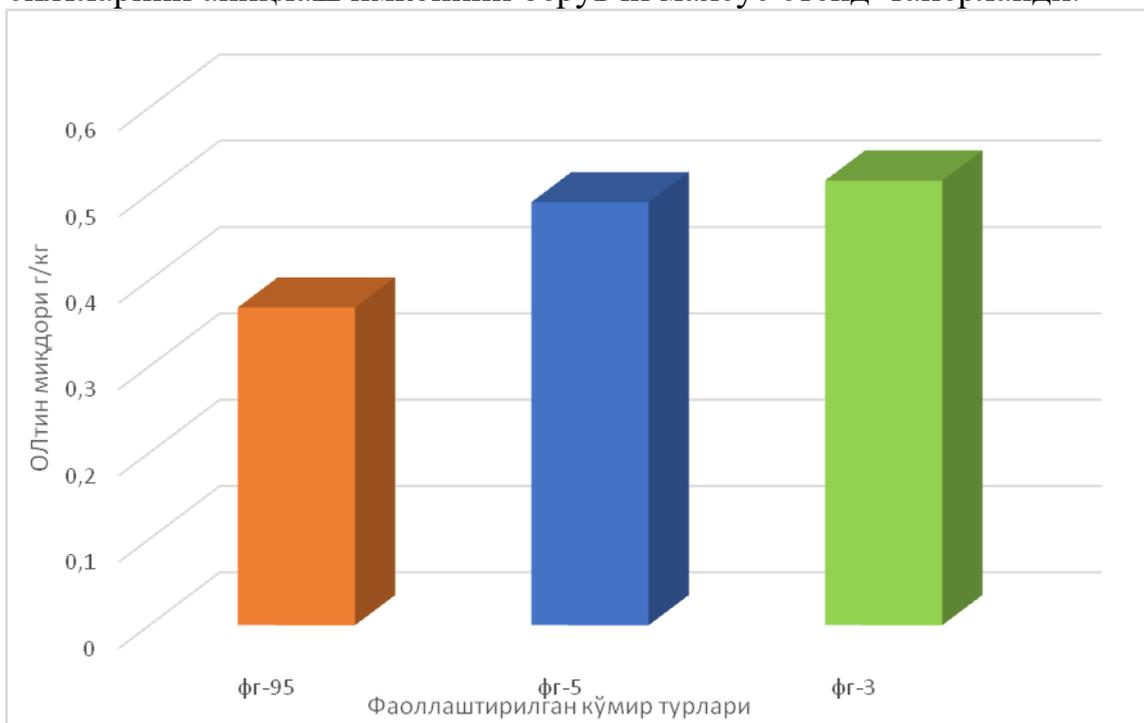
Турли маркали фаоллаштирилган кўмирдан фойдаланиш билан самарали (маҳсулдор) эритмадан олтинни сорбциялаш бўйича тадқиқотлар натижалари

Тадқиқ қилинаётган ўлчам	Ўл. бир.	Фаоллаштирилган кўмир турлари		
		ФГ-3	ФГ-95	ФГ-5
Сорбция вақти	соат	20	20	20
Эритмалар ҳажми	л	6	6	6
Маҳсулдор эритмадаги олтиннинг миқдори	мг/л	543	543	543
Тадқиқотдан кейин 3кг массали ФГлардаги олтин миқдори	г/кг	0,515	0,368	0,501

4-расмда турли маркали фаоллаштирилган кўмирлардан фойдаланиб, самарали (маҳсулдор) эритмадан олтин ажратиш олишнинг боғлиқ диаграммаси берилган. Эритмани қайта ишлаш натижалари, сорбциянинг 20 с давомийлигида олтинни энг юқори даражада (515 мг/кг) ажратиш олишга эришилишини, бунда эритмадан олтин ажратиш олиш даражаси 96% ташкил этишини кўрсатди.

Тажриба жараёнида самарали (маҳсулдор) эритма пастдан юқорига 3 кг массали фаоллаштирилган кўмирнинг зич қатлами орқали колоннага берилди.

Жараён гидродинамикаси ўзгаришини кўз билан кузатиш жуда қийин ҳисобланган, жараённи олиб боришнинг ажралмас қисми ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг гидродинамик ўлчамларини назорат қилиш бўлганлиги боис, тадқиқотларда ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг сифат кўрсаткичларини, литология қувватини, режада ва кондаги шаклларни, ҳамда инфилтрлаш оқимини суғориш зонаси билан бирга қудуқларнинг филтрлаш хусусиятларини аниқлаш имконини берувчи махсус стенд тайёрланди.



4-расм. Турли маркали фаоллаштирилган кўмирда олтин миқдорининг қиёсий таҳлили

Шундай қилиб, қолдиқ уран қудуқларидаги рудали намуналарда ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг сифат ўлчамларини, литология қувватини, режада ва кондаги шаклларни, ҳамда инфилтрлаш оқимини суғориш зонаси олтиннинг ва бошқа қимматбаҳо компонентларнинг кимёвий таҳлил усуллари ишлаб чиқилди.

Диссертациянинг «**Ураннынг қолдиқ конларидан олтин ажратиб олишнинг ишлаб чиқилган технологиясини саноатда синаб кўриш ва техник-иқтисодий асослаш**» деб номланган тўртинчи бобида натрий гипохлорид ва тиомочевинадан фойдаланиб, оксидлаш-тиклаш жараёнлари тадқиқ қилинди, ишчи эритмани қолдиқ уран қудуғига ҳайдашнинг технологик схемаси ишлаб чиқилди ва саноатда синаб кўрилди, ураннынг қолдиқ конларидан олтин ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилди ва саноатда синаб кўрилди ва қолдиқ уран конидан олтин ажратиб олишга техник-иқтисодий баҳо берилди.

Олтиннинг конда жойлашуви ўрганилди ва уни қолдиқ уран қудуғидан ажратиб олиш ишлари олиб борилди.

Ўтказилган тадқиқотлар натижасида, қолдиқ уран рудаларидан олтинни ва бошқа қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш мувофиқ ҳисобланиб,

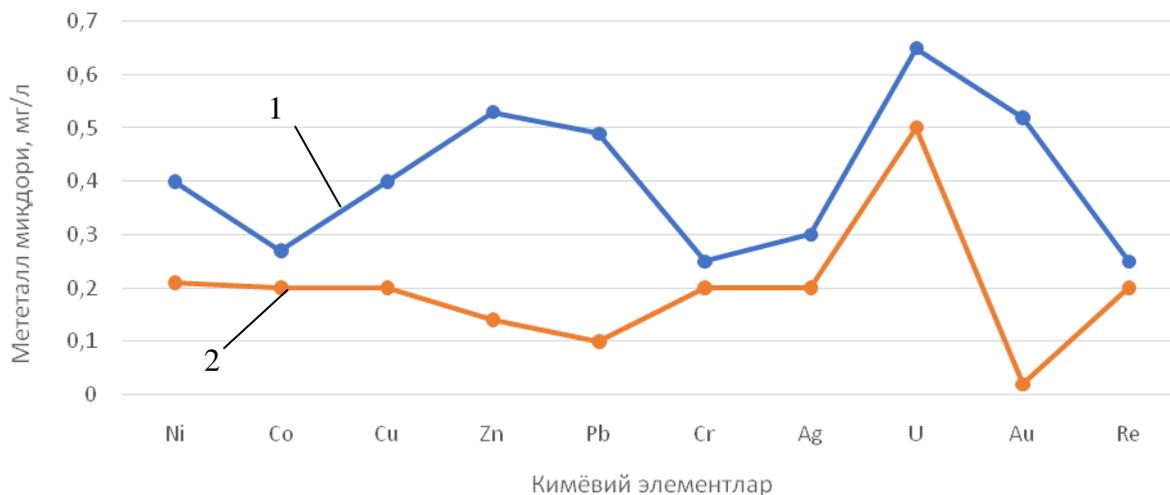
геотехнологияга ҳамда рудалар жойлашувининг геохимёвий ва гидрогеологик шароитларига тегишли бўлган барча талабларга жавоб бериши аниқланди.

Навоий кон-металлургия комбинати, 5-кон бошқармасининг, Суғрали кони шароитларида ер остида танлаб эритиш усули билан қолдиқ уран конларидан олтин ажратиш олиш бўйича мақбул технологик ечимлар ишлаб чиқилди.

ЕОТЭЎ тажриба участкаси 40x40 м тўғри бурчакли конверт схемаси бўйича жойлашган битта сўриб олувчи ва тўртта ҳайдовчи қудуқлардан иборат бўлган ячейкадан иборат. Сўриб олувчи қудуқ тўғри тўрт бурчакнинг марказида, ҳайдовчи қудуқлар эса чўққилари бўйлаб жойлашган.

Тажриба ишлари «пуш-пул» (push-pul) тартибида сўриб олувчи қудуқлардан бирида амалга оширилди. Қудуққа дастлаб эритувчи сифатида 3 кун давомида 4 г/л концентрацияда натрий гипохлорид эритмаси юборилди, сўнгра компрессор ёрдамида сиқилган ҳавони ҳайдаш билан эжекция усулида, қатлам суви атмосфера ҳавоси билан тўйинтирилди. Тажрибадан олдин натрий гипохлорид таркибидаги хлор активлиги 170 г/дм³ ни кўрсатди ва тажриба бориши давомида 121 г/дм³ гача пасайди.

Саноат тажрибаларининг боришида, суюқ намуналарнинг кимёвий таркиби аниқланди ва танлаб эритмага ўтказишдан олдинги ва ундан кейинги таркибнинг миқдорий тавсифлари олинди, натижалари 5-расмда берилган.



