

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

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

КАРИМОВ ИЛХОМ АРСЛАНОВИЧ

**УРАННИ ЕР ОСТИДА ТАНЛАБ ЭРИТМАГА ЎТКАЗИШДА ҚИЙИН
ТУЗИЛИШГА ЭГА МАЪДАН ҚАТЛАМИНИ ОКСИДЛАШНИНГ
МАҚБУЛ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва қурилиш)

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

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

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

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

Каримов Илхом Арсланович

Урanni ер остида танлаб эритмага ўтказишда қийин тузилишга эга
маъдан қатламини оксидлашнинг мақбул технологиясини ишлаб
чиқиш..... 3

Каримов Илхом Арсланович

Разработка оптимальной технологии окисления рудного пласта при
подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд..... 21

Karimov Ikhom Arslanovich

Development for an optimal technology for ore formation oxidation during
underground leaching of uranium from complex structural ores..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 42

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

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

КАРИМОВ ИЛХОМ АРСЛАНОВИЧ

**УРАННИ ЕР ОСТИДА ТАНЛАБ ЭРИТМАГА ЎТКАЗИШДА ҚИЙИН
ТУЗИЛИШГА ЭГА МАЪДАН ҚАТЛАМИНИ ОКСИДЛАШНИНГ
МАҚБУЛ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва қурилиш)

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

Навоий – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.3.PhD/Т2365 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида 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:

Шарафутдинов Улуғбек Зиятович
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Ўринов Шерали Рауфович
техника фанлари доктори, доцент

Музафаров Амрулло Мустафоевич
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент

Етакчи ташкилот:

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

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/04.06.2021.Т.06.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил 13 ноябр соат 15⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (77 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

Диссертация автореферати 2021 йил 25 октябр куни тарқатилди.

(2021 йил 25 октябрдаги 38 рақамли реестр баённомаси)



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

Ш.Ш.Заиров
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 ер остида танлаб эритмага ўтказиш (ЕОТЭЎ) усули фойдали қазилмани қазиб олишнинг анъанавий ва қиммат бўлган усуллари олдида бир қатор афзалликларга эга. ЕОТЭЎ усули корхоналарни барпо этишда капитал харажатларни 4 бараваргача камайтириш ва конларнинг қурилиш вақтини қисқартириш, меҳнат унумдорлигини бир неча баробарга ошириш ва шунга мос равишда иш ўринларини оптималлаштириш орқали тайёр маҳсулот таннархини камайтириш имконини беради. Уранни ЕОТЭЎ усули билан қазиб олишда барқарор ўсиш охириги ўн йил ичида ўртача 30% га ошди. Уранга бўлган талабнинг бундай тез ўсиши олимлар олдида ишлаб чиқариш амалиётида назарий ва амалий жиҳатдан муҳим аҳамиятга эга бўлган ноанъанавий технологияларни яратиш вазифаларини қўяди. Шу сабабли қийин тузилишга эга уран маъданларини қазиб олишга жалб қилиш алоҳида аҳамият касб этади.

Дунёда бугунги кунда маъдан танасининг сув ўтказувчанлиги, одатда, қопловчи тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлигидан бир неча баробар паст бўлиб, маъдансиз ораликларда кислотанинг йўқотилиши 80% га етиши мумкин бўлган юқори карбонатли уран маъданларини қазиб олиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, эритмага ўтказувчи реагент оқимини локализация қилишнинг энг истиқболли усули тоғ жинсининг маъдансиз қисмига кольматация ёрдамида сунъий сув ўтказмайдиган тўсиқларни ҳосил қилиш ёки пайдо бўлган бўшлиқларни ўтказувчанлиги паст бўлган моддалар билан тўлдириш орқали гидроёриқларни ҳосил қилиш, шунингдек, уранни оксидлаш учун муқобил оксидловчи воситаларни танлаш каби усулларга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда уран конларини қазиб олиш технологиясини, юқори карбонатли уран конларини қазиб олишнинг физик-кимёвий асосларини ва ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнларини бошқариш усулларини ишлаб чиқиш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармонида¹ «ишлаб чиқаришга тежамкор энергия ва экологик жиҳатдан хавфсиз технологияларни жорий қилиш ва ташкил этиш бўйича илмий-тадқиқот ишларини кенгайтириш...» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда, қийин тузилишга эга маъданлардан ураннинг ЕОТЭЎ унумдорлигини ошириш, турли хил қазиб олиш тизимларидан фойдаланишда ЕОТЭЎ жараёнини назорат қилиш моделини ишлаб чиқиш, ЕОТЭЎ параметрларини бошқариш ва уранли маъдан захираларини қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқишга қаратилган тадқиқотлар катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

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

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги ПФ-4947-сон Фармони ва 2019 йил 17 январдаги «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4124-сон Қарори 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 республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом-ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. ЕОТЭЎ усули билан уран қазиб олиш фани ва амалиёти ривожига қуйида номлари келтирилган олимлар: Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Есаулов В.Н., Жерин И.И., Истомин В.П., Калабин А.И., Кучерский Н.И., Ласкорин Б.Н., Лобанов Д.П., Лильбок Л.А, Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Ю.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Петухов О.Ф., Санақулов Қ.С., Саттаров Г.С., Толстов Е.А., Фазлуллин М.И., Хчеян Г.Х., Язиков В.Г., 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. ва шу каби бошқа мутахассислар катта ҳисса қўшишган.

Мавжуд адабиётлар таҳлили асосида қайд этиш лозимки, ҳозирги кунга қадар юқори карбонатли уран маъданларидан фойдали компонентни ажратиб олиш механизмини бошқариш ва уран таркибли эритмаларни қайта ишлаш учун янги технологияни ишлаб чиқиш йўли билан ЕОТЭЎ жараёнини жадаллаштириш тўлиқ ёритилмаган. Шу муносабат билан, уран маъданларида карбонатлар миқдори юқори бўлган конларни қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш орқали уран қазиб олишни жадаллаштириш, технологик кудуқлар тармоғини қисқартириш ҳамда харажатни камайтиришнинг самарали йўллари кидириш кон-металлургия саноати учун муҳим илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ушбу диссертация иши ер қаъридан металлларни тўлиқ ажратиб олиш учун қийин таркибли маъданлардан уранни ер остида танлаб эритишда маъданли қатламни оксидлашнинг мақбул технологиясини тадқиқ қилишга ва ишлаб чиқишга бағишланган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ БА-А-13-015 «Маҳаллий реагентларни қўллаган ҳолда ЕОТЭЎ технологик режимини ишлаб чиқиш»; «Суст ўтказувчанли уран маъдан танали водород конларни ўзлаштириш технологиясини ишлаб чиқиш» ва «Кам сувланган уран маъдан танали водород конларни

ўзлаштириш технологиясини ишлаб чиқиш» мазуларидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади қийин тузилишга эга маъданлардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда маъданли қатламни оксидлашнинг мақбул технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

уран ва қимматли компонентларни ер остида танлаб эритмага ўтказишда унумдорликка таъсир қилувчи маъдан қатлами бўйлаб ҳаракатланадиган суюқлик филтрацияси хусусиятини, физик-кимёвий омилларни аниқлаш;

гидроёриқлар ва сунъий сув тўсиқлари ҳосил қилишда ураннинг ЕОТЭЎ эритмаси оқимини назарий тадқиқ этиш;

қийин таркибли уран маъданларини оксидлайдиган муқобил оксидловчиларни танлаш ва тадқиқ этиш;

ер остида танлаб эритишда қийин тузилишга эга уран маъданларининг қатламини оксидлаш учун мақбул технологияни ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Навоий кон-металлургия комбинатининг қийин тузилишга эга уран конлари олинган.

Тадқиқотнинг предметини юқори карбонатли ва қийин тузилишга эга уран маъданларидан маъдан қатламини оксидлаш технологиясини ишлаб чиқиш ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида қийин структурали уран рудаларини ер остида танлаб эритишда илмий ва назарий жиҳатдан ёритиш, графотаҳлил ва статик усуллар, стендли ва лаборатория экспериментлари ҳамда тажриба-саноат синовлари, гранулометриқ, кимёвий, спектрал ва рентгенофазали таҳлиллар, тажриба-саноат синовлари ҳамда лаборатория натижаларини математик қайта ишлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилigi куйидагилардан иборат:

ўтказувчанлик даражаси ва рН қийматини ўзгариш қонуниятларини ўрганиш асосида танлаб эритиш жараёнини барқарор, бир хил оқимда боришига ва ЕОТЭЎ блогини қазиб олиш вақтини оптималлаштиришга олиб келувчи маъдансиз жинсларнинг қисмини кольматацияли сунъий сув тўсиқларни яратиш билан қийин таркибли уран конлари қатламларининг қазиб олиш технологияси ишлаб чиқилган;

технологик эритмаларнинг ҳаракат йўналиши ўзгаришларини, турғун зоналарни чиқариб ташлашни ва қийин тузилишли уран конларининг ер остида танлаб эритмага ўтказиш блокинн қазиб олиш вақтининг қисқаришини таъминловчи қатламни гидравлик ёриш жараёнида технологик параметрлар аниқланган;

уч валентли темир (Fe^{+3}) ионлари асосида уранни сульфат кислотали танлаб эритишда қўлланиладиган оксидловчиларнинг кинетикаси аниқланган ва қийин тузилишли юқори карбонатли уран маъданларини қазиб олиш технологияси ишлаб чиқилган;

қийин тузилишли маъданлардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда маъдан қатламини оксидлаш ва асосий параметрларни

ҳисоблашнинг мақбул технологиясининг экспериментал тадқиқотлар услуби ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

маъдансиз майдонлар қисмида кольматацияли сунъий сув тўсиқларини ҳосил қилиш бўйича техник параметрлар ишлаб чиқилган;

гидроёриқларни ҳосил қилиш орқали пайдо бўлган бўшлиқларни ўтказувчанлиги паст бўлган моддалар билан тўлдиришнинг техник кўрсаткичлари ишлаб чиқилган;

турли хил танлаб эритувчи эритмаларни қўллаш билан қийин тузилишли маъданлардан уранни ер остида танлаб эритишда маъдан қатламини оксидлашнинг янги технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги катта ҳажмдаги лаборатория, ярим саноат ва саноат экспериментлари, тадқиқотларнинг комплекс замонавий физик-кимёвий усуллари, сунъий сув тўсиқларини филтрацион оқимга таъсирини математик моделлаштиришда замонавий компьютер ва дастурлар воситалари ҳамда маҳсулотларидан фойдаланиш ва кон массаси ҳаракатининг фаол, пассив ҳудудлари ва мақбул оксидловчиларни танлаш билан исботланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти назарий ёритиш асосида олинган тадқиқот натижаларини умумлаштириш ва уранни қазиб олишнинг илмий асосларини ишлаб чиқиш ҳамда $0,1 \text{ мг/дм}^3$ дан ошмайдиган уранни жуда паст ташламали концентрацияси билан сорбция жараёнини олиб боришнинг мақбул режимларини аниқлаш, геотехнологик жараёнларнинг физик-кимёвий асослари назарияси ривожига катта ҳисса қўшиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эса геотехнологик кўрсаткичларни 80% оширишга эришиш имкониятини берувчи филтрланишга қарши тўсиқларни лойиҳалаштиришда олинган маълумотларга асосланган таклифларни бериш, филтрлашга қарши тўсиқларни ҳосил қилиш йўли билан ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнларини тайёрлаш ва жадаллаштириш усулларини ишлаб чиқиш, оксидловчи сифатида техник кислород, азот ва сульфат кислотаси аралашмаси каби моддаларни қўллаган ҳолда қийин тузилишга эга уран конларини ўзлаштириш технологиясини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юқори карбонатли маъданлардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш параметрларини жадаллаштириш ва технологияни ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

таркибидаги қийин тузилишли уран маъдан конларидан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда маъдан қатламини оксидлаш технологияси Навоий кон-металлургия комбинати Жанубий кон бошқармасида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 24 майдаги 02-06-04/5453-сон маълумотномаси).