1 – синов ишларидан кейин олинган суюқ эритмаларнинг кимёвий таркибини ўрганиш натижалари; 2 – синов ишларидан олдин олинган суюқ эритмаларнинг кимёвий таркибини ўрганиш натижалари

5-расм. Синов ишларидан олдин ва кейин олинган суюқ эритмаларнинг кимёвий таркибининг таҳлил натижалари

Тиомочевина билан тажриба ишлари рудали қатламни олдиндан оксидлаш билан «push-pull» усули билан олиб борилди. Қудуқ ўзлаштирилгандан сўнг компрессор ёрдамида сиқилган ҳавони ҳайдаш амалга оширилиб, сўнг қудуққа 2 соат давомида тиомочевина эритмаси юборилди ва филтърнинг очиқлиги аниқланди. Намуналар рН=6 муҳит бўлганда *Me* миқдорига тиомочевина эритмасини жўнатишгунча намуна олинди.

Тиомочевинанинг керакли миқдорини ҳисоблаш мақсадида, қудуққа реагентни ҳайдаш учун бошланғич тадбирлар бажарилди:

- қудуқнинг қабул қилиши, $Q = 2 \text{ м}^3/\text{соатга}$ тенг деб олинди;
- руданинг очиклик ҳажми, $V_{\text{П}} = 500 \text{ м}^2 \cdot 5 \text{ м} \cdot 0,25 = 625 \text{ м}^3$;
- руданинг очиклик ҳажмини реагент билан тўлдирилиши (20%)

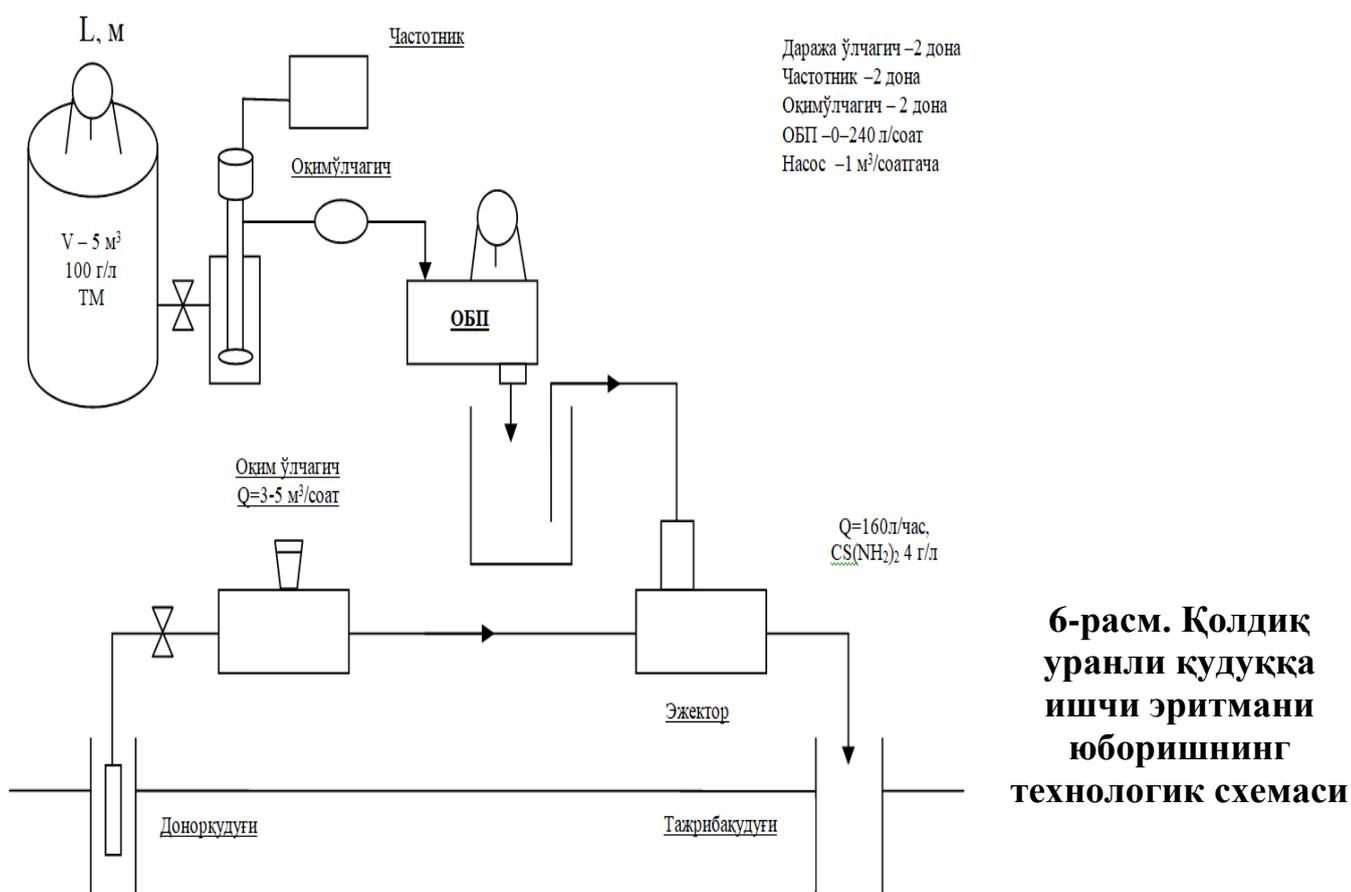
$$V_{\text{P}} = 625 \text{ м}^3 \cdot 0,2 = 125 \text{ м}^3. \quad (1)$$

Шундай қилиб, тадқиқот ишларида 125 м^3 тиомочевинанинг тайёрланган эритмаси қудуқларга ҳайдалди. Қудуқнинг қабул қилиши $2 \text{ м}^3/\text{соат}$ бўлганда, тиомочевинанинг тайёрланган эритмасини ҳайдаш вақти;

$$\tau = 125 \text{ м}^3 : 2 \text{ м}^3/\text{соат} = 62 \text{ соат ёки } 2,5 \text{ суткани ташкил этади.}$$

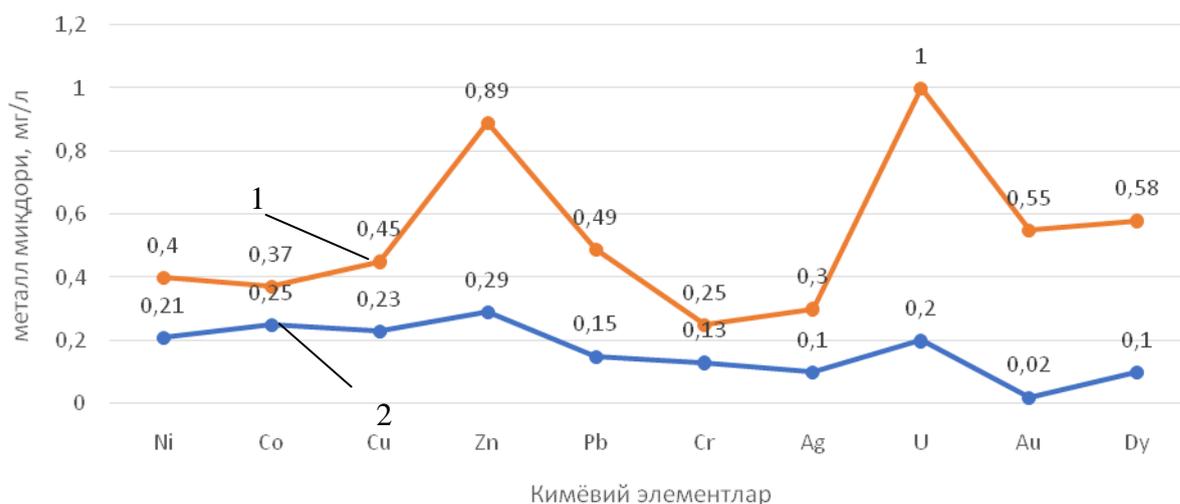
Тиомочевинанинг сарфи: $125 \text{ м}^3 \cdot 4,0 \text{ г/л} \cdot 1000 = 500 \text{ кг}$ ни ташкил этди.

Ишчи эритмани қолдиқ уран қудуғига ҳайдашнинг ишлаб чиқилган тажриба-саноатли технологик схемаси 6-расмда кўрсатилган.

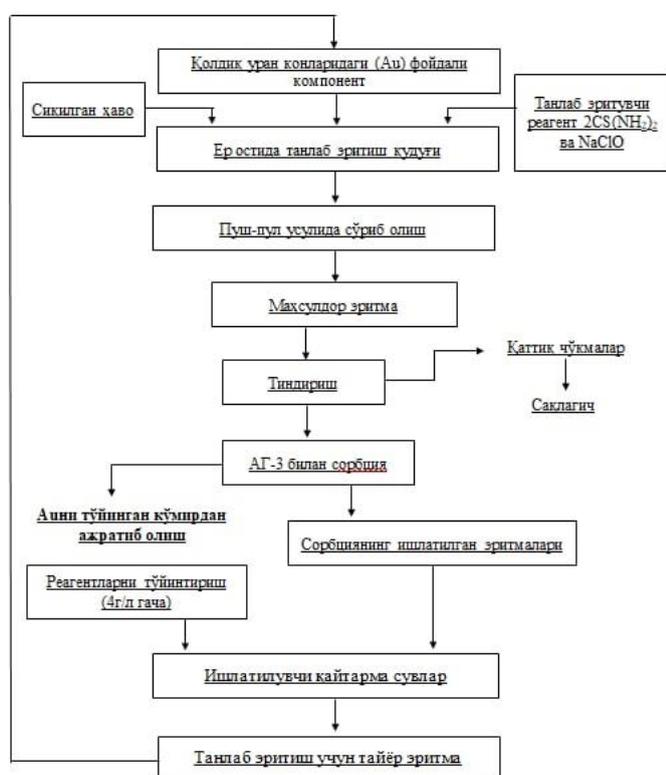


Тиомочевинани танлаб эритмага ўтказиш билан тажриба ишлари ўтказилгандан сўнг сўрувчи қудуқдан олинган эритманинг кимёвий таркиби шунини кўрсатдики, эритмада $0,55 \text{ мг/л}$ миқдорли олтиндан ташқари мос равишда $0,88 \text{ мг/л}$ ва $0,58 \text{ мг/л}$ концентрацияли рух ва диспрозий мавжуддир (7-расм).

Гидрогеологик ишлар комплекси ўтказилди ва қолдиқ уран конларидан олтин ажратиш олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилди (8-расм). Қолдиқ уран конларидан олтин ажратиш олишнинг ишлаб чиқилган технологияси 96% гача олтин, 92% гача уран, 74% гача рух, 78% гача диспрозий ажратиш олиш имконини беради.



1 – тажриба ишлари ўтказилгандан сўнг суюқ намуналар таркиби;
 2 – тажриба ишлари ўтказилгунича суюқ намуналар таркиби
7 - расм. Тажриба ишлари ўтказилгунича ва ўтказилгандан сўнгги суюқ намуналарнинг кимёвий таркибини аниқлаш натижалари



8-расм. Қолдиқ уранли конларидан олтинни ер остида тахлаб эритмага ўтказишнинг технологик схемаси

Шундай қилиб, қолдиқ уран кудуғига ишчи эритмани ҳайдашнинг ишлаб чиқилган ва амалиётга жорий этилган технологик схемаси 0,55 мг/л концентрацияли олтинни, 0,88 мг/л концентрацияли рухни ва 0,58 мг/л концентрацияли диспрозийни тахлаб эритмага ўтказишни амалга ошириш имконини берди ҳамда қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олишнинг ишлаб чиқилган технологияси 96% гача олтин, 92% гача уран, 74% гача рух, 78% гача диспрозий ажратиб олиш ва уран қазиб олиш таннархини 40% гача камайтириш имконини берди.

ХУЛОСА

«Ер остида танлаб эритмага ўтказишда қолдиқ уран конидан олтинни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилди.

1. Мавжуд маълумотларни назарий таҳлил қилиш ва Ўзбекистон Республикасининг олтин захиралари тўпланган конларини ўрганиш натижасида, қолдиқ уран конларидан ҳам олтин ажратиб олиш фойдали ва экологик хавфсиз бўлиши мумкинлиги аниқланди. Бунинг учун ЕОТЭЎ усулидан фойдаланиш ҳамда қазиб олишнинг ҳозирги замонавий усулларида балансдан ташқари саналган чуқур жойлашган қолдиқ уран конларини қазиб олишга жалб этиш лозим. Маҳсулдор эритмаларга ўтадиган юпқа ва майда олтинни ажратиб олиш ҳисобига, уран саноатининг иқтисодий самарадорлиги жиддий ошириш мумкин. Тадқиқотдан олинган натижалар, қазиб олинаётган асосий маҳсулот – ураннинг таннархини камайтириш учун асос бўлиб хизмат қилиши мумкин.

2. Қолдиқ уран қудуқларини тадқиқ қилиш учун, Навоий кон-металлургия комбинатининг Суғрали кони танланиб, унда руданинг тўлиқ кимёвий таҳлили, керн материалларининг рентгенофлуоресцент таҳлили, йирикликнинг турли синфлари бўйича руданинг донадорлик таҳлили ва эритмаларнинг тўлиқ кимёвий таҳлиллари бажарилди.

3. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида сув тўсиғи қатламларида қисилиб қолган, сувли қум-шағалли ва уранли қумларда 0,55 г/тгача олтин ажратиб олиш фойдалилиги аниқланди.

4. Керн намуналаридан олтин ажратиб олишда геотехнологик кўрсаткичларни текширишларда, қолдиқ уран қудуқларида олтиндан ташқари 17,0 г/т церий, 7,2 г/т лантан, 2,2 г/т самарий, 75,9 г/т рубидий ва 45,8 г/т хром мавжудлигини ҳамда керн намуналарининг кимёвий таркибида алюминий, углерод, олтингургурт, кумуш, мишьяк ва кўрғошин мавжудлиги аниқланди.

5. Қолдиқ уран қудуқларидан олтин ажратиб олишда танлаб эритмага ўтказувчи эритманинг энг самарали таркибини танлаш учун лаборатория шароитида йод, сульфат кислотанинг натрий гипохлорид билан аралашмаси, натрий гипохлорид ва тиомочевина синаб кўрилди. Тажрибаларда руданинг устки, рудадаги ва руда ости даражалардаги қолдиқ уран қудуқларидаги кернлардан олинган намуналар ўрганилди. Тадқиқот натижаларига асосан, барча фойдаланилган эритувчилар олтинни танлаб эритмага ўтказишга қодирлиги аниқланди. Натрий гипохлоридни сульфат кислотаси билан бирга ва тиомочевина қўллашда олтинни энг кўп ажратиб олиш кузатилди, бу мос равишда 537 мг/л ва 543 мг/л ни ташкил этди.

6. Лаборатория шароитларида ФГ-3, ФГ-95, ФГ-5 маркали фаоллаштирилган кўмирлардан фойдаланиш билан маҳсулдор эритмадан олтинни сорбциялаш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. ФГ-3 маркали фаоллаштирилган кўмир маҳсулдор эритмадан олтинни ажратиб олиш учун энг

мақбул сорбентлиги аниқланди. Тадқиқот натижалари, сорбциянинг 20 с давомийлигида олтинни энг юқори даражада (515 мг/кг) ажратиб олишга эришилди, бунда эритмадан олтин ажратиб олиш даражаси 96% ташкил этишини кўрсатди.

7. Ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг сифат кўрсаткичларини, литология қувватини, режада ва кондаги шаклларни, ҳамда инфилтрлаш оқимини суғориш зонаси билан бирга қудуқларнинг филтрлаш хусусиятларини аниқлаш имконини берувчи лабораториястенди ишлаб чиқилди.

8. Навой кон-металлургия комбинати 5-кон бошқармасининг Суғрали кони шароитларида ер остида танлаб эритиш усули билан қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олиш бўйича мақбул технология ишлаб чиқилди.

9. Тиомочевина билан танлаб эритмага ўтказиш саноат тажриба ишлари ўтказилгандан сўнг, сўрувчи қудуқлардан олинган эритманинг кимёвий таркибида 0,55 мг/л олтиндан ташқари мос равишда 0,88 мг/л рух ва 0,58 мг/л диспрозий мавжудлиги аниқланди.

10. Илк бор олтин, рух, диспрозий ва бошқа қимматбаҳо компонентларни танлаб эритмага ўтказиш имконини берувчи, қолдиқ уран қудуқларига ишчи эритмани ҳайдашнинг технологик схемаси ишлаб чиқилди ва амалиётга жорий этилди. Гидрогеологик ишлар комплекси ўтказилди ва қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилди. 11. Қолдиқ уран конларидан олтин ажратиб олиш технологияси ишлаб чиқилди ва амалиётга тадбиқ этилди, натижада 96% гача олтин, 92% гача уран, 74% гача рух, 78% гача диспрозий ажратиб олиш ва уран қазиб олиш таннархини 40% гача камайтириш имконини берди.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 17/04.06.2021.Т.06.02
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОИЙСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

БАБАЕВ ШАРОФЖОН РАХМАТЖОНОВИЧ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА
ИЗ ОТРАБОТАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА
ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ

04.00.10 – Геотехнология (открытая, подземная и строительная)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Навои – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2022.1.PhD/T1546.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

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

Научный руководитель: Аликкулов Шухрат Шаропович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Уринов Шерали Рауфович
доктор технических наук, доцент

Шарафутдинов Улугбек Зиятович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: филиал Национального исследовательского
технологического университета «МИСиС»
в г. Алмалык

Защита диссертации состоится 27 мая 2022 г. в 14⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.17/04.06.2021.T.06.02 (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за №90). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 14 мая 2022 г.

(реестр протокола рассылки №45 от 14 мая 2022 г.).



И.Т.Мислибаев
Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Ш.Ш.Заïров
Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Н.А.Абдуазизов
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире ускорение научно-технического прогресса за счет повышения эффективности развития экономики является одним из главных задач социально-экономического развития, т.к. в горно-металлургической промышленности происходит качественное освоение новых, технологичных и прогрессивных обновленных производственных циклов. При добыче цветных и благородных металлов метод подземного выщелачивания (ПВ) применяется редко. Использование токсичных реагентов для растворения золота при ПВ является основным сдерживающим фактором для широкого его применения, т.к. они сильно загрязняют окружающую среду и подземные грунтовые воды. В результате необходимо внедрить новые подходы, позволяющие вести отработку без извлечения рудной массы на земную поверхность.

На сегодняшний день во всем мире ведутся научные исследования по изучению месторождений цветных и благородных металлов, разработке экологически чистой и экономичной технологии добычи металлов из отработанных месторождений, проводится анализ возможности применения метода ПВ для добычи золота в месторождениях, исследуются геолого-генетические особенности золото-урановых месторождений и основные характеристики отработанных урановых скважин. В связи с этим уделяется особое внимание разработке научно-технических основ извлечения цветных и благородных металлов из отработанных месторождений урана методом ПВ, повышению эффективности использования крупных месторождений и созданию предприятий с большим сроком службы.

В Республике выполнен ряд научно-практических работ по модернизации и увеличению объемов производства предприятий горно-металлургической отрасли, комплексной переработке и попутному выделению из минеральных ресурсов максимального количества полезных компонентов, созданию рентабельных технологий, увеличению степени переработки отходов и выявлению перспективных направлений освоения месторождений золота путем переориентации от традиционных способов к способу ПВ. В Постановлении Президента Республики Узбекистан¹ определены важные задачи по «использованию находящихся в эксплуатации природных месторождений урана, его добыче и переработке, а также благородных и редких металлов, утилизации, обеззараживанию, консервации техногенных отходов переработки урана и редких металлов и обеспечение их нераспространения за пределы установленных границ, организации и проведению научно-исследовательских работ по разработке и внедрению инновационных технологий переработки техногенных отходов». В связи с этим важно выполнить задачи по поиску и оценке потенциала ресурсов для разработки способов извлечения цветных и

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-4629 от 6 марта 2020 г. «О мерах по реформированию Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат».