Натижада, юборувчи кудуклар сонини 25%гача қисқартириш имконини берган;

кийин тузилишли уран маъдан конларидан уранни ер остидан танлаб эритмага ўтказишнинг гидродинамик режими Навоий кон-металлургия комбинати Жанубий кон бошқармасида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 24 майдаги 02-06-04/5453-сон маълумотномаси). Натижада, сунъий сув тўсиғи худудида филтрланиш коэффициенти 4 мартага камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 9 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 3 та мақола, жумладан, 2 та республика ва 1 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўрт боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

«Ер остидан танлаб эритмага ўтказишнинг махсус тизимлари ҳақида умумий тушунча» деб номланган биринчи бобда сўнги йилларда дунёдаги адабиётлар рўйхати доирасида, энергетик хом-ашёни казиб олишни ривожланишининг пасайиши истикболи ва уларда қийин тузилган бўлинмаларни ишлаб чиқаришга босқичма-босқич жалб қилиш кўриб чиқилган.

Адабиёт манбаларидан замонавий тенденцияларни таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, уранни ер остидан танлаб эритмага ўтказиш технологиясида ер остидан металлларни казиб олиш гидродинамик режимга боғлиқ бўлиб, унда жинс массивининг ғовакли ҳажмида суюқликни филтрлаш режимида оқимнинг ажралмаслиги билан тавсифланади. Шу билан бирга, ҳар бир дақиқада, сув ости жинсларининг кесимлари (майдони) орқали суюқлик оқимининг сарфи ўзаро тенг бўлиши ва жинсларнинг доналари орасида суюқлик ҳаракати қийин хусусиятга эга. Шунинг учун ҳисоб-китобларда

амалда элементар оқимларнинг тезлигига қараб, филтрлаш тезлигининг ўртача қиймати алоҳида нуқталарда кўриб чиқилган.

«ЕОТЭЎ майдонининг техник-минералогик кўрсаткичлари» деб номланган иккинчи бобда ЕОТЭЎда эритманинг маъдан қатламида ҳаракатланиш ҳолатларига доир масалалар назарий кўриб ўтилган. Ўрганиб чиқиладиган объект гетероген тизимлилигини ҳисобга олсак, унда кечадиган кимёвий реакциялари 5та босқични ўз ичига олади: 1) қаттиқ фаза юзасига суюқ қатлам орқали реагентнинг диффузион ўтиши; 2) реакция маҳсулотининг қаттиқ қатлами орқали реагентнинг диффузион ўтиши; 3) уран минерали юзасида кечадиган кимёвий реакция; 4) реакциянинг қаттиқ маҳсулоти қатлами орқали реакция маҳсулотининг диффузион ўтиши; 5) қаттиқ фаза юзасидан суюқлик қатлами орқали реакция маҳсулотининг диффузион ўтиши.

Шундай қилиб, гетероген реакциянинг бориш тезлиги ташқи ва ички диффузия ҳамда кимёвий реакциялар тезлигига боғлиқ. Агар шу реакцияларнинг бирортасининг кечиш тезлиги бириникига нисбатан юқори бўлса, тезлик лимит шу реакциялар тезлиги билан чегараланади. Лимит чегарасининг ҳолатидан келиб чиқиб, реакция ички диффузия, ташқи диффузия ёки кинетик ҳудудидида амалга ошириши мумкин.

ЕОТЭЎ жараёнини жадаллаштиришда оксидловчининг табиати ва қатламнинг карбонатлик даражаси муҳим аҳамиятга эга. Шунинг учун ҳам бу ҳолатни бартараф этиш учун карбонатлилиқ даражаси юқори - 8% гача бўлган уранли маъданлар учун муқобил оксидловчини қидириш ишлари амалга оширилган.

Тадқиқот майдони жойини танлашда куйидаги талабларга эътибор қаратилиши зарур:

1. Маъдан танасини маҳсулдор қатламнинг юқори қатламига тегишлилигига ишонч ҳосил қилиш.

2. Имкони бориша маъдан қатламининг ўтказувчанлиги қопловчи жинслар ўтказувчанлигидан паст бўлиши.

3. Маҳсулдор қатлам кесимида аниқ кўринишга эга гилли қатламчаларнинг бўлмаслиги.

4. Маҳсулдор қатлам қуввати 25-40 м.

5. Ишлаб турган иш майдонларидан камида 100 м узоқда бўлиши.

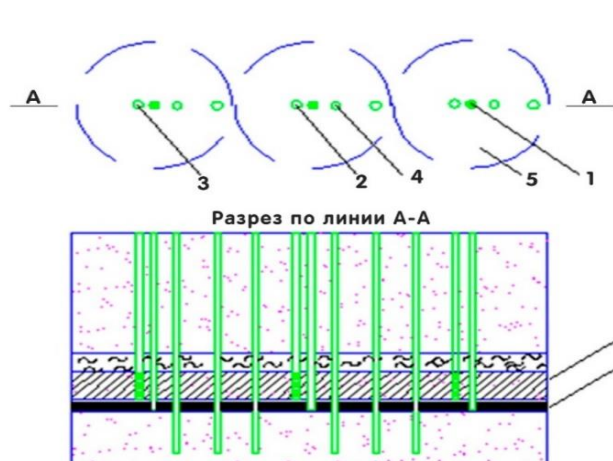
Тажриба майдони 3 та сунъий сув ўтказмас қатламлар ҳосил қилувчи қудуқдан иборат бўлиб, 3 та технологик ва 6 та кузатувчи қудуқдан иборат. Колматация борадиган қудуқлар орасидаги масофа – 20 м. Технологик қудуқлар улардан 2-3 м масофа узоқликда жойлашган. Кузатувчи қудуқлар эса уларнинг ораси бўйлаб 5 м интервалда жойлаштирилади.

Қудуқларнинг жойлашиш схемаси куйидаги 1-расмда кўрсатилган.

Технологик қудуқларни тажриба майдонига боғлаш ҳамда маҳсулдор эритмаларни юбориш мақсадида уларга қувурлар тизимини боғлаш керак.

Геофизик тадқиқотлар ҳар бир босқичда амалга оширилади ва куйидагилардан иборат: электр каротаж КС+ПС; индукцион каротаж ИК;

кавернометрия; инклинометрия; термометрия; токли каротаж; гамма каротаж.



1 – колматация борадиган қудук; 2 – сўриб олувчи технологик қудук; 3 – юборувчи технологик қудук; 4 – кузатувчи қудук; 5 – сунъий сув ўтказмас қатлам; 6 – маъдан танаси; 7 – маҳсулдор сувли қатлам

1-расм. Маъдан танаси остида жойлашган сунъий сув ўтказмас қатламга эга тажриба майдонининг схемаси

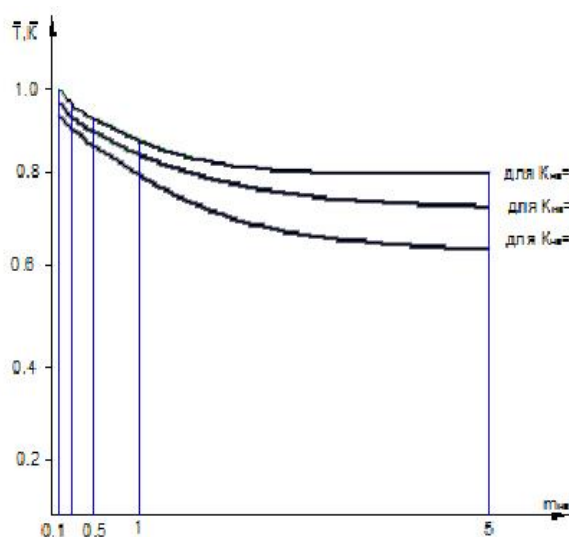
Биринчи босқичда геофизик тадқиқотлар участканинг сунъий сув ўтказмас қатлам ҳосил қилувчи 3 та технологик қудуқларида бажарилади. Бу ишдан мақсад – қирқимни тўлиқ қисмларга ажратиш ҳамда бир-биридан фарқланувчи литологик қисмларни ўрганиш, технологик қудуқнинг устун конструкция қисми ҳолатини, қудуқни жиҳозлаш сифатини ва ўзгаришларни аниқлаш. Иккинчи - босқичда геофизик тадқиқотлар 3 та технологик ва 6 та кузатувчи қудуқларда уларни барпо этиш жараёнида амалга оширилиб борилади.

«ЕОТЭЎ жараёнини, гидроёриқ ҳосил қилиш ҳамда урanni эритмага ўтказишнинг оптимал параметрларини моделлаштириш» деб номланган учинчи бобда гидродинамик оқим ва қатламга сунъий сув ўтказмас қатламларнинг таъсирини моделлаштириш билан боғлиқ тадқиқот натижалари, сунъий сув ўтказмас қатламнинг тадқиқот майдонидаги иш ҳолатининг таҳлили ҳамда тажриба-тадқиқот стендларида гидроёриқ ҳосил қилиш ва кольматация жараёнини моделлаштиришга боғлиқ тадқиқот натижалари келтириб ўтилган. Моделлаштириш жараёнида сунъий сув ўтказмас қатламлар қалинлигининг яқка ҳолатдаги гидродинамик ячейкани ўзлаштиришда геотехнологик кўрсаткичларига боғлиқ ҳолатлари ўрганилди. Шу ҳолатлардан келиб чиқиб, сунъий сув ўтказмас қатламнинг куйидаги кўрсаткичлари қабул қилинди (ССЎҚ): фильтрация коэффиценти 4,5 дан 0,1 м/сутка гача, қатлам қалинлиги 5 м дан 0,1 м гача.

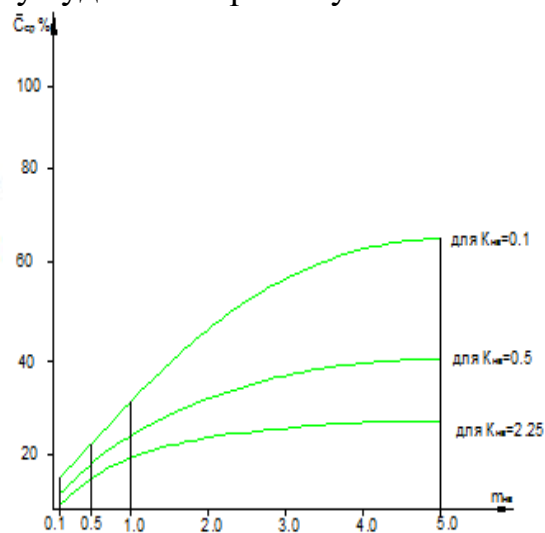
Моделлаштириш натижалари бўйича яқка ячейка доирасидаги сунъий сув ўтказмас қатлам таъсирида вужудга келувчи ер ости оқим динамикасини кўрсатувчи гидродинамик тармоқ тузилди; фойдали компонентни 80 % гача ажратиб олишга мўлжалланган, сунъий сув ўтказмас қатламларнинг қалинлиги ва ҳолатидан келиб чиққан ҳолда асосий геотехнологик кўрсаткичлар ҳамда уларга боғлиқ ўзгармас қийматлар ҳисоб-китоби амалга оширилди (2-3 расмлар).

Моделлаштириш қийматларининг таҳлили шуни кўрсатадики, сунъий сув ўтказмас қатламлар қалинлиги 0,25 м дан катта ва унинг ўтказувчанлиги у жойлашган маҳсулдор қатлам ўтказувчанлигидан 10 дан паст бўлсагина

амалий натижаларни кўришимиз мумкин. Тадқиқот ва ишлаб чиқариш тадқиқот ишларини амалга ошириш вақтида энг мақбул технология қуйидагича бўлиши кераклиги аниқланди: сунъий сув ўтказмас қатлам қалинлиги кичик (1 м гача) бўлиши, унинг ўтказувчанлиги эса турли хил моддалардан фойдаланган ҳолда 10-15 мартаба паст бўлиши керак. Сезиларли натижага эришиш учун қудуқлараро ҳудудни 34-84 % гача ёпиб қуйиш керак бўлади. Бундай сув ўтказмас қатламларни, сунъий ёриқ ҳосил қилиш ҳамда улардаги бўшлиқликларни гилли ёки гил-цементли аралашмалар билан тўлдириш орқали вужудга келтириш мумкин.