благородных металлов, а также разработке технологии извлечения золота из отработанных месторождений урана методом ПВ.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-4707 от 4 марта 2015 г. «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства в 2015-2019 гг.» и Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», №ПП-5159 от 24 июня 2021г. «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

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

Степень изученности проблемы. Большой вклад в развитие основ, теории и практики разработки месторождений полезных ископаемых методом ПВ внесли Фазлуллин М.И., Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Калабин А.И., Лобанов Д.П., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Санакулов К.С., Толстов Е.А., Хасанов А.С., Саттаров Г.С., Хчеян Г.Х., Язиков В.Г., Рахимов В.Р., Хамрабаев И.Х., Ахмедов Н.А., Прохоренко Г.А., Alfoldi L., Anderson J.S., Matis K.A., Ritchie M.J., Salter J.D., Wyatt N.P., Yannopoulos J.C., Young Zaporozec C.P., Kundler A.P. и др. Ими получены значительные результаты по разработке научно-технических основ добычи полезных ископаемых методом ПВ, разработке эффективной технологии скважинного ПВ металлов из глубокозалегающих месторождений, оптимизации технологических параметров скважинного ПВ драгоценных металлов, совершенствованию параметров гидродинамического режима ПВ урана при оптимизации сети геотехнологических скважин и др.

Несмотря на многочисленность выполненных исследований в области ПВ, выявлена недостаточность научно-технических основ извлечения золота из отработанных месторождений урана, не решены проблемы механизма управления ПВ для полноты извлечения металлов из недр путем интенсификации процессов подземного выщелачивания. В связи с этим применение метода ПВ при извлечении золота из отработанных месторождений урана является одним из перспективных направлений, имеющее важное значение для науки и практики горно-металлургического производства.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного

института на темы: №БА-А-13-015-2017 – «Разработка технологического режима подземного выщелачивания с применением местных реагентов» и №1-2018 – «Разработка технологии отработки гидrogenных месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта».

Целью исследования является разработка менее токсичной и рентабельной технологии извлечения золота из отработанных месторождений урана методом подземного выщелачивания.

Задачи исследования:

анализ современного состояния ПВ золота и исследование геолого-генетических особенностей золотоурановых парагенезисов Центральных Кызылкумов;

теоретическое исследование и изучение основных горно-геологических и гидрогеологических факторов, позволяющих определить эффективность извлечения золота из отработанных месторождений урана;

определение физико-химических факторов геотехнологии, изучение минералогического состава руд с полным химическим анализом, исследование эффективного растворителя для выщелачивания керновых проб и испытание сорбентов при извлечении золота из продуктивных растворов;

исследование геотехнологических показателей при извлечении золота, выявление и анализ геотехнологических параметров в лабораторных условиях;

разработка и промышленное испытание технологии извлечения золота из отработанных месторождений урана методом ПВ.

Объектом исследования является отработанное урановое месторождение Сугралы Навоийского горно-металлургического комбината.

Предмет исследования – технология извлечения золота при ПВ отработанного уранового месторождения.

Методы исследований. В процессе исследований использованы аналитический, графоаналитический и статистический методы, стендовые и лабораторные эксперименты, гранулометрический анализ, химический, спектральный и рентгенофлуоресцентный анализы руд, экспериментальные и инструментальные методы анализов извлечения золота, а также методы математической обработки результатов лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлена рентабельность извлечения золота в обводненных песчанно-галечных породах и ураноносных песках, зажатых водоупорными слоями, с содержанием до 0,55 г/т;

разработана методика химических анализов по извлечению золота в рудных пробах из отработанных урановых скважин, позволяющая установить качественные параметры и геотехнологические показатели подземного выщелачивания золота;

разработана технологическая схема извлечения золота из отработанных месторождений урана подземным выщелачиванием, позволяющая достичь максимального извлечения золота до 96% и увеличить рентабельность производства до 40%;

определена оптимальная концентрация реагентов для извлечения золота из отработанного уранового месторождения и разработана технологическая схема извлечения золота из урановых руд с использованием технологического режима выщелачивания push-pull и растворителей.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

установлен механизм взаимодействия золота и других ценных компонентов с гипохлоритом натрия и тиомочевинной, являющимися наиболее приемлемыми растворителями для выщелачивания;

разработана технологическая схема закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину, позволяющая выщелачивать кроме золота с концентрацией 0,55 мг/л, также цинк и диспрозий с концентрацией 0,88 мг/л и 0,58 мг/л, соответственно;

разработана технология извлечения золота из отработанных месторождений урана, позволяющая извлечение до 96% золото, до 92% – уран, до 74% – цинк и до 78% диспрозий.

Достоверность результатов исследования доказана совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований, значительным объемом лабораторных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы по разработке технологии извлечения золота из отработанных урановых месторождений, значительными положительными результатами при установлении механизма взаимодействия золота и других ценных компонентов с растворителями, а также положительными актами лабораторных и промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается разработкой научно-технических основ извлечения золота из отработанных месторождений урана методом ПВ, проведении теоретических исследований подземного выщелачивания металлов из рыхлых горных пород, исследовании геотехнологических показателей при извлечении золота из керновых проб и установлении механизма взаимодействия золота и других ценных компонентов с наиболее приемлемыми растворителями.

Практическая значимость результатов исследования характеризуется разработкой технологической схемы закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину и технологии извлечения золота из отработанных урановых месторождений, позволяющих снизить себестоимость добычи урана на 40%.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных исследований по разработке технологии извлечения золота из отработанных урановых месторождений:

технологическая схема закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину внедрена в Рудоуправлении №5 Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/9557 от 30.09.2021 г.). В результате произведено выщелачивание золота с концентрацией 0,55 мг/л, цинка – 0,88 мг/л и диспрозия – 0,58 мг/л;

технология извлечения золота из отработанных месторождений урана внедрена в Рудоуправлении №5 Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/9557 от 30.09.2021 г.). В результате извлечены до 96% золота, до 92% урана, до 74% цинка, до 78% диспрозия и снижена себестоимость добычи урана до 40%.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования проведена на 2 республиканских и 2 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 10 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 4 статей, в том числе 3 из которых в республиканских и 1 в зарубежном журналах.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 109 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе «**Анализ современного состояния развития подземного выщелачивания золота**» изучено состояние и основные аспекты развития ПВ золота, даны сведения о подземной скважинной геотехнологии как экологически чистой технологии, приведен опыт применения ПВ металлов в месторождениях мира, проведен анализ возможности применения ПВ золота в месторождениях Республики Узбекистан и исследована геолого-генетические особенности золото-урановых парагенезисов Центральных Кызылкумов.

В результате теоретического анализа литературных данных и изучения месторождений Республики Узбекистан, в которых сосредоточены запасы золота, установлено, что извлечение золота может быть рентабельным и экологически безопасным, в том числе из отработанных урановых месторождений. Для этого необходимо использовать метод ПВ и вовлекать в отработку глубокозалегающие отработанные урановые месторождения, которые при современных методах разработки считаются забалансовыми. За счет извлечения тонкого и мелкого золота, переходящего в продуктивные растворы, может быть существенно увеличена экономическая эффективность

уранового производства. Полученные результаты исследований могут служить основой для снижения себестоимости добываемого основного продукта - урана.

Во второй главе диссертации «**Теоретические исследования подземного выщелачивания металлов из рыхлых горных пород**» исследованы основные характеристики отработанных урановых скважин месторождения Сугралы и рассмотрены методы определения геотехнологических показателей для извлечения золота из рыхлых пород.

Для определения минералогического и вещественного состава kernового материала использованы следующие методы:

- полный химический анализ руды;
- рентгенофлуоресцентный анализ kernового материала;
- гранулометрический анализ руды по различным классам крупности;
- минералогический анализ kernового материала;
- химический анализ растворов после лабораторных исследований на золото РЗЭ (редко-земельных элементов).

Проведены исследования по выщелачиванию золота в фильтрационной колонне, в ходе которых опробовались растворы и анализировались рН, Au, U и другие ценные компоненты. Исследования проводились при различных режимах выщелачивания.

В результате проведенных исследований установлена рентабельность извлечения золота в обводненных песчанно-галечных породах и ураноносных песках, зажатых водоупорными слоями, с содержанием до 0,55 г/т.

В третьей главе диссертации «**Исследование геотехнологических показателей при извлечении золота из kernовых проб**», исследованы физико-геологические факторы, определяющие эффективность извлечения золота и химический состав руды методом рентгенофлуоресцентного анализа, выявлены характеристики элементного состава kernовых проб методом энергодисперсионного анализа на сканирующем электронном микроскопе Fei Quanta 3d 200 i (EDXS), проведен пробирный анализ сборных kernовых проб на золото, выбран состав выщелачивающего раствора при извлечении золота методом ПВ из отработанных урановых скважин, исследовано извлечение золота из продуктивного раствора в лабораторных условиях и проведены стендовые испытания гидродинамического процесса ПВ.

Рентгенофлуоресцентный анализ, выбран как один из современных спектроскопических методов, позволяющий определить различные элементы от бериллия до урана. Результаты количественного содержания золота при различных глубинах отработанной урановой скважины представлены на рис. 1.

В табл. 1 приведены результаты анализа количественного содержания золота из проб kernа надрудного, рудного и подрудного интервалов скважин.

На рис. 2 приведены результаты химического анализа kernов по редким и цветным металлам. Исследования показали, что в отработанных урановых скважинах помимо золота присутствуют церий с содержанием 17,0 г/т, лантан – 7,2 г/т, самарий – 2,2 г/т, рубидий – 75,9 г/т и хром – 45,8 г/т.