2-расм. Турли ўтказувчанликка эга сунъий сув тўсиғи қалинлигининг ($m_{нв}$) казиб олиш вақтига (T) ва реагент сарфига (K) боғлиқлиги



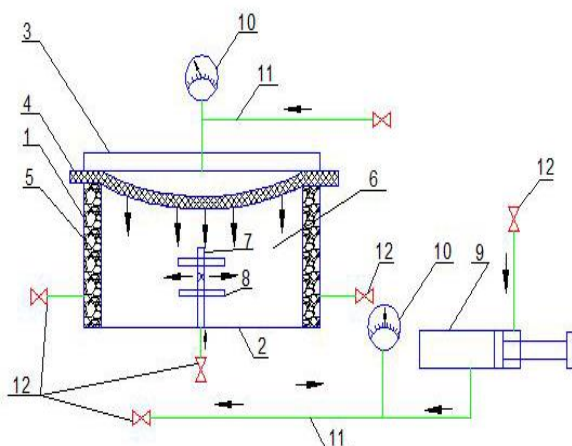
3-расм. Турли ўтказувчанликка эга сунъий сув тўсиғининг қуввати ва қудуқлар орасидаги бўшлиқнинг тўлиқ ёпилишини маҳсулдор эритмаларда фойдали компонентнинг ўртача миқдorigа нисбати

Экранларнинг сифатлилик кўрсаткичлари яъни, қалинлиги, узвийлиги, режадаги ва қирқимдаги тузилиши ҳамда ўтказувчанлигини аниқлаш мақсадида қатламга юқори босимли таъсир этувчи сунъий сув ўтказмас қатламлар ҳосил қилиш учун физик моделлаштириш амалга оширилди.

Моделлаштириш диаметри 350 мм, баландлиги 300 мм бўлган цилиндр корпусдан ташкил топган стенда (4-расм) амалга оширилди. Зичлиги $1,32 \text{ г/см}^3$ тупроқли суспензиядан фойдаланиш грунт ўтказувчанлик хусусиятини 3-10 мартаба камайтиради. Ҳамма тажрибалардаги қалинлик ўлчамлари ўртача (5-7 мм) ва моделга нисбатан ҳосил бўлган бўшлиқликлар ўлчамларига мос (300 мм гача) ва бу, ўз навбатида, ҳақиқий ўлчамда ҳосил қилинган сунъий сув ўтказмас қатламлар катталигига тўлиқ мос келади.

Тажриба ячейкасида иш давомида технологик қудуқларнинг Н-1, Н-2, Н-3, Т-2, Т-2¹ иш унумдорлиги ўзгаришлари, эритмага ўтказувчи эритмалардаги кислота миқдори, ҳамда ер ости сувларининг кимёвий таркиби доимий

кузатилиб аниқлаб турилди. Тажриба ячейкасининг геотехнологик ўзлаштиришнинг асосий кўрсаткичлари 1-жадвалда кўрсатиб ўтилган.



- 1 – цилиндр корпуси; 2 – паст қисми;
 3 – қопқоқ; 4 – вакуумли резинали химоялагич; 5 – доирасимон дренаж қисм;
 6 – стенднинг ишчи қисми; 7 – қудуқ модели; 8 – изоляцияловчи манжетлар;
 9 – босимли цилиндр; 10 – манометр;
 11 – босимли шланг; 12 – жўмрак.

4-расм. Тоғ жинсларида гидроёриқларни моделлаштириш стени

1-жадвал
 Тажриба ячейкаси геотехнологик ўзлаштиришнинг асосий кўрсаткичлари

Насоснинг ишлаш вақти, сут	Юборилган эритмалар ҳажми, м ³	Сўриб олинувчи эритмалар ҳажми, м ³	Кислота сарфи, кг	Уран фойдали компонентини ажратиш олиш кўрсаткичи, %	Маҳсулдор эритмалардаги фойдали компонентнинг микдори, мик. кўрсаткичи	Суюқ ва қаттиқ фазанинг нисбати (Ж:Т)
46	4713,5	4704,2	35494,4	0,7	45	0,47
76	6905,5	6719,8	46716,5	1,4	100	0,69
106	8724,7	7945,2	60384,0	1,7	100	0,85
136	10354,2	10162,6	68853,1	2,1	70	1,01
153	11952,6	11842,6	77133,0	-	130	1,17
179	14093,2	17796,6	79260,0	2,1	80	1,38
208	16250,8	16884,6	90048,0	2,9	110	1,59
239	18185,2	18744,6	101654,4	3,2	125	1,78

Кимёвий таркибни ҳамда индукцион каротаж маълумотларини кузатишлар сунъий сув ўтказмас қатлам ўзининг иш жараёнида етарлича самарали эканлигини кўрсатди. Экспериментал ишлар давомида сунъий ёриқлар бўшлиқлари гилли ва гил-цементли аралашмалар билан тўлдирилди. Тажриба ишлари стакан идишда суюқ шиша ва сульфат кислотасини аралаштириш билан амалга оширилди.

Гелли қолип пайдо бўлиш вақти ва унинг натрий хлорид қўшилишдаги кўрсаткичлари ҳамда кислота муҳитлари ёзиб борилди (2-жадвал).

Натижалар асосида сульфат кислотали эритмалар ҳамда суюқ шиша аралашмаси реакциясида силикат кислота гели ҳосил бўлиши, у эса ўз навбатида, кум-тошли тоғ жинсларининг бўшлиқларини тўлдиришда ишончли кольматант бўлиб хизмат қилиши аниқланди.

Силикат кислота гели кучсиз ишқорий муҳитда (рН=8) чўка бошлайди. Гел ҳосил қилувчи сифатида сув аралашмали натрий хлорли сульфат кислота эритмасидан фойдаланиш, гел ҳосил бўлиш вақтини сезиларли (3-4

маротаба), гел ҳосил қилувчи суяқ шиша сарфини эса 2,5 маротаба камайтириши мумкин.

2-жадвал

Суяқ шишали гелли аралашмани ҳосил қилиш бўйича тажриба ишлари
натижалари

Гел ҳосил қилувчи – 2% - сув аралашмали сульфат кислота										
Суяқ шишали сувли эритма, %	29	24	19	14	9	4	2,5	2,0	1,25	
Гел ҳосил бўлиш вақти, с	50	80	120	180	йўқ	йўқ	йўқ	йўқ	йўқ	
Гел ҳосил қилувчи – 2%- сув аралашмали 178,6 г/л натрий хлорли сульфат кислота										
Гел ҳосил бўлиш вақти, с	10	15	23	40	80	600	йўқ	йўқ	йўқ	
Гел ҳосил қилувчи – 2%- сув аралашмали 357,2 г/л натрий хлорли сульфат кислота										
Гел ҳосил бўлиш вақти, с	32	4	8	15	20	60	300	600	3000	

3-жадвалда стендлардаги тадқиқотлар натижасида тоғ жинсларида фильтрацион оқимнинг кимёвий қолмақатаясини амалга ошириш учун турли хилдаги қолмақатантлар ва гел ҳосил қилувчиларнинг таркиби ўрганилди.

3-жадвал

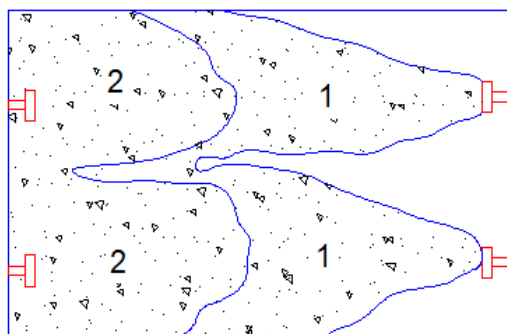
Тажриба ишлари фильтрацион идишларида текширилган қолмақатантлар ва гел ҳосил қилувчилар

Композиция тури	Қолмақатант	Гел ҳосил қилувчи
I	5%-ли суяқ шиша эритмаси	2% H ₂ SO ₄ ; 17,9% NaCl; 81,1% H ₂ O
II	10%- ли суяқ шиша эритмаси	2% H ₂ SO ₄ ; 17,9% NaCl; 81,1% H ₂ O
III	2%- ли суяқ шиша эритмаси	2% H ₂ SO ₄ ; 36% NaCl; 62% H ₂ O

Сифатли ва ишончли натижаларга эришиш мақсадида, тоғ жинсларида қолмақатаяни суяқ шиша билан амалга оширишнинг 2 та фильтрацион идишлари лойиҳаланди ва тайёрланди. Икки қатламли ва уч қатламли ҳолатлар учун фильтрацион идишда жами 24 та кимёвий горизонтал қопламани ҳосил қилишга доир тажриба ишлари амалга оширилди. Ундан ташқари кимёвий горизонтал қопламани ҳосил қилиш тезлиги ва сифатли гел ҳосил қилувчи ва қолмақатантнинг ажралиш чегарасидаги диффузия тезлигига боғлиқлиги аниқланди. Қолмақатаяга учраган қатлам қалинлиги барча тажрибаларда 20-50 мм ни ташкил қилди (5-расм).

4-жадвалда турли хил нисбатларда маъданли ва бўш тоғ жинсларидаги фильтрация коэффициенти нисбатига қараб қолмақатантлар ва гел ҳосил қилувчилар композицияси турларини самарали танлаш ҳамда фильтрацияни 4-10 мартагача камайтириш имкониятини бериш кўрсатиб ўтилган. Бундан келиб чиқадики, суяқ шишани қолмақатант сифатида қўллашда олинган

натижалар уни ЕОТЭЎ тажриба майдонида фойдаланишга ва қўллаб кўришга имкон беради.



1 – кольматация худуди;
2 – жадал кольматацияга учраган худуд

5-расм. Кольматациянинг горизонтал кесими

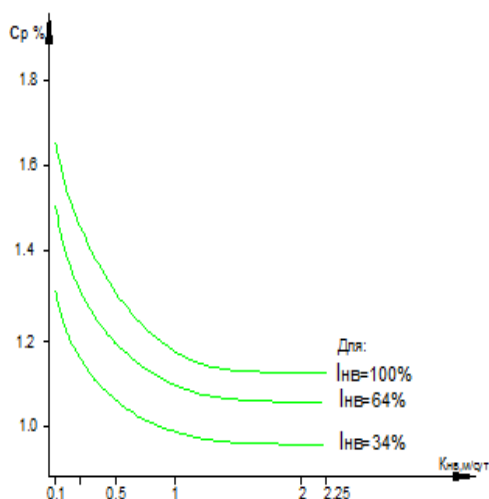
4-жадвал

Фильтрацион хусусиятни туширувчи кольматантлар ва гел ҳосил қилувчилар

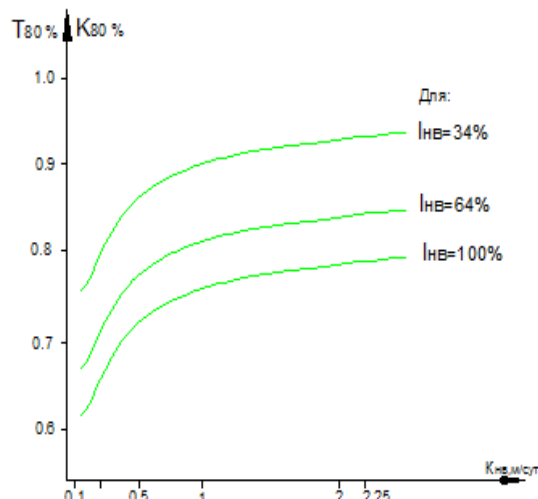
Маъданли ва бўш тоғ жинсларидаги фильтрация коэффициенти нисбати	0,25	0,30	0,50	0,70	0,75	1,00
Кольматантлар ва гел ҳосил қилувчилар композицияси турлари	II	II	I, II	I, II	I-III	I-III

Кольматант ва гел ҳосил қилувчини танлаш жараёнида самараси юқори бўлганини танлашда, авваламбор тажриба майдонининг кон-геологик ва гидрогеологик шароитлари асосий рол ўйнайди.

Агар сунъий сув тўсиғи қатламининг ўзгаришлари 34% дан 100% гача ўзгарса, якка гидродинамик ячейканинг ўзлаштирилиш вақти ва унда сарфланадиган реагент сарфи 0-22% ва 7-38% гача камаяди, (5-жадвал ва 6-расм). Фойдали компонентнинг миқдори юқоридаги кўрсаткичларга тескари бўлиб, 0-31% ни ташкил қилса, сунъий сув ўтказмас қатлам кўрсаткичлари 34-100% гача кўтарилади (5-жадвал ва 7-расм).