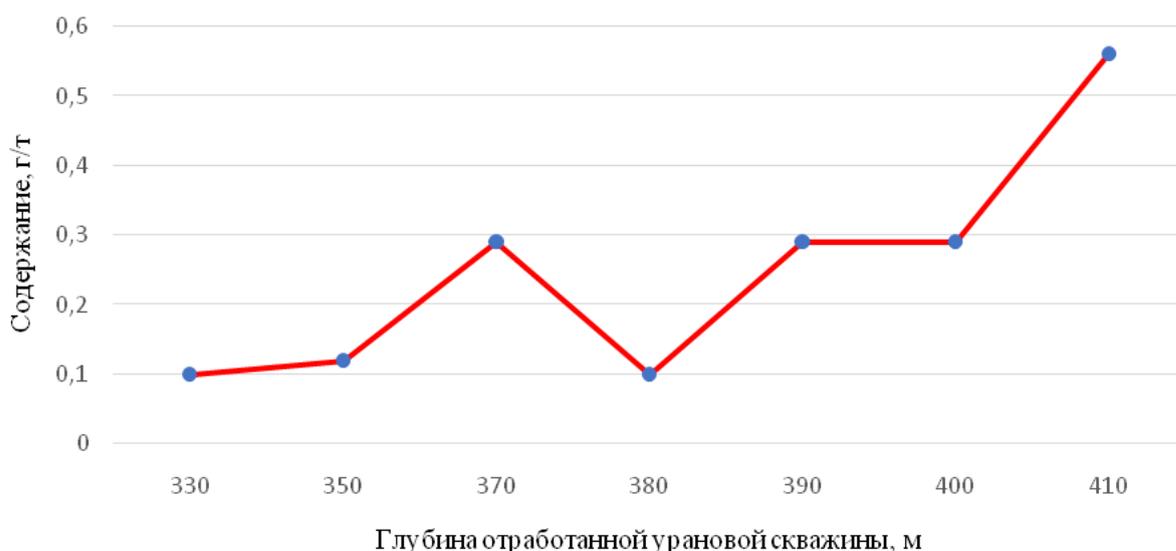


Рис. 1. Результаты химического анализа керновых проб на золото

Таблица 1

Результаты химического анализа керновых проб на золото

№ пробы	Номер (место отбора керна)	Au, г/т
1	1026 (над рудой)	<0,10
2	1038 (над рудой)	<0,29
3	1007 (в руде)	<0,10
4	1026 (в руде)	<0,12
5	1042 (под рудой)	<0,29
6	1049 (под рудой)	<0,56

Глубина залегания – 330-410 м



Рис. 2. Результаты химических анализов рудных проб из отработанных урановых скважин

Также химический состав проб kernового материала показал содержание в них алюминия, углерода, серы, серебра, мышьяка и свинца.

На рис. 3 представлены образцы отдельных измельченных проб, исследованных рентгенофлуоресцентным методом, согласно которому вместе с редкими металлами в пробах также отмечены проявления золота и других ценных компонентов.

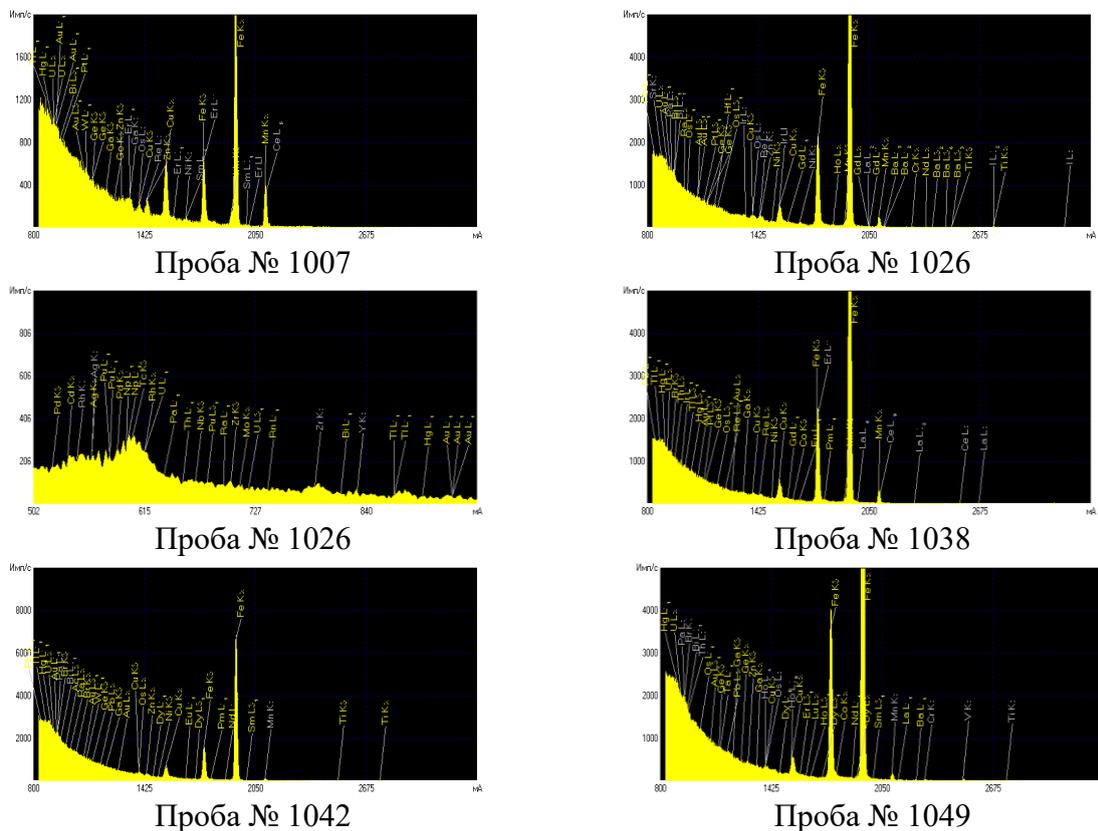


Рис. 3. Результаты анализов kernовых проб, исследованных рентгенофлуоресцентным методом

Из рис. 3 видно, что в диапазоне от 800 до 2050 нм в спектре разложения проявляются выраженные колебания основных пиков урана (U), железа (Fe), меди (Cu), марганца (Mn) и цинка (Zn). В спектре разложения имеются колебания таких редких металлов, как осмий (Os), рений (Re), неодим (Nd), актиний (Ac), скандий (Sc), цезий (Cs), также присутствуют спектральные линии ртути (Hg) и наблюдаются количественные колебания золота (Au). Ртуть (Hg), в свою очередь, образует соединения с золотом при реакции амальгамации с церием (Ce), висмутом (Bi) и др. Наличие рефлексов золота и выраженных спектров ртути говорит о вероятном присутствии золота.

При проведении химического анализа проб kernов выполнены исследования локального элементного состава с использованием сканирующего микроскопа с электронно-дисперсионным анализом (ЭДА). Образцы проб kernов были подвергнуты анализу посредством сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Так как при рентгенофлуоресцентном анализе были получены результаты с малыми содержаниями в керновых пробах золота ($Au < 0,10-0,56$ г/т), хрома ($Cr < 45,8$ г/т), селена ($Se < 3$ г/т), церия ($Ce < 17$ г/т) и других металлов, дополнительно проведены исследования путем пробирного анализа керновых проб. Все химические анализы керновых проб исследованы в Центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) Навоийского горно-металлургического комбината.

Для выбора наиболее эффективного состава выщелачивающего раствора при извлечении золота из отработанных урановых скважин в лабораторных условиях были опробованы следующие наиболее приемлемые растворы:

- 1) I (йод);
- 2) $H_2SO_4 + NaClO$ (смесь серной кислоты с гипохлоритом натрия);
- 3) $NaClO$ (гипохлорит натрия);
- 4) $CS(NH_2)_2$ (тиомочевина).

В экспериментах использованы пробы из кернов из отработанной урановой скважины надрудной, рудной и подрудной уровней. В табл. 2 приведены результаты анализа выщелачивания золота из проб кернов, полученных с отработанной урановой скважины, с использованием различных типов реагентов. Результаты исследований показали, что все использованные растворители способны выщелачивать золото (Au).

Результаты исследований показали, что при использовании гипохлорита натрия с серной кислотой и тиомочевины наблюдается наилучшее извлечение золота, которое составило 537 мг/л и 543 мг/л, соответственно.

В лабораторных условиях проведены исследования по сорбированию золота из продуктивного раствора с использованием активированного угля марок АГ-3, АГ-95 и АГ-5 (табл. 3). Продолжительность переработки в сорбционной колонне составила 20 ч, а объём переработанного раствора – 6 л. Установлено, что для извлечения золота из продуктивного раствора наиболее приемлемым сорбентом является активированный уголь марки АГ-3.

На рис. 4 представлена диаграмма сравнительного анализа содержания золота в различных типах активированного угля. Результаты переработки раствора показали, что наилучшее извлечение золота (515 мг/кг) достигается при продолжительности сорбции 20 ч, при этом степень извлечения золота из раствора составляет 96%.

В процессе сорбции продуктивный раствор подавался снизу вверх в напорную колонну через плотный слой активированного угля массой 3 кг.

Так как контроль гидродинамических параметров подземного выщелачивания является неотъемлемой частью ведения процесса, сложностью которого является невозможность визуального наблюдения за изменением гидродинамики процесса, то в исследованиях был изготовлен специальный стенд, позволяющий определить качественные параметры подземного выщелачивания, мощность литологии, формы в плане и разрезе, а также фильтрационные свойства скважин вместе с зонами орошения инфильтрационного потока.