6-расм. Фойдали компонент ўртача миқдорининг ($C_{\text{ўр}}=80\%$) ўтказувчанлик ($K_{\text{аж}}$) ва сунъий сув тўсиғи узвийлигига ($\iota_{\text{ўз}}$) боғлиқлиги



7-расм. Қазиб олиш вақтининг ($T_{80\%}$) ва якка ГДЯ даги реагент сарфларининг ($K_{80\%}$) ўтказувчанлик хусусиятига боғлиқлиги ($K_{\text{ўт}}$)

Ишлайдиган сунъий сув тўсиғи қатламларини ҳосил қилиш бўйича амалга оширилган синов ишларида айтиб ўтилган гидроёриқлар ҳосил қилиш тўғрисидаги назарий маълумотлар ва моделлаштириш натижалари каби синов ишлари майдонидаги сув тўсиғи қатламларидаги натижалар билан солиштирилиши текширилиш учун амалга оширилган.

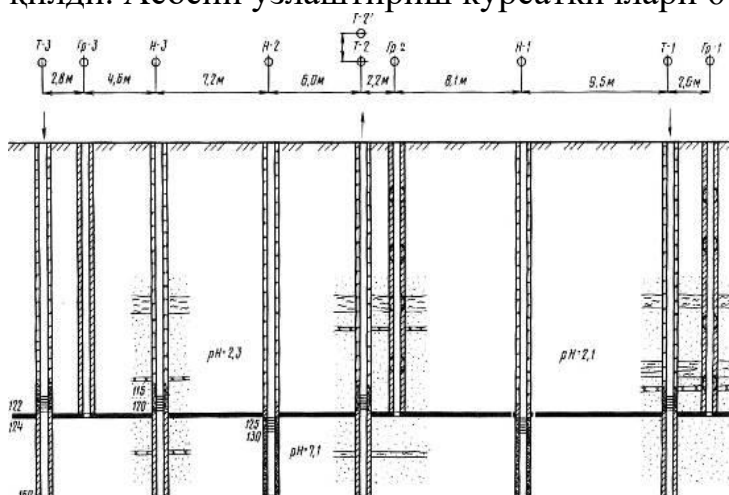
5-жадвал

Геотехнологик кўрсаткичларнинг нисбий ўзгариши

Вариантлар	Вариантлар				
	I	II	III	IV	V
80% қазиб олиш кўрсаткичи учун иш вақти ва реагент сарфи					
–	0,93	0,89	0,83	0,71	0,62
A	0,97	0,90	0,84	0,74	0,67
Б	1,00	0,95	0,92	0,83	0,78
Маҳсулдор эритмалардаги фойдали компонентнинг ўртача миқдори					
–	1,08	1,14	1,22	1,43	1,63
A	1,03	1,11	1,19	1,35	1,58
б	1,00	1,04	1,10	1,22	1,31

Тажриба синов майдончаси ишлайдиган ЕОТЭЎ майдонларидан 250 метр масофада жойлашган, унда 3 та гидроёриқ ҳосил қилувчи, 3 та технологик ва 4 та кузатувчи қудуқлар мавжуд бўлиб, уларни бир-бири билан боғлаш ҳамда иш жараёнини амалга ошириш мақсадида, эритмалар қувурлари билан жиҳозланган (8-расм).

Тажриба синов майдончасини кузатиш ишлари мажмуи қуйидагиларни ўз ичига олади: сўриб олувчи қудуқлар ва қабул қилувчи қудуқлар иш унумдорлиги; қатламга юбориладиган эритмалардаги кислота миқдори; сўриб олувчи ва кузатувчи қудуқлардаги рН ни ўлчаш; эритмалардан кичик кимёвий таҳлил учун намуналар олиш; маҳсулдор эритмалардаги фойдали компонент миқдори. Тажриба синов ячейкасида иш вақти 80 суткани ташкил қилди. Асосий ўзлаштириш кўрсаткичлари 6-жадвалда келтириб ўтилган.



Гр-1,2,3 – гидроёриқ ҳосил қилувчи қудуқлари; Т – 1,3 – юборувчи технологик қудуқлар; Т-2 – сўриб олувчи технологик қудуқлар; Н – 1,2,3 – кузатувчи қудуқлар
8-расм. Сунъий сув ўтказмас қатламли синов участкасининг схемаси

Сунъий сув ўтказмас қатламли тажриба участкасини ўзлаштиришнинг асосий кўрсаткичлари

Ойлар ва ҳақиқий ишлаш вақтлари	Сўриб олувчи дебитлар, м ³ /ч	Кудуклар қабул қилиши, м ³ /с		Юборилган эритмалардаги кислота ларнинг миқдори, г/л	Сўриб олувчи кудукнинг рН кўрсаткичи	Кузатувчи кудукларнинг рН кўрсаткичи				Эритмага ўтказиш суръатлари, %	Фойдали компонентнинг эритмадаги миқдори мик. кўрс.
		Т-1	Т-3			Н-1	Н-2	Н-3	Т-2		
Ноябр 25сут	4,6	3,2	1,5	7,0	7,2	7,3	7,0	7,3	7,0	0,3	0,1
Декабр 25сут	4,0	4,0	2,0	6,0	6,5	1,9	7,2	6,2	7,0	4,5	0,7
Январ 30сут	3,0	1,2	2,0	7,0	6,1	2,4	7,2	5,1	6,5	7,0	0,9

Сунъий сув ўтказмас қатламларнинг мавжудлиги дастлабки геотехнологик таҳлил натижаларига кўра, ячейкада иш олиб борилмасдан олдин ҳам кўриниб туради.

Агар синов учун танланган 1 ва 2 блоклардан олинган натижалар билан иш жараёнидаги блоклар натижалари солиштирилса, ЕОТЭЎ жараёнида улар қисман ёндош ҳудуд эритмалари билан ишқорланган ва бу, ўз навбатида, синов ячейкаларимиздаги ажратиб олиш даражаси ва фойдали компонент миқдорини бошқа блокдаги ячейкаларга нисбатан янада ошишини кўрсатади.

Қийин тузилишга эга конларда махсус усулларни қўллаш орқали ўзлаштириш концепциясини ишлаб чиқиш учун қўлланиладиган ишлаб чиқариш соҳасини умумий ва нисбий солиштириб текшириб чиқиш керак.

«Қийин тузилишга эга маъданлардан урани ЕОТЭЎ билан ўзлаштиришда маъдан қатламини оксидлашни асослаш» деб номланган тўртинчи бобда ишлаб чиқариш шароитида турли хил оксидловчиларнинг таъсири натижалари кўрсатиб ўтилган.

ЕОТЭЎ жараёнини жадаллаштиришда кольматацияга олиб келадиган оксидловчи ва тоғ жинсларининг карбонатлилиқ даражаларининг хоссалари алоҳида аҳамиятга эга. Шундан келиб чиқиб, урани юқори 8 % карбонатлилиқ кўрсаткичига эга шароитлардан оксидлаш учун муқобил оксидловчилар қидирилди. Геохимёвий ва гидрогеологик ҳолатидан қатъий назар конларни ЕОТЭЎ усули билан ўзлаштиришнинг қуйидаги схемалари тавсия этилган:

1. Қатлам сувлари ва ҳаво кислороди билан тўйинтирилган бикарбонат ишқорлаш. Агар шу ҳолатдаги ЕОТЭЎ нормал суръатларда кетса (қазиб олиш ойига 2 % дан кам эмас), унда шу усулдан то уран тўлиқ ажралмагунича фойдаланилади. Агар ҳолат яхши тарафга ўзгармаса, кейинги босқичга ўтилади.

2. Қатлам сувлари ва ҳаво кислороди билан кам тўйинтирилган кислотали-бикарбонат ишқорлаш. Агар бу схеманинг ҳам самараси яхши бўлмаса, унда жараён яқунловчи босқичга ўтказилади.

3. Олдиндан оксидланган маъданларни кислотали ишқорлаш.

Қуйидаги композицияли оксидловчилар текширилди: 1. Кальцийланган сода ва атмосфера таркибидаги кислород. 2. Гипохлорит натрийли нитрат кислотаси ва атмосфера таркибидаги кислород. 3. Гипохлорит натрий ва атмосфера таркибидаги кислород. 4. Техник кислород. 5. Сульфат кислота ва 3-ГМЗ нинг деконтацияга қарши эритмалари (Fe^{3+}). 6. Сульфат кислота ва нитрат кислота.

Тажриба иши натижалари 7-жадвалда келтирилган.

Оксидловчи сифатида нитрат ва сульфат кислоталар аралашмасидан ҳамда техник кислородни қўллаш билан ишлаш йўналиши истиқболли ҳисобланади.

7-жадвал

Тажриба ишининг асосий натижалари

№	Технология (усуллар)	Кудук №	Эритмадаги металл концентрацияси, мг/л (чегаралар)	1 бирлик металл учун тахминий харажатлар, сўм	Изоҳ
1.	Кальцийланган сода + атмосфера таркибидаги кислород	74-14	3 - 16	32995	Қазиб олинадиган металл 1 бирлигига соданинг юқори солиштира сарфи; қазиб олинадиган металлнинг 1 бирлигига юқори моддий харажатлар, доимий технологик насосга бўлган эҳтиёж, металлнинг паст концентрацияси
2.	Гипохлорит натрийли нитрат кислотаси + атмосфера ҳавосининг кислороди	72-8	7 - 63	42451,72	Қазиб олинадиган металлнинг 1 бирлигига юқори моддий харажатлар, қазиб олинадиган металл 1 бирлигига реагентларнинг юқори солиштира сарфи, дастлабки кислоталаш даврининг катталиги, доимий технологик насосга бўлган эҳтиёж.
3.	Гипохлорит натрий + атмосфера таркибидаги кислород (эжекция ёрдамида)	72-10	7 - 13	8475	Металлнинг паст концентрацияси, кудук қолдиқларининг отилиб чиқиши, доимий технологик насосга бўлган эҳтиёж.

4.	Техник кислород	72-14	12 - 55	53716,5	Қазиб олинадиган металл 1 бирлигига юқори моддий харажатлар. Бунда, технологик ва экологик бир қанча тез ва мақбул усуллар нуқтаи назаридан.
5.	Сульфат кислота + 3-ГМЗ нинг деконтацияга қарши эритмалари (Fe^{3+})	72-18	6 - 12	8080	Мақбул бўлмаган юқори карбонатли шароитда эритмаларнинг рН ини 2 дан ортиқ бўлмаган қийматда сақлаб туриш керак.
6.	Сульфат кислота + нитрат кислота	82-4	13 - 18	3836	Металл 1 бирлигига реагентларнинг солиштирма сарфи ва минимал харажатлар билан кислоталаш бўйича тажриба ишларини олиб боришнинг соддалиги

ХУЛОСА

«Уранни ер остида танлаб эритишда қийин тузилишга эга маъдан қатламини оксидлашнинг мақбул технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Олиб борилган тадқиқотлар натижаларига кўра, уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда ер қаъридан металлни ажратиб олиш гидродинамик режимга боғлиқ бўлиб, у тоғ жинси массасининг бўшлиқ ҳажмида суюқликни филтрлашнинг барқарор ҳолати оқимнинг узлуксизлиги билан таснифланиши аниқланди.

2. Сунъий сув тўсиқларидан фойдаланиш билан ураннынг ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологиясини қўллашда участканинг геологик ва гидрогеологик хусусиятлари, маҳсулотли катлам (хлорид-сульфат-натрий, камроқ сульфат-хлорид-натрий) сувининг кимёвий таркиби, минераллашган миқдори (1-3 дан 12-15 г/л гача) ва тоғ жинсларининг филтрлаш коэффиценти (4-7 м/кун) аниқланади.

3. Сунъий сув тўсиқларини ҳосил қилиш учун кольматациялаш зоналарини максимал қуввати 1 м гача (ўртача 0,52 м) бўлган ёриқларнинг ҳар икки томони билан тоғ жинсларини кольматация қилиш ва ёриқлар ҳосил қилиш усули ишлаб чиқилган ҳамда гилли колматацияловчи аралашма сифати таркиби бентонит (10%), сода (3%), натрий пиррофосфат (0,3%) ва

кучсиз минераллашган сув (86,7%)лардан ташкил топган бентонитли гил аниқланади.

4. Фойдали компонентни ажратиб олишни 80% гача етказиш мақсадида, асосий геотехнологик кўрсаткичлар ва ер ости оқими динамикасини акс еттирувчи гидродинамик тармоқ қуришга таъсир кўрсатувчи сунъий сув тўсиқларни қувватини аниқлаш учун ягона гидродинамик ячейкани қазиб олишни моделлаштириш олиб борилади. Сунъий сув тўсиқларининг ушбу кўрсаткичларга таъсири даражасини ва характерини кўрсатадиган эмперик муносабатлар ўрнатилади.

5. Қудуқ орқали гидравлик ёриш технологияси гил аралашмаси билан амалга оширилади, кейинчалик тоғ жинсларининг бўшлиғини тўлдириш ва кольматацияси амалга оширилади. Гидроёриш босими 5,2 МПа ни, ер остига жўнатиш унумдорлиги 20 м³/соат бўлганда, жўнатиш босими 2,1 МПа ни ташкил этади ва экран ҳосил бўлиш қуввати 0,3 метрдан 1,3 метргача этади.

6. Чуқурлик бўйича белгиланган ораликда (121,0-123,5 м) тажриба участкасида бажарилган экспериментал ишларнинг натижасига кўра, технологик кўрсаткичларни 80 фоизгача оширадиган қуввати 1,0 метргача ва ўтказувчанлиги 0,25 дан 0,5 м/суткагача бўлган сунъий сув тўсиғи ҳосил қилинади.

7. Битта технологик ячейкани қазиб олишда қўлланиладиган материалнинг солиштирма сарфи кўрсаткичи 0-22%га ва 7-38%га қисқариши ўрнатилади, шунга мувофиқ сунъий сув тўсиғи узлуксизлиги 34дан 100%гача ўзгаришида юқорида кўрсатилган кўрсаткичларга тескари боғлиқликда бўлган маҳсулдор эритмалардаги фойдали компонентларнинг ўртача миқдори 0-31%дан 8-63%гача ошади.

8. Тадқиқотлардан ўрнатилдики, қийин структурали рудалардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёни $Fe^{+3}/Fe^{+2}>1$ муносабатда уч валентли темир ионлари концентрацияси 1-2 г/л даражада бўлганда таъминланади, бунда тўрт валентли уран минералларининг тўлиқ оксидланиши эритмалар билан таъсирлашиш мавжудлигига эришилади.

9. Уранни қийин структурали маъданлардан ер остида танлаб эритмага ўтказишда маъданли қатламни оксидлаш бўйича саноат синовларининг натижаларига кўра, маъдан қатламида оксидловчи сифатида техник кислородни қўллашда технологик эритма 200÷250 мг/л гача тўйинади, бу технологик ва экологик сабабларга кўра, энг тез ва энг мақбул усулдир. Азот ва сульфат кислотасининг композицион аралашмасини қўллаш реагентнинг мақбул солиштирма сарфи ва 1 бирликдаги металлга мақбул харажати билан кислоталаш бўйича тажриба ишларини олиб боришнинг оддийлигини кўрсатади.

10. Таннархни камайтириш ва янги оксидловчилардан фойдаланиш ҳисобига 1 бирликда олинадиган уранга 10% ва сунъий тўсиқ бўйича 4,363 млн. долларни ташкил қилувчи иқтисодий самарага эришилган қийин тузилишга эга маъданлардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда маъдан қатламини оксидлашнинг мақбул технологияси ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/04.06.2021.Т.06.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**

НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

КАРИМОВ ИЛХОМ АРСЛАНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОКИСЛЕНИЯ
РУДНОГО ПЛАСТА ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА
ИЗ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ РУД**

04.00.10 – Геотехнология (открытая, подземная и строительная)

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

Навои – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2021.3.PhD/T2365.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

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

Научный руководитель: **Шарафутдинов Улугбек Зиятович**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Уринов Шерали Рауфович**
доктор технических наук, доцент

Музафаров Амрулло Мустафоевич
доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

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

Защита диссертации состоится 13 ноября 2021 года в 15⁰⁰ 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 горного института. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №77). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан 25 октября 2021 года.

(реестр протокола рассылки №38 от 25 октября 2021 года).



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

Ш.Ш. Заиров
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Ч.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 способ подземного выщелачивания (ПВ) имеет ряд преимуществ перед традиционными и дорогостоящими способами добычи полезных ископаемых. Метод ПВ позволяет снизить до 4 раз капитальные вложения на строительство предприятий и сократить сроки строительства рудников, повысить в разы производительность труда и, соответственно, уменьшить себестоимость готового продукта за счет оптимизации рабочих мест. Стабильный рост добычи урана методом ПВ в последнее десятилетие увеличился в среднем на 30%. При таком стремительном росте потребности урана производство устанавливает задачи по разработке нетрадиционной технологии. Поэтому вовлечение в обработку сложноструктурных урановых руд является одной из важнейших задач.

В мире на сегодняшний день ведутся научные исследования по отработки урановых руд с высокой карбонатностью, в которых водопроницаемость рудного тела обычно в несколько раз ниже, чем вмещающих пород и потери кислоты на взаимодействие с безрудными интервалами могут достигать 80%. В связи с этим уделяется особое внимание разработке способа локализации потока выщелачивающего реагента путем создания искусственных водоупоров кольматацией части безрудных пород или гидроразрыв с заполнением образуемой полости непроницаемым материалом, а также подбор альтернативных окислителей для окисления урана.

В Республике выполнен ряд научно-практических работ по разработке технологий отработки урановых месторождений, разработаны физико-химические основы отработки урановых месторождений с высокой карбонатностью, разработаны методы управления процессами подземного выщелачивания. В Постановлении Президента Республики Узбекистан¹ определены важные задачи по «расширению научно-исследовательских работ по созданию и внедрению в производство энергосберегающих и экологически безопасных технологий...». В связи с этим важно выполнять задачи по повышению производительности ПВ урана из сложноструктурных руд, разработке модели управления процессом ПВ при использовании различных систем разработки, управлению параметрами ПВ и разработке технологии отработки запасов урановых руд.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-

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

металлургической отрасли», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

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

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие науки и практики добычи урана методом ПВ внесли ученые Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Есаулов В.Н., Жерин И.И., Истомин В.П., Калабин А.И., Кучерский Н.И., Ласкорин Б.Н., Лобанов Д.П., Лильбок Л.А., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Ю.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Толстов Е.А., Фазлуллин М.И., Хчяян Г.Х., Язиков В.Г., 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.

Исходя из анализа существующих работ, надо отметить, что до настоящего времени интенсификация процесса ПВ путем управления механизмом извлечения полезного компонента из высококарбонатных урановых руд и разработке новой технологии переработки урансодержащих растворов не до конца раскрыта. В связи с этим, интенсификация добычи урана путем разработки технологии отработки месторождений с высоким содержанием карбонатов в урановых рудах, поиски эффективных путей разрежения сети технологических скважин, а также снижения расхода, имеет важное научное и практическое значение для горно-металлургической отрасли.

Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию и разработке оптимальной технологии окисления рудного пласта при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд для полноты извлечения металлов из недр.

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 – «Разработка технологического режима подземного выщелачивания с применением местных реагентов»; «Разработка технологии отработки гидrogenных месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта» и «Разработка технологии отработки гидrogenных месторождений урана со слабообводненными урановыми рудами».

Целью исследования является разработка оптимальной технологии окисления рудного пласта при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд.

Задачи исследования:

определение физико-химических факторов, особенностей фильтрации движения жидкости по рудному пласту, влияющих на производительность при выщелачивании урана и ценных компонентов;

теоретическое исследование перетекания растворов ПВ урана при создании искусственного водоупора и гидроразрыва;

исследование по подбору альтернативных окислителей для окисления урана из сложноструктурных руд;

разработка и промышленное испытание метода окисления рудного пласта сложноструктурных урановых руд при подземном выщелачивании.

Объектом исследования являются сложноструктурные урановые месторождения Навоийского горно-металлургического комбината.

Предметом исследования является технология окисления рудного пласта из высококарбонатных сложноструктурных урановых руд.

Методы исследования. В процессе исследований были использованы научные и теоретические обобщения теории и практики ПВ сложноструктурных урановых руд, теоретические исследования с использованием аналитического, графоаналитического и статистического методов, стендовые и лабораторные эксперименты, а также опытно-промышленные испытания, гранулометрический, химический, спектральный и рентгенофазовый анализы, методы математической обработки результатов лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе изучения закономерностей изменения величины рН и степени проницаемости разработана технология добычи пластов сложноструктурных месторождений урана путем создания искусственных водоупоров кольматацией части безрудных пород, позволяющая обеспечить стабильное и равномерное протекание процесса выщелачивания и оптимальное время отработки блока ПВ;

определены технологические параметры в процессе гидравлического разрыва пласта, обеспечивающие изменение направления движения продуктивных растворов, исключение застойных зон и сокращение времени отработки блока подземного выщелачивания сложноструктурных месторождений урана;

определена кинетика окислителей урана, используемых при серноокислотном выщелачивании на основе ионов трехвалентного железа (Fe^{+3}) и разработана технология отработки высококарбонатных сложноструктурных урановых руд;

разработана методика экспериментальных исследований оптимальной технологии окисления рудного пласта и расчёта основных параметров при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны технические параметры по созданию искусственных водоупоров кольматацией части безрудных полей;

разработаны технические параметры гидроразрыва с заполнением образуемой полости непроницаемым материалом;

разработана новая технология окисления рудного пласта при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд с применением различного реагента для выщелачивающих растворов.

Достоверность полученных результатов доказана значительным объемом лабораторных, стендовых и промышленных экспериментов, комплекса современных физико-химических методов исследований, использованием современных компьютерных и программных средств и продуктов при математическом моделировании влияния искусственных водоупоров на фильтрационный поток и движения активных и пассивных запасов горной массы и подбором альтернативных окислителей.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследования обосновывается разработкой научных основ отработки месторождений урана, а также определении оптимальных режимов проведения процесса сорбции с весьма низкой сбросной концентрации урана, не превышающая $0,1 \text{ мг/дм}^3$.

Практическая значимость результатов исследования характеризуется разработанной рекомендацией по проектированию противофильтрационных экранов, обеспечивающих повышение эффективности геотехнологических показателей до 80%, разработке способов подготовки и интенсификации процессов подземного выщелачивания путем образования противофильтрационных экранов, разработке технологической схемы отработки сложноструктурных месторождений методом ПВ и применения в качестве альтернативных окислителей технического кислорода и смеси азотной и серной кислот.

Внедрение результатов исследования. На основе разработки технологии и интенсификации параметров подземного выщелачивания урана из высококарбонатных руд:

технология окисления рудного пласта при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд урановых месторождений внедрена в Южном рудоуправлении Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-04/5453 от 24.05.2021 г.). В результате созданы возможности по сокращению количества закачных скважин до 25%;

гидродинамический режим подземного выщелачивания урана из сложноструктурных руд внедрен в Южном рудоуправлении Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-04/5453 от 24.05.2021 г.). В результате созданы возможности по снижению коэффициента фильтрации в зоне искусственного водоупора в 4 раза;

Апробация результатов исследования. Результаты исследования доложены и обсуждены на 9 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 17 научных работ, из них 3 научных статей, в том числе 2 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 119 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «**Общие представления о специальных системах подземного выщелачивания**» приведен обзор литературы, в котором рассмотрено, что в последние годы в мире наблюдается тенденция снижения роста добычи энергетического сырья и постепенное вовлечение в производство сложноструктурных участков в них.

Анализ современных тенденций из литературных источников показал, что в технологии подземного выщелачивания урана извлечение металлов из недр зависит от гидродинамического режима, который предопределяет, что установившийся режим фильтрации жидкости в поровом объеме породного массива характеризуется неразрывностью потока. При этом в каждый момент времени расходы потока жидкости через сечения (площади) пород водоносного горизонта равны между собой и движение жидкости между зернами породы носит сложный характер, поэтому при расчетах на практике рассматривают среднее значение скорости фильтрации, зависящего от скоростей элементарных потоков (струек) в отдельных точках площади сечения.

Во второй главе диссертации «**Технико-минералогическая характеристика участка ПВ**» рассмотрены теоретические вопросы движения жидкости по рудному горизонту при ПВ. Установлено, что рассматриваемый объект является гетерогенной системой, химическая реакция в которой включает в себя пять стадий: 1) диффузионный перенос реагента через слой жидкости к поверхности твердой фазы; 2) диффузионный перенос реагента через слой твердого продукта реакции; 3) химическая реакция на поверхности уранового минерала; 4) диффузионный перенос продукта реакции через слой твердого продукта реакции; 5) диффузионный

перенос продукта реакции через слой жидкости от поверхности твердой фазы.