Таблица 2

Результаты анализа выщелачивания золота из проб кернов,
полученных с отработанной урановой скважины

Номер керна	Концентрация выщелачива- ющего раствора, г/л	Наименование растворителей и количество продукции	Фактическое по результатам испытаний	Примечание
I ₂ pH=9,00; окислительно-восстановительный потенциал (ОВП)=762 мВ				
1007	4	Концентрация золота, мг/л	178;180;184	Надрудная пробаε=92%
1026		Концентрация золота, мг/л	18,1; 18,2; 18,4	Рудная пробаε=92%
1049		Концентрация золота, мг/л	498; 505; 515	Подрудная пробаε=92%
NaClOpH=3,00; ОВП=1164,1 мВ				
1007	4	Концентрация золота, мг/л	165; 176;180	Надрудная пробаε=90%
1026		Концентрация золота, мг/л	17,1; 17,7; 18	Рудная пробаε=90%
1049		Концентрация золота, мг/л	495;505;515	Подрудная пробаε=90%
NaClO+ кислотный раствор H ₂ SO _{4(к)} ; pH=3,00; ОВП=1150,8				
1007	4	Концентрация золота, мг/л	178;186;192	Надрудная пробаε=96%
1026		Концентрация золота, мг/л	18,1; 18,6; 19,2	Рудная пробаε=96%
1049		Концентрация золота, мг/л	518;525;537	Подрудная пробаε=96%
2CS (NH ₂) ₂ pH=3,5; ОВП=500 мВ				
1007	4	Кнцентрация золота, мг/л	176;188;194	Надрудная пробаε=97%
1026		Концентрация золота, мг/л	18,1; 18,7; 19,4	Рудная пробаε=97%
1049		Концентрация золота, мг/л	527;538;543	Подрудная пробаε=97%

Таблица 3

Результаты исследований по сорбированию золота из продуктивного
раствора с использованием активированного угля различных марок

Измеряемый параметр	Ед. изм.	Типы активированного угля		
		АГ-3	АГ-95	АГ-5
Время сорбции	ч	20	20	20
Объем растворов	л	6	6	6
Содержание золота в продуктивном растворе	мг/л	543	543	543
Содержание золота в АГ после экспериментов(3 кг)	г/кг	0,515	0,368	0,501

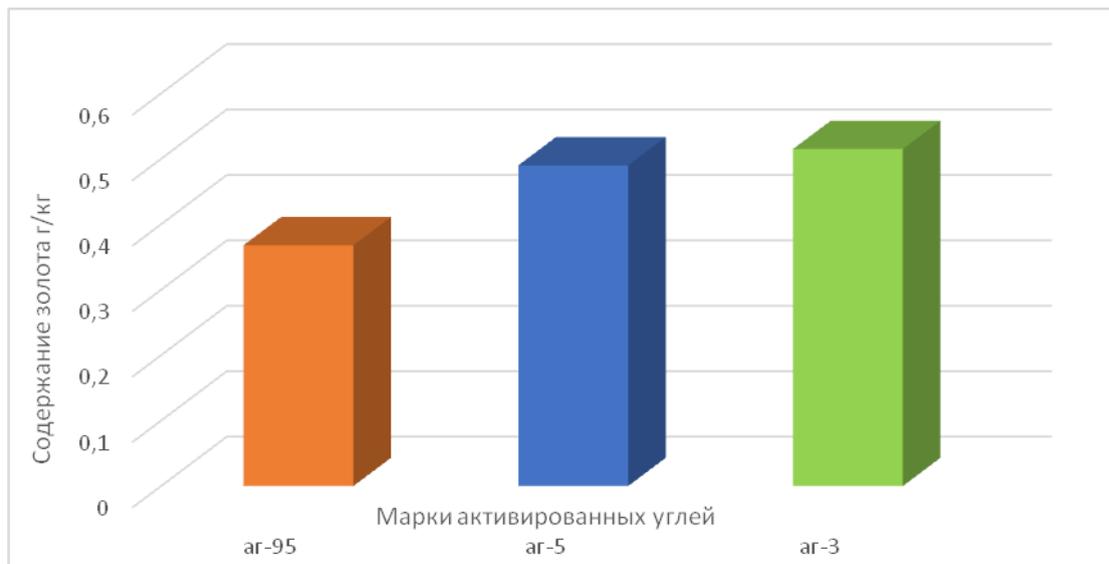


Рис. 4. Сравнительный анализ содержания золота в различных типах активированного угля

Таким образом, разработана методика химических анализов золота и других ценных компонентов в рудных пробах из отработанных урановых скважин, позволившая установить качественные параметры подземного выщелачивания золота, мощность литологии, формы в плане и разрезе, а также фильтрационные свойства скважин вместе с зонами орошения инфильтрационного потока.

В четвёртой главе диссертации **«Промышленное испытание и технико-экономическое обоснование разработанной технологии извлечения золота из отработанных месторождений урана»** исследованы окислительно-восстановительные процессы при использовании гипохлорита натрия и тиомочевины, разработана и промышленно испытана технологическая схема закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину, разработана и промышленно испытана технология извлечения золота из отработанных месторождений урана и дана технико-экономическая оценка извлечения золота из отработанной урановой скважины.

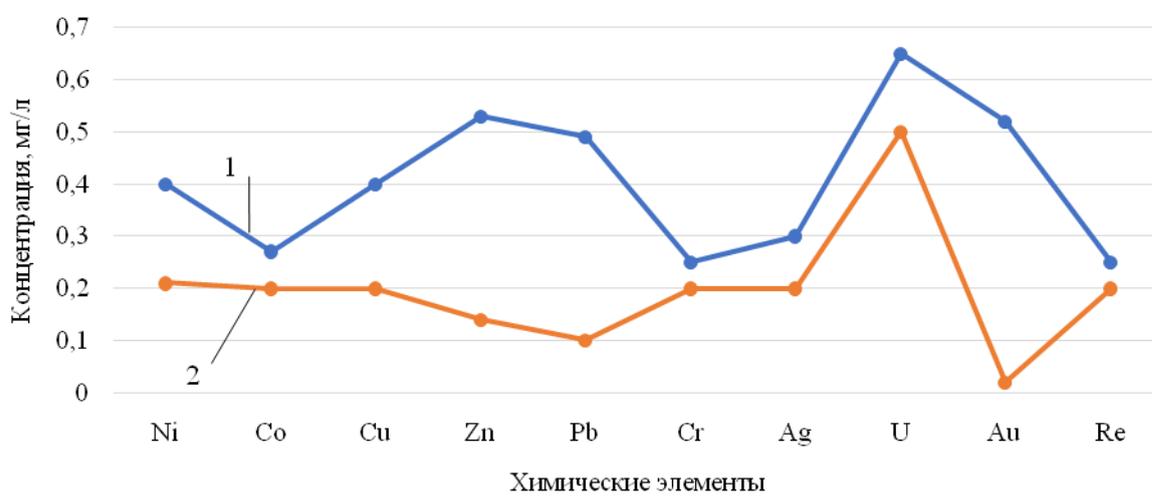
Изучено залегание золота и проведено его извлечение из отработанной урановой скважины.

В результате проведенных исследований установлено, что извлечение золота и других ценных компонентов из отработанных урановых руд является благоприятным и отвечает всем требованиям, касающимся геотехнологии, а также геохимических и гидрогеологических условий залегания руд.

Разработаны оптимальные технологические решения по извлечению золота из отработанных месторождений урана методом подземного выщелачивания в условиях месторождения Сугралы, Рудоуправления-5, Навоийского горно-металлургического комбината.

Опытный участок ПВ был представлен ячейкой, состоящей из одной откачной и четырех закачных скважин, размещенных по прямоугольной конвертной схеме 40x40 м. Откачная скважина располагалась в центре прямоугольника, а закачные – по вершинам.

Опытные работы проведены на одной из откачных скважин в режиме «пуш-пул» (push-pull). В скважину в качестве растворителя первоначально в течение 3 дней закачивался раствор гипохлорита натрия при концентрации 4 г/л, затем атмосферным воздухом насыщалась пластовая вода эжекционным способом, путем нагнетания сжатого воздуха компрессором. Измерение активности хлора в составе гипохлорита натрия показали, что при поступлении он составлял около 170 г/дм³, а в ходе экспериментов постепенно снизился до 121 г/дм³. В ходе промышленных испытаний определен химический состав жидких проб и получены количественные характеристики состава до и после выщелачивания, результаты которых представлены на рис. 5.



- 1 – состав жидких проб после проведения опытных работ;
 2 – состав жидких проб до проведения опытных работ

Рис. 5. Результаты определения химического состава жидких проб до и после проведения опытных работ

Опытные работы с тиомочевинной проводились методом «push-pull» (пассивный режим) с предварительным окислением рудного пласта. После освоения скважины также произведено нагнетание сжатого воздуха при помощи компрессора. После был прокачан в скважину раствор тиомочевины в течение 2 ч и определена открытость фильтра. Образцы пробы были отобраны при прокачке до подачи раствора тиомочевины на содержание Me при pH=6.

Для закачки в скважину выполнены предварительные мероприятия по расчёту необходимого количества тиомочевины:

- приёмности скважины, принятой равной, $Q = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- объёму порового пространства, $V_{\text{П}} = 500 \text{ м}^2 \cdot 5 \text{ м} \cdot 0,25 = 625 \text{ м}^3$;
- объёму заполнения порового пространства выщелачивающим раствором (20%)

$$V_{\text{P}} = 625 \text{ м}^3 \cdot 0,2 = 125 \text{ м}^3. \quad (1)$$

Таким образом, в опытных работах в скважину было закачено 125 м³ выщелачивающего раствора тиомочевины. Время закачки выщелачивающего раствора ТМ при приёмности скважины 2 м³/ч составил,

$$\tau = 125 \text{ м}^3 : 2 \text{ м}^3/\text{ч} = 62 \text{ ч или } 2,5 \text{ сут.}$$

Расход тиомочевины составил: $125 \text{ м}^3 \cdot 4,0 \text{ г/л} \cdot 1000 = 500 \text{ кг}$.

Разработанная опытно-промышленная технологическая схема закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину приведена на рис. 6.