Таким образом, скорость протекания гетерогенной реакции определяется скоростями внешней диффузии, внутренней диффузии и скоростью химической реакции на поверхности уранового минерала. Если время протекания какого-либо из указанных процессов больше времени протекания остальных, то он является лимитирующим для гетерогенной реакции. В зависимости от типа лимитирующего процесса реакция протекает во внешне диффузионной, внутри диффузионной или кинетической области.

Для интенсификации процесса ПВ особое значение имеют природа окислителя и карбонатность породы, приводящие к кольматации. В связи с этим выполнен поиск альтернативных окислителей для окисления урана в условиях повышенной карбонатности – до 8%.

При выборе местоположения опытного участка необходимо учитывать следующие требования:

1. Приуроченность рудного тела к верхней части продуктивного горизонта.
2. Желательно, чтобы проницаемость рудного тела была ниже проницаемости вмещающих пород.
3. Отсутствие в разрезе продуктивного горизонта ярко выраженных по площади глинистых прослоев.
4. Мощность продуктивного горизонта – 25-40 м.
5. Минимальное расстояние от ближайшей рабочей группы технологических скважин – 100 м.

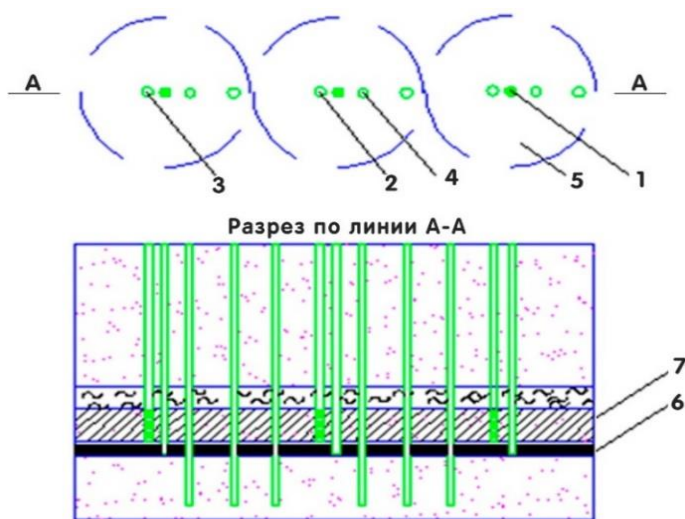
Опытный участок состоит из трех скважин для создания искусственных водоупоров, трех технологических и шести наблюдательных скважин. Расстояние между кольматационными скважинами – 20 м, а технологические скважины располагаются в 2-3 м от них. Наблюдательные скважины сооружаются в створе технологических через интервал 5 м.

Технологическая схема расположения скважин показана на рис. 1.

Для обвязки технологических скважин к опытному участку должны быть подведены трубопроводы для выщелачивающих и продуктивных растворов.

Геофизические исследования в скважинах производятся на каждом этапе работ и включают: электрический каротаж КС+ПС, индукционный каротаж ИК, кавернометрию, инклинометрию, термометрию, токовый каротаж, гамма-каротаж.

На первом этапе сооружения участка геофизические исследования проводятся в трех скважинах, предназначенных для создания искусственного водоупора. Цель работы – детальное расчленение разреза и выделение отдельных литологических разностей, определение технического состояния ствола скважин, оценка качества оборудования скважин и выявление отклонений. На втором этапе геофизические исследования проводятся в процессе сооружения трех технологических и шести наблюдательных скважин.



1 – кольматационная скважина; 2 – откачная технологическая скважина; 3 – закачная технологическая скважина; 4 – наблюдательная скважина; 5 – искусственный водоупор; 6 – рудное тело; 7 – продуктивный водоносный горизонт

Рис. 1. Схема опытного участка с искусственным водоупором под рудным телом

В третьей главе диссертации «**Моделирование процессов ПВ, процессов гидроразрыва и подбор оптимальных параметров выщелачивания урана**» представлены результаты моделирования влияния искусственных водоупоров на гидродинамический поток и на пласт, анализ материалов наблюдений за работой опытной ячейки с искусственным водоупором, а также моделирование процессов гидроразрыва и кольматации на экспериментальных стендах. В процессе моделирования изучалось влияние мощности искусственных водоупоров на основные геотехнологические показатели отработки единичной гидродинамической ячейки. Были приняты следующие значения параметров искусственного водоупора (ИВ): коэффициент фильтрации – от 4,5 до 0,1 м/сут, мощность – от 5 до 0,1 м.

По результатам моделирования построены гидродинамические сетки, отражающие динамику подземного потока, формирующегося под влиянием искусственных водоупоров в пределах единичной гидродинамической ячейки, выполнены расчеты основных геотехнологических показателей для 80% извлечения полезного компонента и установлены эмпирические зависимости, отражающие характер и степень влияния мощности искусственных водоупоров на данные показатели (рис. 2 и 3).

Анализ результатов моделирования показывает, что влияние искусственных водоупоров практически сказывается на показателях отработки, если его мощность больше 0,25 м и только в том случае, когда проницаемость искусственных водоупоров более чем в 10 раз ниже проницаемости продуктивного горизонта, в котором сооружается данный водоупор. При постановке опытных и опытно-промышленных работ наиболее целесообразным представляется использование технологии, позволяющей создавать искусственные водоупоры небольшой (до 1 м) мощности, но использовать при этом материалы, снижающие проницаемость пород в 10-15 раз. В этом случае для достижения ощутимого эффекта степень перекрытия межскважинного пространства должна быть 34÷84%. Такие водоупоры могут быть созданы с помощью гидроразрыва пород и

заполнения образованных полостей глинистым или глиноцементным раствором.

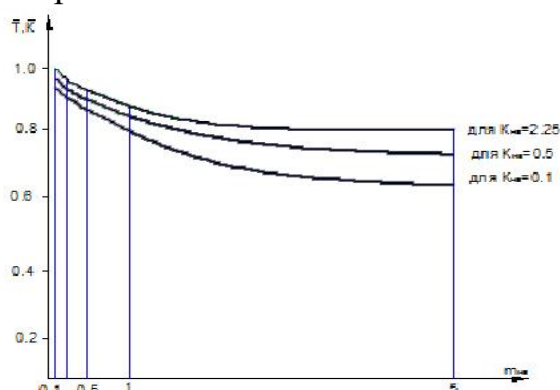


Рис. 2. Зависимость времени отработки (T) и расхода реагента (K) от мощности ($m_{ив}$) искусственного водоупора при различной его проницаемости ($K_{ив}$)

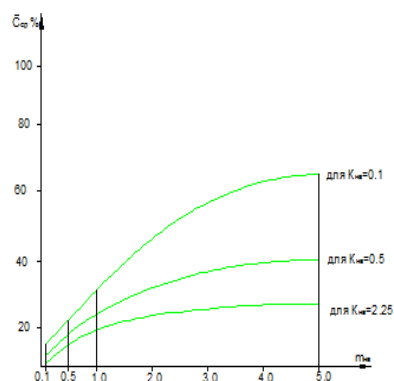


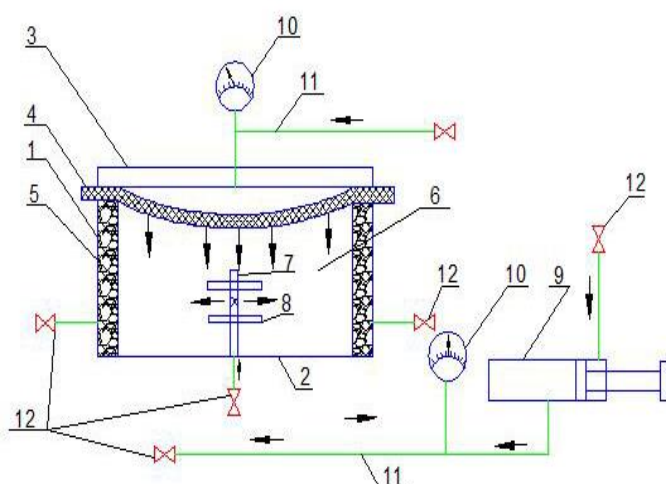
Рис. 3. Соотношения мощности искусственного водоупора при различной его проницаемости и сплошном перекрытии межскважинного пространства от среднего содержания полезного компонента в продуктивных растворах

С целью определения качественных параметров экранов, а именно мощности, сплошности, формы в плане и разрезе, а также фильтрационных свойств были выполнены работы по физическому моделированию создания искусственных водоупоров высоконапорным воздействием на пласт.

Моделирование проводилось на экспериментальном стенде (рис. 4), состоящем из цилиндрического корпуса радиусом 350 мм и высотой 300 мм. Применение раствора глинистой суспензии плотностью $1,32 \text{ г/см}^3$ позволяет надежно снизить фильтрационные свойства грунта в 3-10 раз. Во всех опытах отмечается небольшая (до 5-7 мм) мощность и значительная относительно размеров модели протяженность (до 300 мм) образованных полостей, что соответствует требованиям, предъявляемым к искусственным техногенным образованиям, создаваемым в натуральных условиях.

В ходе работы опытной ячейки проводились систематические наблюдения за изменением производительности технологических скважин, за кислотностью выщелачивающих растворов, а также за изменением химического состава пластовых вод в скважинах Н-1, Н-2, Н-3, Т-2, Т-2¹.

В табл. 1 приведены основные геотехнологические показатели отработки опытной ячейки. Результаты наблюдений за химическим составом и данные индукционного каротажа указывают на достаточно надежную работу искусственного водоупора. В ходе экспериментальных работ по гидроразрыву в качестве материала – заполнителя полостей использовались глинистые и глиноцементные растворы. Опыты проводились путем смешивания растворов жидкого стекла и серной кислоты в стакане.



- 1 – цилиндрический корпус;
 2 – дно; 3 – крышка; 4 – прокладка из вакуумной резины; 5 – кольцевой дренажный отсек; 6 – рабочая часть стенда; 7 – модель скважины; 8 – изолирующие манжеты; 9 – напорный цилиндр; 10 – манометр; 11 – напорный шланг; 12 – вентиль

Рис. 4. Схема стенда для моделирования гидроразрыва в горных породах

Таблица 1

Основные геотехнологические показатели отработки опытной ячейки

Время работы насоса, сут.	Объем закаченных растворов, м ³	Объем откаченных растворов, м ³	Расход кислоты, кг	Извлечение полезного компонента урана, %	Среднее содержание полезного компонента в растворах, усл. ед.	Соотношение жидкой и твердой фаз (Ж:Т)
46	4713,5	4704,2	35494,4	0,7	45	0,47
76	6905,5	6719,8	46716,5	1,4	100	0,69
106	8724,7	7945,2	60384,0	1,7	100	0,85
136	10354,2	10162,6	68853,1	2,1	70	1,01
153	11952,6	11842,6	77133,0	-	130	1,17
179	14093,2	17796,6	79260,0	2,1	80	1,38
208	16250,8	16884,6	90048,0	2,9	110	1,59
239	18185,2	18744,6	101654,4	3,2	125	1,78

При этом фиксировалось время, затраченное на образование гелеобразного осадка, его изменение при добавлении хлористого натрия, а также кислотность среды (табл. 2).

Таблица 2

Результаты лабораторных работ по гелеобразованию растворов жидкого стекла

Гелеобразователь – 2%-й водный раствор серной кислоты									
Водный раствор жидкого стекла, %	29	24	19	14	9	4	2,5	2,0	1,25
Время гелеобразования, с	50	80	120	180	нет	нет	нет	нет	нет
Гелеобразователь – 2%-й водный раствор серной кислоты с содержанием хлористого натрия 178,6 г/л									
Время гелеобразования, с	10	15	23	40	80	600	нет	нет	нет
Гелеобразователь – 2%-й водный раствор серной кислоты, насыщенный хлористым натрием (357,2 г/л)									
Время гелеобразования, с	32	4	8	15	20	60	300	600	3000

В результате установлено, что при реакции растворов серной кислоты и жидкого стекла образуется гель кремниевой кислоты, которая, заполняя поровое пространство песчано-глинистых пород, может служить надежным кольматантом.

Выпадение геля кремниевой кислоты происходит в слабощелочной среде (рН=8). Использование в качестве гелеобразователя водного раствора 2% серной кислоты, насыщенного хлористым натрием, позволяет существенно (в 3-4 раза) сократить время гелеобразования и снизить в 2,5 раза необходимую для гелеобразования концентрацию жидкого стекла.

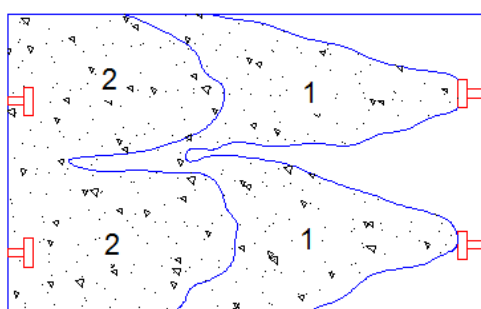
Для исследования химической кольматации пород в фильтрационных потоках на стендах использовались различные по составу кольматанты и гелеобразователи, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Кольматанты и гелеобразователи, использовавшиеся в опытах на фильтрационном лотке

Тип композиции	Кольматант	Гелеобразователь
I	5%-й раствор жидкого стекла	2% H ₂ SO ₄ ; 17,9% NaCl; 81,1% H ₂ O
II	10%-й раствор жидкого стекла	2% H ₂ SO ₄ ; 17,9% NaCl; 81,1% H ₂ O
III	2%-й раствор жидкого стекла	2% H ₂ SO ₄ ; 36% NaCl; 62% H ₂ O

Для получения качественных характеристик процесса кольматации пород растворами жидкого стекла были спроектированы и изготовлены два фильтрационных лотка. Всего в фильтрационном лотке для условий двухслойного и трехслойного пласта было выполнено 24 опыта по созданию горизонтальной химической завесы. При этом установлено, что скорость образования химической завесы и ее надежность зависит от скорости диффузии на границе раздела кольматирующего раствора и гелеобразователя. Мощность закольматированного слоя во всех случаях составила 20-50 мм (рис. 5).



- 1 – зона кольматации;
- 2 – зона интенсивной кольматации

Рис. 5. Горизонтальный разрез кольматации

В табл. 4 для различных соотношений коэффициентов фильтрации рудных и безрудных интервалов приведены типы кольматанта и гелеобразователя, при использовании которых происходила надежная кольматация пласта и снижение фильтрационных свойств в 4-10 раз. Таким образом, выполненные исследования по изучению кольматационных свойств

растворов жидкого стекла позволяют рекомендовать их опробование на опытном участке ПВ.

Таблица 4

Типы кольматантов и гелеобразователей, снижающие фильтрационные свойства

Соотношение коэффициентов фильтрации рудных и безрудных интервалов в опытах	0,25	0,30	0,50	0,70	0,75	1,00
Тип композиции кольматанта и гелеобразователя	II	II	I, II	I, II	I-III	I-III

Данному факту должно предшествовать тщательное изучение горно-геологических и гидрогеологических условий опытном участка, результаты которого во многом определяют выбор эффективного типа кольматанта и гелеобразователя.

Время отработки единичной гидродинамической ячейки и пропорционально связанный с ним показатель удельного расхода рабочего реагента сокращается на 0-22% и 7-38%, соответственно, при изменении сплошности искусственного водоупора с 34 до 100% (табл. 5 и рис. 6). Среднее содержание полезного компонента в продуктивных растворах, имеющее обратную с указанными выше показателями связь, увеличивается от 0-31% до 8-63% при соответствующих изменениях сплошности искусственного водоупора с 34 до 100% (табл. 5 и рис. 7).

Таблица 5

Относительные изменения геотехнологических показателей

Варианты	Варианты				
	I	II	III	IV	V
При 80% извлечении время отработки и расхода реагента					
–	0,93	0,89	0,83	0,71	0,62
a	0,97	0,90	0,84	0,74	0,67
б	1,00	0,95	0,92	0,83	0,78
В продуктивных растворах среднее содержание полезного компонента					
–	1,08	1,14	1,22	1,43	1,63
a	1,03	1,11	1,19	1,35	1,58
б	1,00	1,04	1,10	1,22	1,31

Опытные работы по созданию и эксплуатации искусственных водоупоров выполнялись с целью дальнейшей проверки выдвинутых ранее гипотез о протекании процесса гидроразрыва и установлении сходимости результатов моделирования с фактическими показателями работы участка с искусственным водоупором.

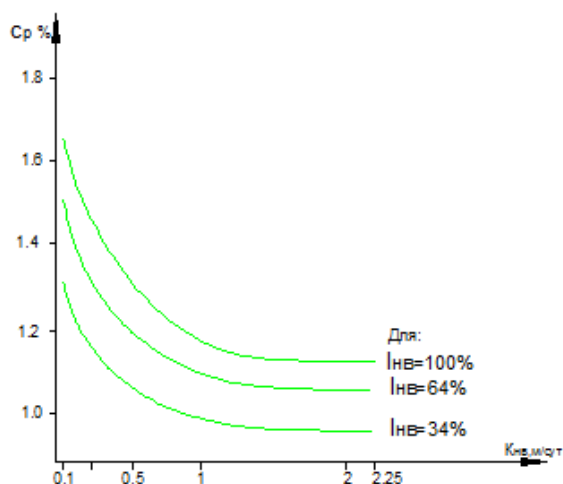


Рис. 6. Соотношения проницаемости и сплошности искусственного водоупора от среднего содержания полезного компонента (C_{cp} 80%)

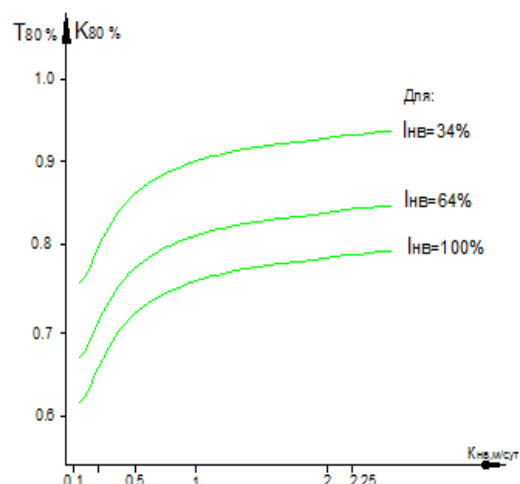


Рис. 7. Соотношения проницаемости и сплошности искусственного водоупора от времени отработки (T_{80}) единичной ГДЯ и расхода реагента (K_{80})

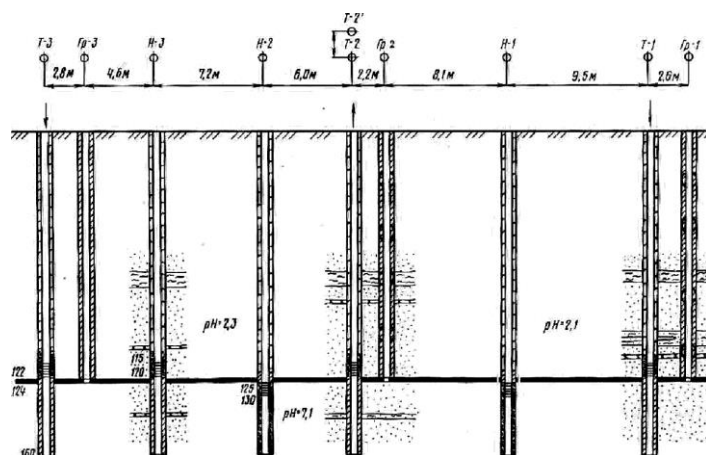
Опытная ячейка находится в 250 м от ближайших технологических скважин действующего полигона ПВ и состоит из трех скважин гидроразрыва для создания водоупоров, трех технологических и четырех наблюдательных скважин (рис. 8), для обвязки технологических скважин к опытной ячейке подведены трубопроводы для выщелачивающих и продуктивных растворов.

Комплекс наблюдений за отработкой опытной ячейки включает в себя контроль за дебитом откачных и приемистостью закачных скважин, замеры кислотности поступающих в пласт растворов, замеры pH растворов в откачной и наблюдательной скважинах, отбор проб растворов на сокращенный химический анализ, контроль за содержанием полезного компонента в продуктивных растворах. Эксплуатация опытной ячейки составила 80 сут. Основные показатели отработки приведены в табл. 6.

Наличие искусственного водоупора подтверждает и предварительный анализ геотехнологических показателей отработки опытной ячейки.

Если учесть, что блоки 1 и 2, которые были выбраны для сравнения к моменту начала работы по ПВ оказались частично закислены растворами из смежных, находящихся в работе блоков, то темп извлечения и средняя концентрация полезного компонента на опытной ячейке будет еще выше по сравнению с аналогичными показателями контрольных блоков.

Для выработки концепции отработки сложноструктурных месторождений с использованием специальных методов целесообразна общая сравнительная оценка последствий их внедрения в производство в масштабах отрасли.



Гр-1,2,3 – скважины гидроразрыва; Т-1,3 – закачные технологические скважины; Т-2 – откачная технологическая скважина; Н-1,2,3 – наблюдательные скважины

Рис. 8. Схема опытного участка с искусственным водоупором

Таблица 6

Основные показатели отработки опытного участка с искусственными водоупорами

Месяц и фактическое время работы	Дебит откачки, м ³ /ч	Приемистость скважин, м ³ /ч		Кислотность закачиваемых растворов, г/л	рН откачиваемого раствора	рН растворов в наблюдательных скважинах				Темп выщелачивания, %	Среднее содержание полезного компонента в растворах, усл. ед.
		Т-1	Т-3			Н-1	Н-2	Н-3	Т-2		
Ноябрь 25 сут.	4,6	3,2	1,5	7,0	7,2	7,3	7,0	7,3	7,0	0,3	0,1
Декабрь 25 сут.	4,0	4,0	2,0	6,0	6,5	1,9	7,2	6,2	7,0	4,5	0,7
Январь 30 сут.	3,0	1,2	2,0	7,0	6,1	2,4	7,2	5,1	6,5	7,0	0,9

В четвертой главе диссертации «Обоснование технологии окисления рудного пласта при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд» представлены результаты исследования воздействия различных окислителей в производственных условиях.

Для интенсификации процесса ПВ особое значение имеют природа окислителя и карбонатность породы, приводящие к коагуляции. В связи с этим выполнен поиск альтернативных окислителей для окисления урана в условиях повышенной карбонатности – до 8 %. Независимо от конкретных геохимических и гидрогеологических условий рекомендуется для промышленного освоения месторождений следующая схема ПВ:

1. Бикарбонатное выщелачивание пластовой водой, насыщенной кислородом воздуха. Если при этом процесс ПВ осуществляется с достаточной интенсивностью (извлечение не менее 2,0% в месяц), то он продолжается до полного завершения извлечения урана. В противном случае производится переход к следующему этапу.

2. Кислотно-бикарбонатное выщелачивание слабо подкисленными воздухом насыщенными пластовыми водами. Если и эта схема окажется не эффективной, то процесс переводится на заключительную стадию.

3. Кислотное выщелачивание предварительно окисленных руд.

Исследованы композиции окислителей: 1) сода кальцинированная и кислород атмосферного воздуха; 2) азотная кислота с гипохлоритом натрия и кислород атмосферного воздуха; 3) гипохлорит натрия и кислород атмосферного воздуха; 4) технический кислород; 5) серная кислота и противодиоксидантные растворы (Fe^{3+}) ГМЗ-3; 6) серная кислота и азотная кислота.

Результаты проведенных работ представлены в табл. 7.