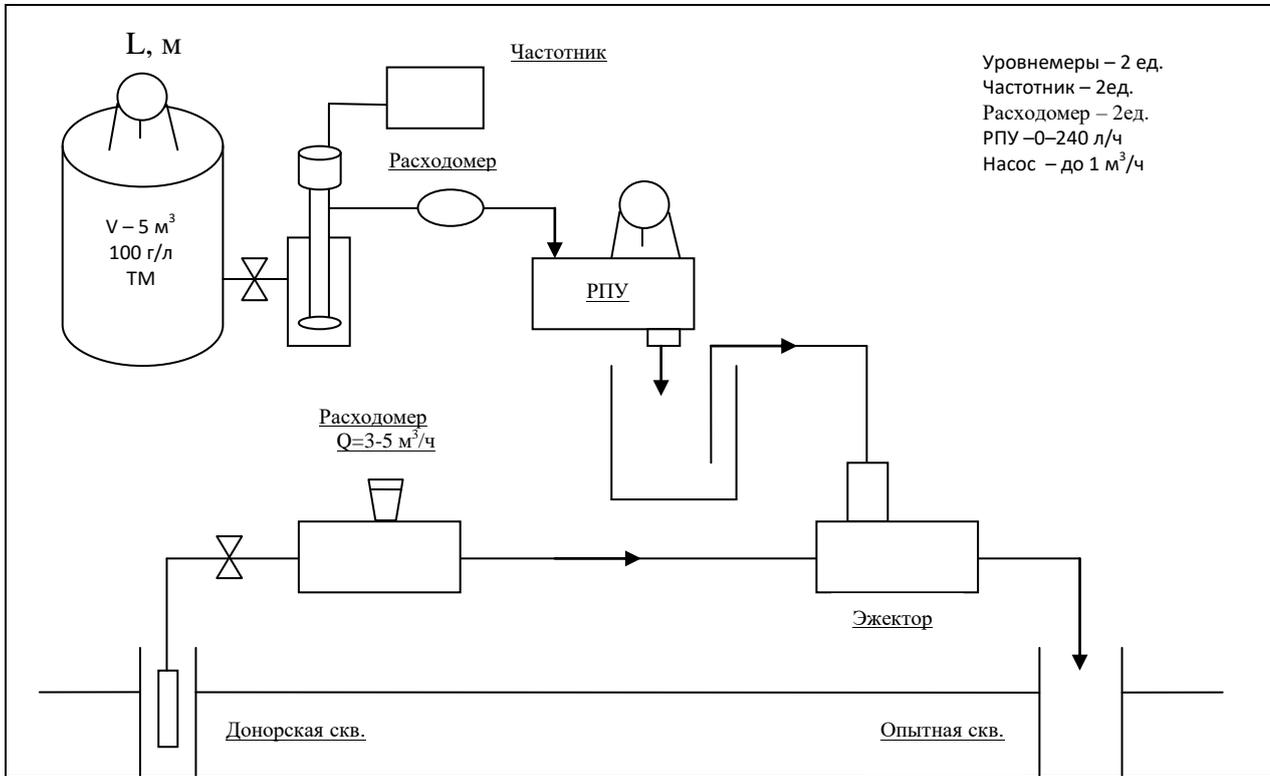
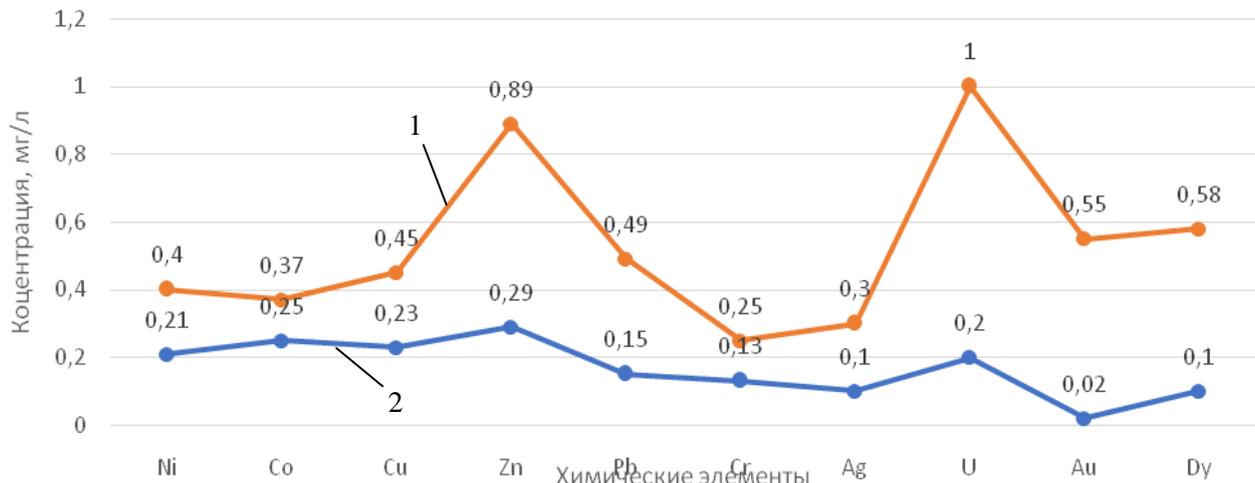


Рис. 6. Технологическая схема закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину



1 – состав жидких проб после проведения опытных работ;
2 – состав жидких проб до проведения опытных работ

Рис. 7. Результаты определения химического состава жидких проб до и после проведения опытных работ

Химический состав раствора, полученного из откачной скважины до и после проведения опытных работ с выщелачиванием тиомочевинной, показал,

что в растворе кроме золота с содержанием 0,55 мг/л содержатся также цинк и диспрозий с концентрацией 0,88 мг/л и 0,58 мг/л, соответственно.

Проведен комплекс гидрогеологических работ и разработана технологическая схема извлечения золота из отработанных урановых месторождений (рис. 8). Разработанная технология извлечения золота из отработанных месторождений урана позволяет извлечь до 96% золота, до 92% – урана, до 74% – цинка и до 78% диспрозия (рис. 7).

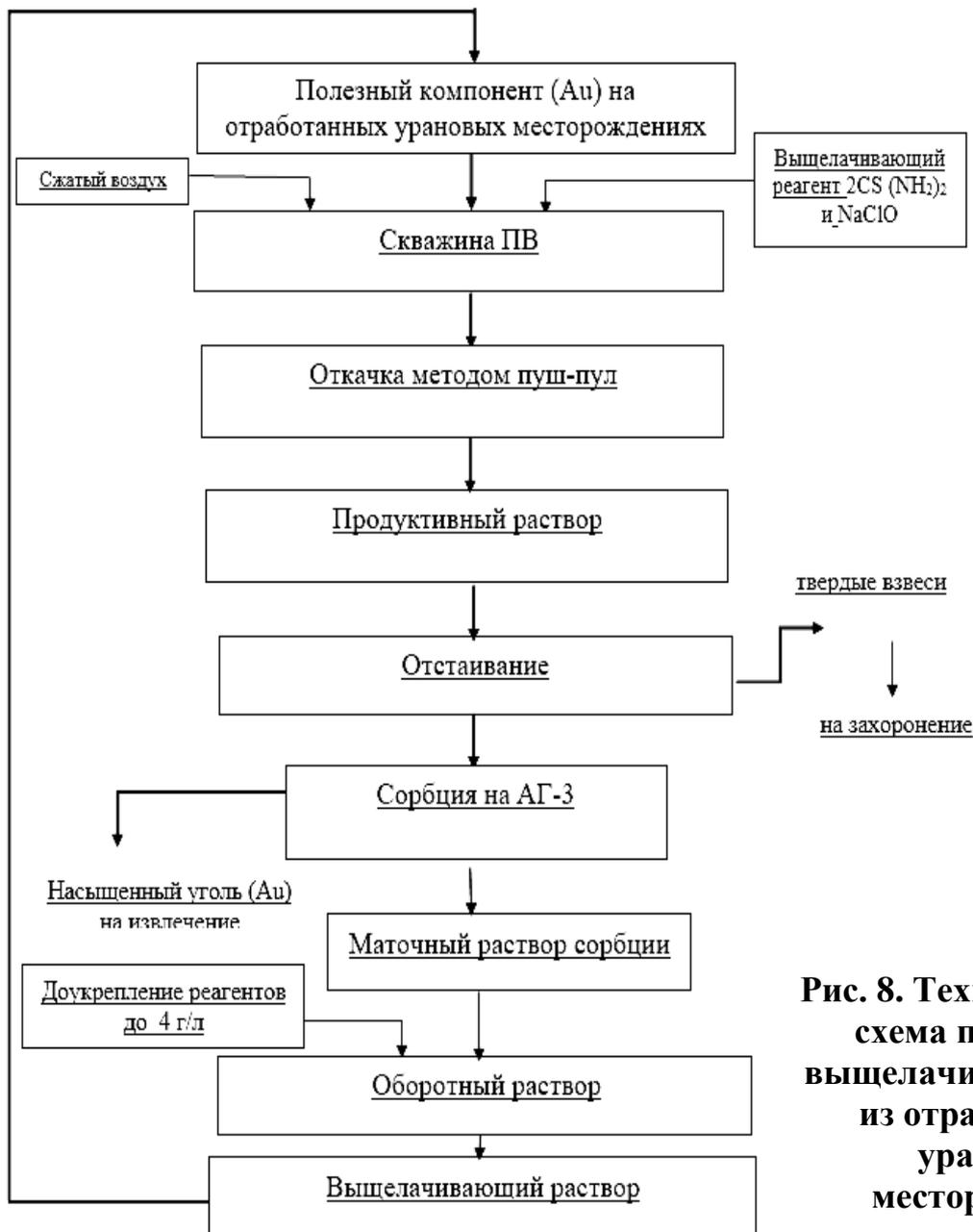


Рис. 8. Технологическая схема подземного выщелачивания золота из отработанных урановых месторождений

Таким образом, разработанная и практически внедренная технологическая схема закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину позволила произвести выщелачивание золота с концентрацией 0,55 мг/л, цинка – 0,88 мг/л и диспрозия – 0,58 мг/л, а технология извлечения золота из отработанных месторождений урана обеспечила извлечение до 96% золота, до 92% – урана, до 74% – цинка, до 78% диспрозия и снизить себестоимость добычи урана до 40%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Разработка технологии извлечения золота из отработанных месторождений урана подземным выщелачиванием» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость.

1. В результате теоретического анализа литературных данных и изучения месторождений Республики Узбекистан, в которых сосредоточены запасы золота, установлено, что извлечение золота может быть рентабельным и экологически безопасным, в том числе из отработанных урановых месторождений. Для этого необходимо использовать метод ПВ и вовлекать в отработку глубокозалегающие отработанные урановые месторождения, запасы которых при современных методах разработки считаются забалансовыми. За счет извлечения тонкого и мелкого золота, переходящего в продуктивные растворы, может быть существенно увеличена экономическая эффективность уранового производства. Полученные результаты исследований могут служить основой для снижения себестоимости добываемого основного продукта - урана.