Таблица 7

Основные результаты опытных работ

№ п/п	Технология (способ)	№ скв.	Концентрация металла в продуктивных растворах, мг/л (пределы)	Примерные затраты на 1 ед. металла, сум	Примечание
1.	Сода кальцинированная + кислород атмосферного воздуха	74-14	3 - 16	32995	Высокий удельный расход соды на 1 ед. добытого металла. Высокие материальные затраты на ед. добытого металла, необходимость постоянных технологических прокачек, низкие концентрации Ме.
2.	Кислород атмосферного воздуха + азотная кислота с гипохлоритом натрия	72-8	7 - 63	42451,72	Высокие материальные затраты на ед. добытого металла, высокий удельный расход реагентов на 1 ед. добытого металла; большой период предварительного закисления, необходимость постоянных технологических прокачек
3.	Гипохлорит натрия + кислород атмосферного воздуха	72-10	7 - 13	8475	Низкие конц. Ме, забивка скважин отложениями, необходимость постоянных технологических прокачек.
4.	Технический кислород	72-14	12 - 55	53716,5	Высокие материальные затраты на ед. добытого металла. При этом наиболее быстрый и приемлемый способ по

					технологическим и экологическим соображениям
5.	Серная кислота + ПТД-1 ГМЗ-3	72-18	6 - 12	8080	Необходимо поддерживать pH растворов не более 2, что в условиях высокой карбонатности неприемлемо;
6.	Серная кислота + азотная кислота	82-4	13 - 18	3836	Простота проведения опытных работ по закислению с оптимальным удельным расходом реагентов и минимальными затратами на 1 ед. металла.

Направление работ с применением в качестве окислителя смеси азотной и серных кислот, а также технического кислорода считаются перспективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Разработка оптимальной технологии окисления рудного пласта при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. В результате проведенных исследований установлено, что при подземном выщелачивании урана извлечение металлов из недр зависит от гидродинамического режима, который предопределяет, что установившийся режим фильтрации жидкости в поровом объеме породного массива характеризуется неразрывностью потока.

2. При применении технологии подземного выщелачивания урана с использованием искусственных водоупоров установлена геолого-гидрогеологическая характеристика участка, химический состав воды продуктивного горизонта (хлоридно-сульфатно-натриевые, реже сульфатно-хлоридно-натриевые), величина минерализации (от 1-3 до 12-15 г/л) и коэффициент фильтрации пород (4-7 м/сут.).

3. Для создания искусственных водоупоров разработан способ создания трещины и кольматации пород с обеих сторон трещины с максимальной мощностью закольматированной зоны до 1 м (в среднем 0,52 м), а также определено качество состава глинистой кольматирующей смеси бентонитовой глины, состоящей из бентонита (10%), соды (3%), пирофосфата натрия (0,3%) и слабоминерализованной воды (86,7%).

4. Произведено моделирование отработки единичной гидродинамической ячейки для определения влияния мощности

искусственных водоупоров на основные геотехнологические показатели и построены гидродинамические сетки, отражающие динамику подземного потока, формирующегося под влиянием их с целью достижения до 80% извлечения полезного компонента. Установлены эмпирические зависимости, показывающие характер и степень влияния мощности искусственных водоупоров на данные показатели их работы.

5. Технология гидроразрыва пласта через скважину осуществлено глинистым раствором, которым потом осуществлялось заполнение полости и кольматация пород. Давление гидроразрыва составило 5,2 МПа, а давление закачки – 2,1 МПа, при производительности закачки 20 м³/ч достигнуто образование экрана мощностью от 0,3 до 1,3 м.

6. В результате выполненных на опытном участке экспериментальных работ в заданном интервале (121,0-123,5 м) по глубине создан искусственный водоупор с проницаемостью от 0,25 до 0,5 м/сут. и мощностью до 1,0 м, который увеличил технологические показатели до 80%.

7. Установлено, что при отработке одной технологической ячейки показатель удельного расхода применяемого материала сокращается на 0-22% и 7-38%, соответственно, при изменении сплошности искусственного водоупора с 34 до 100%, а среднее содержание (концентрация) полезного компонента в продуктивных растворах, имеющего обратную с указанными выше показателями связь, увеличивается от 0-31% до 8-63%.

8. Исследованиями установлено, что процесс подземного выщелачивания урана из сложноструктурных руд обеспечивается при концентрации ионов трехвалентного железа на уровне 1-2 г/л в соотношении $Fe^{+3}/Fe^{+2} > 1$, в котором достигается полное окисление минералов четырехвалентного урана при наличии контакта с растворами.

9. В результате промышленных испытаний окисления рудного пласта урана из сложноструктурных руд установлено, что при применении технического кислорода в качестве окислителя рудного горизонта технологический раствор насыщается им до 200÷250 мг/л, что является наиболее быстрым и приемлемым способом по технологическим и экологическим соображениям. Использование композиционной смеси азотной и серной кислот показало простоту проведения опытных работ по закислению с оптимальным удельным расходом реагентов и приемлемыми затратами на 1 ед. металла.

10. Разработана оптимальная технология окисления рудного пласта при подземном выщелачивании урана из сложноструктурных руд, экономический эффект от внедрения которой за счет уменьшения себестоимости и использования новых окислителей составил по искусственным водоупорам 4,363 млн. долларов США и 10% на одну единицу получаемого урана.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/04.06.2021.T.06.02 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

KARIMOV ILKHOM ARSLANOVICH

**DESIGN OF OPTIMAL TECHNOLOGY FOR ORE SEAM OXIDATION
IN UNDERGROUND LEACHING OF URANIUM FROM COMPLEX
STRUCTURAL ORES**

04.00.10 – Geotechnology (open, underground and construction)

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

Navoi – 2021

The topic of the dissertation for the degree of the Doctor of Philosophy in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan №B2021.3.PhD/T2365.

The dissertation was completed at the Navoi State Mining Institute.

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

Scientific supervisor:	Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Official opponents:	Urinov Sherali Raufovich Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
	Muzafarov Amrullo Mustafoevich Doctor of Philosophy (PhD), Associate Professor
Leading organization:	Almalyk branch of the National University of Science and Technology «MISiS»

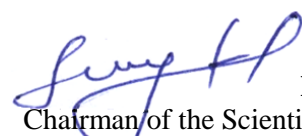
The defence of the dissertation will be held on 13 November 2021 at 15⁰⁰ at the meeting of the Scientific council of scientific degrees DSc.17/04.06.2021.T.06.02 at the Navoi State Mining institute. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz. nsmi@gmail.com.


The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No77. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Phone: 0 (436) 223-56-90; fax: 0 (436) 223-49-66.


The abstract of the dissertation is distributed on 25 October 2021.

Protocol at the register No 38 dated 25 October 2021.




I.T. Mislibaev
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 PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop an optimal technology for the oxidation of an ore bed during underground leaching of uranium from complex structural ores.

The objects of research work are uranium deposits of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat.

The scientific novelty of the research work is as follows:

based on the study of the regularities of the change in the pH value and the degree of permeability, a technology has been developed for the extraction of the complex-structured uranium deposits layers by creating artificial water seals via colmotation of a barren rocks part, which will lead to a stable, uniform leaching process, and to the optimal development time of the UL block;

the technological parameters in the process of hydraulic fracturing were determined to ensure changes in the direction of the productive solutions movement, the elimination of stagnant zones, and a reduction in the development time of the underground leaching block of complex-structured uranium deposits;

the kinetics of uranium oxidizers used in sulfuric acid leaching based on trivalent iron (Fe^{+3}) ions has been determined and a technology for processing high-carbonate complex-structured uranium ores has been developed;

a methodology for experimental studies of the optimal technology for the ore layer oxidation, and the calculation of the main parameters for underground leaching of uranium from complex structural ores have been developed.

Implementation of research results. Based on the results of scientific research on the development of technology and intensification of parameters for in-situ leaching of uranium from high-carbonate ores, the following were introduced:

the technology of oxidation of the ore seam during underground leaching of uranium from complex structural ores of uranium deposits of the Southern Ore Administration of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat was introduced (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat No. 02-06-04/5453 dated May 24, 2021). As a result, opportunities have been created to reduce the number of injection wells by 25%.;

As a result of the study, a hydrodynamic regime of underground leaching of uranium from complex structural ores was developed (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat No. 02-06-04/5453 dated May 24, 2021). As result, opportunities have been created to reduce the filtration coefficient in the zone of artificial water confinement by 4 times.

The structure and scope of the thesis. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, bibliography and appendices. The volume of the thesis is 119 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАРИ РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part 1)

1. Хакимов К.Ж., Каримов И.А. Разработка сложноструктурного уранового оруденения подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2015. – №9. – С. 67-69 (04.00.00. №15).
2. Курбанов М.А., Аликулов Ш.Ш., Раджабоев И.М., Каримов И.А. Исследование по определению оптимального режима закисления рудного пласта и выщелачивания урана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, – 2021. – №1. – С. 22-26 (04.00.00. №3).
3. Наврузов Т.Ю., Бабаев В.К., Норбоев А., Каримов И.А. Практика при «повторной» отработке запасов месторождения Сабырсай способом подземного выщелачивания // Горный вестник Узбекистана. – Навои,– 2021. – №1. – С. 29-33 (04.00.00. №3).

II бўлим (II часть; part II)

4. Салимов Р.С., Жиянов А.Б., Каримов И.А. Анализ технологии подземного выщелачивания урана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2012. – №2. – С. 51-54 (04.00.00. №3).
5. Аликулов Ш.Ш., Бекпулатов Ж.М., Каримов И.А. Оценка гидродинамических параметров при подземном выщелачивании руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, – 2013. – №4. С. 46-51 (04.00.00. №3).
6. Аликулов Ш.Ш., Бекпулатов Ж.М., Каримов И.А. Повышение эффективности и увеличение производительности при подземном выщелачивании руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №4. – С. 52-54 (04.00.00. №3).
7. Аликулов Ш.Ш., Худайбердиев О.М., Атавуллаев А.К., Каримов И.А. Разработка лабораторной установки для определения коэффициента фильтрации // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №1. – С. 98-100 (04.00.00. №3).
8. Шарафутдинов У.З., Шавкидинов А.О., Хакимов Б.А., Каримов И.А. Исследование влияния кремния на процесс сорбции, десорбции и экстракции урана // IV Всероссийская конференции с международным участием «Актуальные вопросы химической технология и защиты окружающей среды». – Чебоксары, 21-22 ноября 2014 г. – С. 177-178.
9. Каримов И.А. Причины снижения приемистости закачных и производительности откачных скважин // VIII Международная научно-техническая конференция «Горно-металлургический комплекс: достижения,

проблемы и современные тенденции развития» Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 146.

10. Буматов Н.М., Каримов И.А. Моделирование технологии скважинного подземного выщелачивания урана из руд гидрогенных месторождений // VII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о земле». – Москва, 8-10 апреля 2015 г. – С. 40-41.

11. Saparov A.B., Ikramov D.Z., Karimov I.A., Sharafutdinov U.Z. Natural conditions of polyelement sheet-infiltration deposits of Uzbekistan // XIX Международная научно-техническая конференция «Геология и минерагения Центральной Азии». – Иркутск, 26-28 мая 2015 г. – С. 92-94.

12. Икрамов Д.З., Ядгарова Ю.И., Каримов И.А. Повышение эффективности схем подземного выщелачивания руд путем сооружения искусственных водоупоров // XIX Международная научно-техническая конференция «Геология и минерагения Центральной Азии». – Иркутск, 26-28 мая 2015 г. – С. 186-189.

13. Курбанов М.А., Норов У., Ражаббоев И., Каримов И.А. Опыт проведения ремонтно-восстановительных работ в условиях Рудоуправления – 5 // XVI Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири СИБРЕСУРС 2016». – Кемерово, 23-24 ноября 2016 г. С. 123-125.

14. Халимов И.У., Аликулов Ш.Ш., Каримов И.А. Моделирование процессов гидроразрыва и коагуляции // X Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». – Междуреченск, 22 апреля 2021 г. – С. 174-1/174-7.

15. Шарафутдинов У.З., Халимов И.У., Каримов И.А. Система подземного выщелачивания с локализацией растворов // Международная научно-практическая онлайн конференция на тему: «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов». – Алмалык, 27 мая 2021 г. – С. 86-87.

16. Sharafutdinov U.Z., Kholmurodov B.O., Karimov I.A., Ostonova F.I. Research of the quality of ion-exchange resins used in the process of uranium sorption // Международная научно-техническая конференция на тему: «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефте-газовой и пищевой промышленности». – Ташкент, 25-26 мая 2021 г. – С. 84-86.

17. Sharafutdinov U.Z., Alikulov Sh.Sh., Karimov I.A. Applying The Fe^{+3} Oxidizer As An Improvement In The Efficiency Of Uranium Extraction // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. – Vol. 12. – No.7, 2021. – pp. 384-386.

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

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 2,5. Адади 100. Буюртма № 59/21.

Гувоҳнома № 851684
«Тірограф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.