2. Для исследований отработанных урановых скважин выбрано месторождение Сугралы Навоийского горно-металлургического комбината, в котором проведены полный химический анализ руды, рентгенофлуоресцентный анализ кернового материала, гранулометрический анализ руды по различным классам крупности и полный химический анализ растворов.

3. В результате проведенных исследований установлена рентабельность извлечения золота в обводненных песчанно-галечных породах и ураноносных песках, зажатых водоупорными слоями, с содержанием до 0,55 г/т.

4. Проведено исследование геотехнологических показателей при извлечении золота из керновых проб. Исследования показали, что в отработанных урановых скважинах помимо золота присутствуют церий с содержанием 17,0 г/т, лантан – 7,2 г/т, самарий – 2,2 г/т, рубидий – 75,9 г/т и хром – 45,8 г/т. Также химический состав проб кернового материала показал содержание в них алюминия, углерода, серы, серебра, мышьяка и свинца.

5. Для выбора наиболее эффективного состава выщелачивающего раствора при извлечении золота из отработанных урановых скважин в лабораторных условиях были опробованы йод, смесь серной кислоты с гипохлоритом натрия, гипохлорит натрия и тиомочевина. В экспериментах изучены пробы из кернов отработанной урановой скважины надрудной, рудной и подрудной уровней. В результате исследований установлено, что все использованные растворители способны выщелачивать золото. При использовании гипохлорита натрия с серной кислотой и тиомочевины наблюдается наилучшее извлечение золота, которое составило 537 мг/л и 543 мг/л, соответственно.

6. В лабораторных условиях проведены исследования по сорбированию золота из продуктивного раствора с использованием активированного угля марок АГ-3, АГ-95 и АГ-5. Установлено, что для извлечения золота из продуктивного раствора наиболее приемлемым сорбентом является

активированный уголь марки АГ-3. Результаты исследований показали, что наилучшее извлечение золота (515 мг/кг) достигается при продолжительности сорбции 20 ч, при этом степень извлечения золота из раствора составляет 96%.

7. Разработан лабораторный стенд, позволяющий определить качественные параметры подземного выщелачивания, мощность литологии, формы в плане и разрезе, а также фильтрационные свойства скважин вместе с зонами орошения инфильтрационного потока.

8. Разработана оптимальная технология по извлечению золота из отработанных месторождений урана методом подземного выщелачивания в условиях месторождения Сугралы Рудоуправления №5 Навоийского горно-металлургического комбината.

9. В ходе промышленных испытаний, химический состав раствора, полученного из откачной скважины после проведения опытных работ с выщелачиванием тиомочевинной, показал, что в растворе кроме золота с содержанием 0,55 мг/л содержатся также цинк и диспрозий с концентрацией 0,88 мг/л и 0,58 мг/л, соответственно.

10. Впервые разработана и практически внедрена технологическая схема закачки рабочего раствора в отработанную урановую скважину. Проведен комплекс гидрогеологических работ и разработана технологическая схема извлечения золота из отработанных урановых месторождений.

11. Разработана и практически внедрена технология извлечения золота из отработанных месторождений урана, позволяющая извлечь до 96% золота, до 92% – урана, до 74% – цинка, до 78% диспрозия и снизить себестоимость добычи урана до 40%.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/04.06.2021.T.06.02 AT THE NAVOI STATE
AND TECHNOLOGY UNIVERSITY**

NAVOI STATE MINING AND TECHNOLOGY UNIVERSITY

BABAEV SHAROFJON RAKHMATJONOVICH

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR THE EXTRACTION OF GOLD
FROM MINED URANIUM DEPOSITS BY UNDERGROUND LEACHING**

04.00.10 - Geotechnology (open, underground and construction)

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

Navoi – 2022

The topic of the dissertation for the degree of the Doctor of Philosophy in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan №B2022.1.PhD/T1546.

The dissertation was completed at the Navoi State Mining and Technology University.

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

Scientific supervisor: **Alikulov Shukhrat Sharopovich**
doctor of technical sciences, associate professor

Official opponents: **Urinov Sherali Raufovich**
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

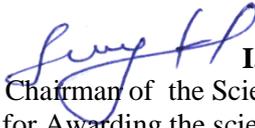
Leading organization: **Almalyk branch of the National University of Science and Technology «MISiS»**

The defence of the dissertation will be held on May 27, 2022 at 14⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council DSc.17/04.06.2021.T.06.02 at the Navoi State Mining and Technology University. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Center of the Navoi State Mining and Technology University under No90. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Phone: (79) 223-56-90; fax: (79) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on May 14, 2022 y.
(protocol at the register No45 dated May 14, 2022 y.).




I.T. Mislibayev
Chairman of the Scientific Council
for Awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor


Sh.Sh. Zairov
Scientific secretary of the scientific council for
Awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor


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

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD))

The aim of the research is to develop a less toxic and cost-effective technology for extracting gold from spent uranium deposits by underground leaching.

The object of the research is the mined uranium deposit – Sugraly of the Navoi Mining and Metallurgical Combine.

The scientific novelty of the research is as follows:

the profitability of gold extraction in watered sand-pebble rocks and uranium-bearing sands clamped by water-resistant layers with a content of up to 0.55 g/t has been established;

a technique of chemical analyses for the extraction of gold in ore samples from spent uranium wells has been developed, which makes it possible to establish qualitative parameters and geotechnological indicators of underground gold leaching;

a technological scheme has been developed for extracting gold from spent uranium deposits by underground leaching, which makes it possible to reduce the leaching time by 1.5 times, minimize mudding phenomena, achieve maximum metal recovery up to 96% and increase production profitability from to 40%;

the optimal concentration of reagents for extracting gold from a mined uranium deposit was determined and a technological scheme for extracting gold from uranium ores using the push-pull leaching process and solvents was developed.

Implementation of the research results. Based on the conducted research on the development of technology for extracting gold from mined uranium deposits:

the technological scheme for pumping the working solution into a mined uranium well was introduced in the mining department No. 5 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07/9557 dated 09/30/2021). As a result, gold was leached with a concentration of 0.55 mg/l, zinc - 0.88 mg/l and dysprosium - 0.58 mg/l;

the technology for extracting gold from mined uranium deposits was introduced in the mining department No. 5 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07 / 9557 dated 09/30/2021). As a result, up to 96% of gold, up to 92% of uranium, up to 74% of zinc, up to 78% of dysprosium were recovered, and the cost of uranium mining was reduced to 40%.

The structure and scope of the dissertation. The structure of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 109 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Babayev Sh.R., Babaev M.Sh., Alikulov Sh.Sh., Xudoyberdiev F.I. Exploring the method of selective underground Melting // Science and Education in Karakalpakstan. – Nukus, 2021. – №3 – pp. 143-148 (04.00.00; №10).

2. Бабаев Ш.Р., Алиқулов Ш.Ш., Бабаев М.Ш. Исследование извлечения золота из техногенных месторождений урана // Фан ва технологиялар тараққиёти. – Бухоро, 2021. – №3. – 52-57 б. (05.00.00; №24).

3. Babayev Sh., Alikulov Sh., Babayev M. Research technology of extraction of gold from a productive solution under laboratory conditions // The American Journal of Applied Sciences. – USA, Florida, 2022. – Vol. 04, Issue 04-03. – pp. 11–19 (SJIF 5,634).

4. Бабаев Ш.Р., Алиқулов Ш.Ш., Бабаев М.Ш. Ўзбекистондаги сочма олтин конларида ер остида танлаб эритиш усулидан фойдаланиш имкониятлари тўғрисида // Фан ва технологиялар тараққиёти. – Бухоро, 2021. – №3. – 11-17 б. (05.00.00; №24).

II бўлим (II часть; part II)

5. Babayev Sh.R., Alikulov Sh.Sh. Substantiation of technologies of gold underground leaching from gravel deposits of Uzbekistan // Solid State Technology. – USA, 2020.– Vol. 63. – No 4. – pp. 180-184.

6. Babayev Sh.R., Aliqulov Sh.Sh., Babayev M.Sh. Yer ostida tanlab eritmaga o'tkazish usulini takomillashtirish // Материалы Международной научно-практической онлайн конференции на тему: «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов». – Алмалык, 27 мая 2021 г. – С. 88-89.

7. Babayev Sh.Sh., Aliqulov Sh.Sh. Uran konlarining ishlatilgan bloklaridan oltin olish texnologiyalarining istiqbollari // «Ўзбекистонда илмий тадқиқотлар» мавзусидаги Республика миқёсидаги 2-сон кўп тармоқли илмий масофавий онлайн даврий анжуман тўплами. – Тошкент, 2021. – 16-қисм.

8. Алиқулов Ш.Ш., Бабаев Ш.Р., Бабаев М.Ш. Лабораторные исследования процесса подземного выщелачивания из руд // Материалы Международной научно-практической онлайн конференции на тему: «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов». – Алмалык, 27 мая 2021 г. – С. 252-253.

9. Алиқулов Ш.Ш., Бабаев Ш.Р. Лабораторные исследования по подбору реагента при извлечении золота подземным выщелачиванием из отработанных месторождений урана // «Ўзбекистонда илмий тадқиқотлар» мавзусидаги Республика миқёсидаги 3б-сон кўп тармоқли илмий масофавий онлайн даврий анжуман тўплами. – Тошкент, 31 январ, 2022 й.– 16-қисм.

10. Babayev Sh.R. Research on the selection of reagent in the extraction of gold by underground leaching from spent uranium deposits // World science: problems and innovations. «Наука и просвещение». – Пенза, 30 января 2022 г. – С. 38-41.



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

Босишга рухсат этилди: 14.05.2022
Бичими: 60x84 1/8 «Times New Roman»
гарнитурада рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи 2,7. Адади 100. Буюртма: № 75
Тел: (99) 832 99 79; (97) 815 44 54
Гувоҳнома reestr № 10-3279
«IMPRESS MEDIA» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй.