

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ДАВЛАТ
УНИТАР ҚОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ШАРАФУТДИНОВ УЛУҒБЕК ЗИЯТОВИЧ

**ЮҚОРИ КАРБОНАТЛИ РУДАЛАРДАН УРАННИ ЕР ОСТИ
ИШҚОРЛАШ ТЕЖАМҚОР ТЕХНОЛОГИЯСИНИНГ ФИЗИК-
КИМЁВИЙ АСОСЛАРИ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида
ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент-2020

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)

Content of the abstract dissertation of doctor of sciences (DSc)

Шарафутдинов Улуғбек Зиятович

Юқори карбонатли маъданлардан урани ер ости ишқорлаш тежамкор технологиясининг физик-кимёвий асослари 3

Шарафутдинов Улуғбек Зиятович

Физико-химические основы ресурсосберегающей технологии подземного выщелачивания урана из высококарбонатных руд..... 29

Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich

Physico-chemical fundamentals of resource-saving technology for underground leaching of uranium from high-carbonate ores 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ 59
List of published works

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ДАВЛАТ
УНИТАР ҚОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ШАРАФУТДИНОВ УЛУҒБЕК ЗИЯТОВИЧ

**ЮҚОРИ КАРБОНАТЛИ РУДАЛАРДАН УРАННИ ЕР ОСТИ
ИШҚОРЛАШ ТЕЖАМҚОР ТЕХНОЛОГИЯСИНИНГ ФИЗИК-
КИМЁВИЙ АСОСЛАРИ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида
ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент-2020

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2020.2.DSc/T139 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент кимё-технология институти бажарилган.

Диссертация автореферати учта тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.gurft.uz) ва «ZiyoNET» ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Шаришов Хасан Турабович
кимё фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Якубов Махмуджан Махамаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Хасанов Абдурашид Солиевич,
техника фанлари доктори, профессор,

Пирматов Эшмурод Азимович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

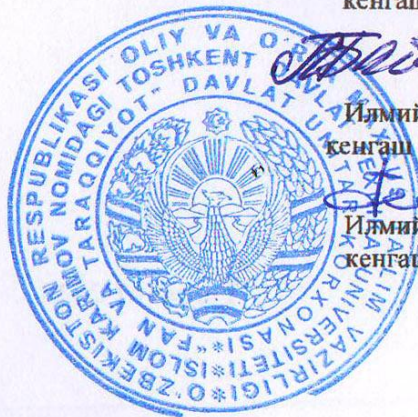
Минерал ресурслар институти ДК

Диссертация ҳимояси Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тарққиёт» ДУК хузуридаги DSc 03/30.12.2019.К/Т.03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «21» октябр соат 11⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент, Мирзо Ғолиб кўчаси, - 7а уй. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871)227-12-73, 246-02-24, E-mail: fan_va_taraqqiyot@mail.ru «Фан ва тарққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тарққиёт» ДУКнинг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 26 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а уй. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871)227-12-73)

Диссертация автореферати 2020 йил «15» октябр кuni тарқатилди.

(2020 йил «25» сентябр даги 26 рақамли реестр баённомаси).



[Handwritten signature]

С.С. Негматов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, ЎЗР ФА академиги т.ф.д., профессор

[Handwritten signature]

М.Г. Бабаханова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, к.ф.н., к.и.х.

[Handwritten signature]

Н.Х. Талипов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., к.и.х.

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда дунё бўйича уран маъдани конларини қазиб олиш усуллари ичида кенг қўлланадиган жараён - ер ости танлаб эритмага ўтказиш (ЕОТЭЎ). ЕОТЭЎ усули анъанавий ва қимматбаҳо қазиб олиш усулларига нисбатан бир қатор афзалликларга эга бўлиб, бу усул корхоналарни қуриш учун капитал маблағларни 4 баравар камайтиришга, конларни қуришни қисқартиришга, меҳнат унумдорлигини бир неча баравар оширишга ва мос равишда иш ўринларини, хусусан уран саноатини оптималлаштириш орқали тайёр маҳсулот таннархини камайтиришга имкон беради. Сўнгги ўн йил ичида уранни ЕОТЭЎ усулида қазиб олишнинг барқарор ўсиши ўртача 30% га ошди. Уранга талабнинг бу қадар тез ўсиб бориши билан ишлаб чиқариш амалиёти олимлар олдида ноанъанавий технологияларни яратиш зарурати вазифасини қўяди ва бу назарий ҳамда амалий жиҳатдан қизиқиш уйғотади. Ушбу вазифалардан бири юқори карбонатли уран рудалари маъданини қазиб олишга ҳамда қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш билан уларни комплекс қайта ишлашга жалб қилиш ҳисобланади.

Жаҳон амалиётида бугунги кунда уран маъдани конларини ЕОТЭЎ усулида қазиб олиш жараёни мураккаблашмоқда ҳамда уран қазиб олиш билан боғлиқ муаммолар юқори карбонатли маъданларининг табиати туфайли ҳам юзага келмоқда. Бундай жойларда конлар горизонтининг сув ўтказувчанлиги одатда асосий жинсларга қараганда камроқ, маъдансиз ораликлар билан ўзаро таъсир қилиш натижасида кислота йўқотилиши 80% га етади. Эритмаларнинг тарқалишини чеклашнинг мавжуд усуллари (масалан, гидротўсиқлар ва рудалар оралиғида филтрларни ўрнатиш) ушбу муаммони тўлиқ ҳал қила олмайди ва у вақтинчалик хусусиятга эга. Шунинг учун, танлаб эритмага ўтказадиган реагентлар оқимини локализация қилишнинг энг истиқболли усули сунъий сув тўхтатиш усули бўлиб, маъдансиз жинсларнинг бир қисмини кальматациялаш ёки сув ўтказмайдиган материал билан ҳосил бўлган бўшлиқни тўлдириб, гидроузилиш ҳосил қилиш орқали амалга оширилади. Бундан ташқари, мавжуд технологияларни такомиллаштириш, яқуний маҳсулотни олиш жараёнида фосфат иони депрессантининг таъсирини ҳисобга олишни талаб қилади. Уранни қазиб олиш билан бир қаторда қайта ишлаш комплекси эритмаларидан рений ва камёб-ер элементларини (КЕЭ) ажратиб олишнинг технологик схемаларини ишлаб чиқишда комплекс ёндашув талаб этилади/ бу уран ишлаб чиқаришнинг асосий кўрсаткичларини оширишга ва шунга мос равишда яқуний маҳсулот таннархини пасайтиришга имкон беради.

Республикамизда тоғ-кон ва металлургия саноатини ривожлантиришда уран билан бирга камёб ва КЕЭ ни биргаликда ишлаб чиқариш учун юқори технологияларни ишлаб чиқиш борасида кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ушбу йўналишда олиб борилган меъёрий чора-тадбирлар, айниқса илмий асосларни ривожлантириш асосида, уран ишлаб чиқариш ҳамда камёб ва КЕЭ ни биргаликда селектив сорбция-экстракция

усулида ажратиш бўйича муайян натижаларга эришилди. Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «Мутлақо янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ишлаб чиқаришни ўзлаштириш, шу асосда маҳаллий ва ташқи бозорларда маҳаллий товарларнинг рақобатбардошлигини таъминлаш»¹ га қаратилган муҳим вазифалар белгиланган. Шу муносабат билан камёб ва КЕЭ сақлаган ураннинг эритмаларини комплекс равишда қайта ишлаш учун юқори самарали ва экологик тоза технологияларни яратиш жуда муҳимдир.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони, 2018 йил 25 октябрдаги «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3983-сон, 2019 йил 17 январдаги «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3479-сон Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VIII. «Ер-тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология и минерал хомашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишига мувофиқ равишда бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи². Уран маъданларини қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказларида ва олий ўқув юртларида олиб борилмоқда, жумладан: University of Nevada (АҚШ), University of Utah (АҚШ), Institute of Condensed Matter Chemistry (Франция), RUCА Антверпен университети (Белгия), Seoul Nation University of Science and technology (Жанубий Корея), Nuclear Physics Institute (КХДР), University of Cape Town (Жанубий Африка), University of the Witwatersrand (Жанубий Африка), Томск политехника университети (Россия), «МИСиС» Миллий илмий-технологик университети (Россия), Россия давлат геология-қидирув университети (Россия), Забайкал давлат университети (Россия), Қозоғистон миллий техник университети (Қозоғистон), Навоий давлат кончилик институти (Ўзбекистон), Навоий кон-металлургия комбинати марказий илмий-тадқиқот лабораториясида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологиясини ишлаб чиқиш ва параметрларини жадаллаштириш, ураннинг мураккаб таркибий тузилмаларини ўзлаштиришга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган:

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи <http://www.scholar.google.com>, <http://www.sciencedirect.com> ва бошқа манбаалар материаллари асосида тайёрланган

заҳираларини қазиб олиш усуллари ишлаб чиқилган (University of Utah, Россия давлат геология қидирув университети); физик усул билан маъданлардан ЕОТЭЎ жараёнини фаоллаштириш усуллари ишлаб чиқилган (Nuclear Physics Institute); икки қатламли конларни қазиб олиш усуллари яратилган (University of Nevada, University of the Witwatersrand); турли хил ривожланиш тизимларидан фойдаланган ҳолда ЕОТЭЎ жараёнини бошқариш учун моделлар ишлаб чиқилган (Томск Миллий тадқиқот политехника университети); урани ЕОТЭЎ нинг гидродинамик жараёнлар такомиллаштирилган (Россия Фанлар академиясининг Узоқ Шарқ филиали юқори технологиялар институти, RUCS Антверпен университети, Навоий давлат кончилик институти) .

Дунёда куйидаги устувор йўналишлар бўйича бир қатор илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда, жумладан: маъдан ҳосил бўлишида тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлиги самарадорлигини ошириш; уран маъданларини оксидлаш; сорбция-десорбция жараёнларига турли депрессантларнинг таъсирини аниқлаш; эритилган муҳитга турли реактивларни киритиш орқали бирламчи минералларни суюқ фазага ўтказиш; урани ЕОТЭЎ нинг гидродинамик режимларини бошқариш; урани ер ости ишқорлаш эритмаларидан рений ва КЕЭ ни сорбция ва экстракция усулида ажратиб олиш; юқори карбонатли уран маъданларини гидрогенли конларини қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Урани ЕОТЭЎ усули билан қазиб олиш амалиётини ривожлантиришга, комплекс қайта ишлаб нодир металларни ажратиб олишга хорижий ва маҳаллий олимлар, жумладан, Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Есаулов В.Н., Жерин И.И., Истомин В.П., Калабин А.И., Ласкорин Б.Н., Лобанов Д.П., Лильбок Л.А., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Борбат В.Ф., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Ю.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Абишева З.С., Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Шарипов Х.Т., 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 Zarogozec C.P., Kundler A.P. каби олимлар салмоқли ҳиссаларини кўшиб келмоқда.

Адабиётлар маълумотлари таҳлили шуни кўрсатадики, ҳозирги кунга қадар юқори карбонатли уран маъданларидан фойдали таркибий қисмни ажратиб олиш механизмини бошқариш йўли орқали ЕОТЭЎ жараёнининг интенсификацияси ва фосфат ион иштирокида эритмаларни қайта ишлашнинг янги технологиясини ишлаб чиқишда илмий ва техник асосларнинг йўқлиги тўсқинлик қилган. Шу муносабат билан уран рудаларидаги карбонатларнинг миқдори юқори бўлган конларни ўзлаштириш технологиясини ишлаб чиқиш, реагентлар сарфини камайтиришнинг самарали усуллари излаш, фосфат ионига асосланган депрессантнинг жараёнга таъсири, камёб ва КЕЭ ни кўшимча равишда тиклаш орқали уран қазиб олишни жадаллаштириш тоғ-кон ва металлургия саноати учун муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот ва олий таълим муассасасининг илмий тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Навоий кон-металлургия комбинати (НКМК) нинг 2026 йилгача инновацион ривожланиш дастури доирасида 44-мавзу - «Ер ости танлаб эритмада уран миқдорини аниқлашнинг тубдан янги усулини ишлаб чиқиш бўйича фундаментал тадқиқотлар» (2017-2018 йй.); 47-мавзу - «Фойдали таркибий қисмни тўлиқ қазиб олишни ва ишлаб чиқаришни жадаллаштиришни таъминлаш учун уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишдаги гидродинамик режимлар» (2017-2019 йй.); 55-мавзу – «Камида 30% КЕЭ оксидларини ўз ичига олган концентратни олиш учун ер ости танлаб эритмага ўтказиш эритмаларидан КЕЭ олиш технологиясини жорий қилиш (2019-2020 йй.)» асосида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Навоий кон-металлургия комбинати шароитида юқори карбонатли маъданлардан уран рудалари фойдали таркибий қисмларини ер ости ишқорлаш тежамкор технологиясининг физик-кимёвий асосларини яратиш рений, КЕЭ ажратиб олиш ва тайёр маҳсулотлар - аммоний перренат, металл рений ва КЕЭ концентратларини олишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

уранни ва кимматбаҳо таркибий қисмларини ишқорлаш самарадорлигига таъсир кўрсатувчи физик-кимёвий омилларни, маъдан ҳосил бўлиши орқали суюқлик ҳаракати филтрлаш хусусиятларини аниқлаш;

жараёнда сунъий гидроизоляция ва гидравлик узилишни яратишда уранни ЕОТЭЎ нинг эритмалари оқимини назарий тадқиқ қилиш;

уранни ЕОТЭЎ эритмаларидан кучли асосли анионит ВО-020 да сорбциясини тадқиқ қилиш;

анионитдан металл ионлари десорбциясини тадқиқ қилиш;

уран фосфати чўкиндилашининг таркибини ва ураннинг кимёвий концентратларини олиш шартларини аниқлаш;

ураннинг ярим саноат синовлари ва параметрларини такомиллаштириш, ғовакли ёриқлар массаларида суюқликларнинг ҳаракатланишини баҳолаш ва кимёвий реагент эритмасини тоғ жинсларининг ғоваклари каналлари орқали филтрлашнинг илмий-услубий асосларини ишлаб чиқиш;

уранни ЕОТЭЎ эритмаларидан рений ва КЕЭ ни бир вақтда экстракция қилишнинг технологик схемасини ишлаб чиқиш ва саноат синовидан ўтказиш;

аммоний перренат, металл рений ва КЕЭ концентратларини олиш технологиясини яратиш;

Тадқиқотнинг объекти уран конларининг геотехнологик участкалари бўлиб, уларда маъдансиз жинсларнинг бир қисмини кальматациялаб, сунъий сув ҳавзаларини яратиш усуллари, таркибида камёб, КЕЭ, депрессантловчи агентлар, уранфосфатли чўкмалар бўлган ураннинг ер ости танлаб эритмага ўтказиш эритмалари, НКМК тайёр маҳсулотлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети бўлиб карбонатли уран маъданларини интеграл қазиб олиш ва қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияни бажаришда кенг кўламли тадқиқот усуллари, шу жумладан, юқори карбонатли уран маъданларини ЕОТЭЎ назарияси ва амалиётини илмий умумлаштириш, аналитик, графоаналитик ва статистик усуллардан фойдаланган ҳолда назарий тадқиқотлар, стендли ва лаборатория тажрибалари, шунингдек, саноат-тажриба синовлари, гранулометриқ, рентген фазали таҳлил, асбоблар таҳлили, кимёвий таҳлил, лаборатория ва тажриба синовлари натижаларини математик қайта ишлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

Уран ишлаб чиқариш эритмаларининг таркибида ураннинг уранил сульфат, камёб ер элементларининг уч валентли мураккаб сульфатли бирикмалар, ренийнинг анион ReO_4^- кўринишида эканлиги аниқланган;

илк бор кучли асосли ВО-020 анионитда рений ионлари сорбцияси ва десорбция жараёнлари учун муқобил кинетик шароитлар аниқланган;

уран-фосфат чўкмасининг сульфат кислота эритмасида тўғридан-тўғри эриши натижасида таркибида (г/л): уран 30-35; фосфор 1,5, сульфат кислота 135-140 бўлган эритма олинган ва уранни ион алмашилиш усулида ажратишда ВО-020 ионитнинг уран бўйича тўйинганлиги 170-180 мг/л тенг эканлиги аниқланди.

ЕОТЭЎ эритмаларидан КЕЭ ни ажратиб олишнинг янги комбинацияланган технологик схемасини ишлаб чиқиш орқали уларни экстракцион-концентрлаш усули ишлаб чиқилган;

илк бор юқори карбонатли уран маъданларини ЕОТЭЎ учун табиий реакторнинг модели ҳамда ва тажриба майдончасида белгиланган ораликда (121,0-123,5 м) сунъий сув тўсиғи яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

реагентлар сарфини камайтирадиган маъдансиз майдонларнинг бир қисмини қолдатлаш йўли билан сунъий сув тўсиқларини яратиш учун техник параметрлар ишлаб чиқилган ва ҳисобланган;

фосфат иони иштирокида уранни сорбция ва десорбция ҳамда уран-фосфатли чўкмаларни сульфат кислота эритмаси билан қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган ва фосфат ионларининг миқдори ($>1,2$ г/л) смола таркибидаги ураннинг мувозанат ҳолатдаги миқдорини 50,5 дан 35,0 мг/ г гача камайтириши аниқланган;

уранни қазиб олишнинг кислотали ва карбонатли ЕОТЭЎ усулларидан олинган уран сорбциясининг асосий суюқликларидан рений ва КЕЭ ни селектив ажратиш усули ишлаб чиқилган ва саноатда жорий қилинган;

ЕОТЭЎ технологик жараёнларида маҳсулот эритмалардаги ураннинг масса концентрациясини титриметрик усулда ўлчаш усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги катта миқдордаги лаборатория, стенд ва саноат тажрибалари, замонавий физик-кимёвий

тадқиқотлар усуллари мажмуаси, сунъий сув тўсиқларининг фильтрация оқими ва фаол ҳамда пассив тоғ массалари ҳаракати таъсирини математик моделлаштиришда замонавий компьютер воситалари ва дастурий таъминотлари қўлланилганлиги билан асосланади. Манбаларни ва моделлаштириш натижаларини баҳолаш усуллари ҳамда мезонлари, шунингдек самарали технологик ечимлар, ишлаб чиқарилган технология ва техникани НКМК объектларида тадбиқ қилишнинг ижобий натижалари асосида хулосалар қилинган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти уран конларини қазиб олишнинг илмий асосларини назарий жиҳатдан умумлаштириш ва ривожлантириш асосида, шунингдек геотехнологик жараёнларнинг физик-кимёвий асослари назариясига ҳисса қўшадиган филтрлашга қарши экранларини шакллантириш орқали ЕОТЭЎ жараёнларини амалга ошириш ва интенсификациялаш усуллари ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти геотехнологик кўрсаткичларнинг самарадорлигини 80% гача оширишни таъминлайдиган филтрга қарши экранларни лойиҳалаш бўйича ишлаб чиқилган тавсиялар, ураннинг $0,1 \text{ мг/дм}^3$ дан ошмайдиган жуда кам концентрацияли эритмалардан сорбцион ажратишнинг муқобил режимларини аниқлаш, рений ва КЕЭ ажратиб олишнинг комбинирланган технологик схемасини ишлаб чиқиш, ГОСТ талабларига жавоб берадиган аммоний перренат, метал рений ҳамда оксид, гидроксид, оксалат ва карбонат кўринишидаги КЕЭ нинг концентратларини олиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юқори карбонатли маъданлардан уранни ЕОТЭЎ технологиясини ишлаб чиқиш ва параметрларини интенсификациялаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

маъдан бошқаруви ер ости сув ўтказгичларни яратиш ёки ҳосил бўлган бўшлиқларни ўтказувчан бўлмаган материаллар билан тўсиш орқали танлаб эритмага ўтказиш реагентининг оқшини аниқлаш усули Навоий кон-металлургия комбинатининг 5-сонли маъдан бошқармасига жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2019 йил 28-ноябрдаги №02-06-04/15131-сон маълумотномаси). Натижада сунъий ушлаб туриш зонасида фильтрация коэффицентининг 4 баравар, иш вақти ва реагентлар истеъмолини 26% га камайтириш ва фойдали компонентларнинг самарали эритмалардаги концентрацияси 35% гача ошириш имконини берди;

фосфат иони иштирокида ураннинг сорбция ва десорбцияси технологик схемаси, уран-фосфатли чўкмаларни сульфат кислотали қайта ишлаш усули Навоий кон-металлургия комбинатининг 5-сонли маъдан бошқармасига жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2019 йил 28-ноябрдаги №02-06-04/15131-сон маълумотномаси). Натижада уранни 90% ажратиб олиш имконини берган;

маҳсулот эритмаларидан ураннинг масса миқдорини титриметрик усулда аниқлаш методикаси Навоий кон-металлургия комбинатининг

марказий илмий-тадқиқот лабораториясига тадбиқ («Навоий кон-металлургия комбинати» ДКнинг 2019 йил 28-ноябрдаги №02-06-04/15131-сон маълумотномаси). Натижада реагентлар сарфи ва таҳлил вақтини икки баравар камайтириб, қўшимча жараёнлардан воз кечиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 39 та, жумладан, 23 та халқаро ва 16 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 58 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фан доктори диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 19 та мақола, жумладан, 14 та республика ва 5 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 204 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурийлиги асосланган, мақсад ва вазифалар, тадқиқот объектлари ва предметлари берилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, унинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий этиш истиқболлари бўйича хулоса қилинган ҳамда чоп этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Ер остида танлаб эритишнинг махсус тизимлари ҳақида умумий маълумотлар**» деб номланган биринчи бобида адабиётлар шарҳи берилган бўлиб, унда минерал-ҳомашё базасини ривожлантириш истиқболлари, дунёда ва Ўзбекистонда ренийнинг истеъмоли тузилмаси, ер остида танлаб эритиш тизимлари, фазода ва вақт ичида эритмаларнинг ҳаракатини бирлаштириш ва бошқариш, узун коллекторлар билан танлаб эритиш ва уни эксплуатация қилишда эритмаларнинг йўналишининг ўзгариши билан вертикал фильтрация тизимлари ҳақида маълумотлар берилган. Шунингдек гидравлик синиш орқали маъданларининг ўтказувчанлиги ошиши тизими ва физик майдонлар таъсиридаги тизимлар ҳам батафсил берилган.

Адабий манбалар ва замонавий тенденциялар таҳлили уран маъданларида юқори карбонат таркибли конларни қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш, технологик қудуқлар тармоғини сусайтиришнинг самарали усулларини излаш, шунингдек фосфат ионига асосланган депрессантга бўлган таъсирни камайтириш орқали уран қазиб

олишнинг интенсивлигини ошириши билан фойдали компонентнинг ер қаридан олишнинг технологик тўлиқлигини кўрсатади.

Диссертациянинг «**Ер остида танлаб эритиш участкасининг техник ва минералогик тавсифи**» деб номланган иккинчи бобида ер-ости ишқорлашда суюқликнинг маъдан горизонти бўйлаб ҳаракатланишининг назарий масалалари кўриб чиқилган.

Кўриб чиқилаётган объект гетероген тизим эканлигини ҳисобга олсак, ундаги кимёвий реакция беш босқични ўз ичига олади: 1) реагентнинг суюқ қатлам орқали қаттиқ фаза юзасига тарқалиши; 2) реагентнинг қаттиқ реакция маҳсулоти қатлами орқали тарқалиши; 3) уран минерали юзасидаги кимёвий реакция; 4) реакциянинг қаттиқ маҳсулоти қатлами орқали реакция маҳсулотининг диффуз тарқалиши; 5) реакция маҳсулотининг суюқ қатлам орқали қаттиқ фаза юзасидан диффуз тарқалиши.

Шундай қилиб, гетероген реакция тезлиги уран минерали сиртидаги ташқи диффузия, ички диффузия ва кимёвий реакция тезлиги билан белгиланади. Агар кўрсатилган жараёнлардан бирининг пайдо бўлиш вақти қолган вақтнинг кўп бўлса, у гетероген реакция учун лимитли бўлади. Лимитловчи жараённинг турига қараб реакция ташқи диффузияда, ички диффузияда ёки кинетик соҳада кетади.

Кальматацияга олиб келадиган оксидловчининг табиати ва жинсларнинг карбонатлиги ЕОТЭЎ жараённинг интенсификацияси учун алоҳида аҳамиятга эга. Шу муносабат билан карбонат миқдори 8% гача кўпайган шароитда урanni оксидланиши учун альтернатив оксидловчиларни қидириш ишлари олиб борилди. Оксидловчи композициялар ўрганилди: 1. Кальцинирланган сода + ҳаво атмосферадаги кислород (эжектирлаш). 2. Нитрат кислота натрий гипохлорит билан + ҳаво атмосферадаги кислород (эжектирлаш). 3. Натрий гипохлорит + ҳаво атмосферадаги кислород (эжектирлаш). 4. Техник кислород. 5. Сульфат кислота + ГМЗ-3 дикантацияга қарши эритмалар (Fe^{3+}). 6. Сульфат кислота + нитрат кислота.

НКМК да уран ишлаб чиқариш амалиётида карбонат миқдори кўп бўлган рудаларнинг ижобий натижалари ҳар хил қувватли адсорбцион кислородли қурилмалар ёрдамида олинган.

Диссертациянинг «**ЕОТЭЎ участкасининг техник-минералогик хусусиятлари**» деб номланган учинчи бобида объектлар ва тадқиқот усуллари, экспериментал майдончалар схемалари ва сунъий сув тўсиғини яратиш технологияси, сунъий сув тўсиғини яратиш учун қудуқларни боғлаш схемаси, шунингдек экспериментал майдончанинг геологик ва гидрогеологик хусусиятлари ва сунъий сув тўсиғининг параметрларини аниқлаш бўйича ишлар келтирилган. Шунингдек, кесим нуқтаи назаридан маҳсулдор горизонт тоғ жинсларининг филтрлаш хусусиятлари аниқланди.

Маҳсулотли ва ишчи эритмалардан намуна олинганда ҳамда пласт сувларининг кимёвий таҳлили натижасида рН, оксидлаш-қайтариш потенциали (ОҚП), U , Fe^{2+} , Fe^{3+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , қаттиқ суспензиялар, куруқ қолдиқлар аниқланади.

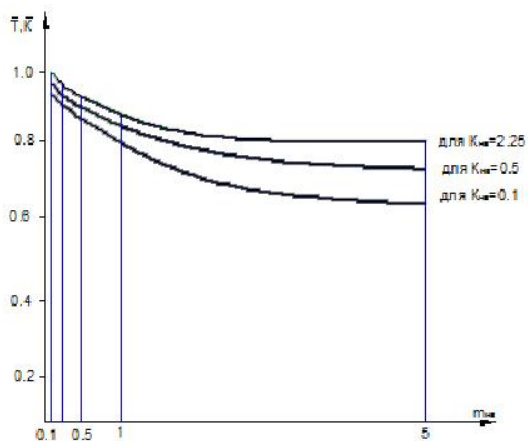
Жараённинг экотизимга таъсири, 5 - КБ нинг иқлим зоналари географик жойлашуви, шунингдек, тупроқ шўрланишининг ҳар хил даражалари ва табиий пласт сувларидаги туз таркиби 1700 дан 4200 мг/л гача ўзгариши сабабли тадқиқотлар олиб борилди. Пласт сувларига 5-КБ нинг кўп йиллик ишлаб чиқариш фаолиятида ва ушбу ишдан олинган натижалари шуни кўрсатадики ер остида танлаб эритиш усули ер ости сувларини экологик зарар етказмасдан сақланишини таъминлайди.

Сунъий сув ўтказувчанлигини яратишда қуйидаги ишларнинг кетма-кетлиги амалга оширилади: 1. Жинсларнинг гидравлик синиши натижасида ёриқ ҳосил бўлиши. 2. Лой суспензиясининг тахминий ҳажмини юбориш. 3. 1% электролит (кальций хлорид) эритмасидан 2,5 м³ юбориш. 4. 1 м³ чучук сувни юбориш. Тоғ жинсларининг кольматацияси ёриқнинг ҳар икки томонида ҳам амалга оширилади, кольматацияланган зонанинг максимал қалинлиги 1 м, ўртача қалинлиги 0,52 м деб тахмин қилинади.

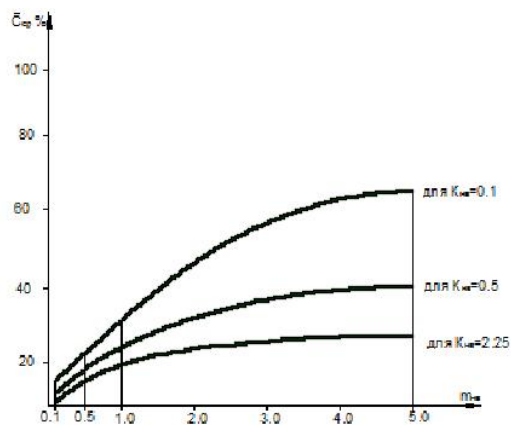
Диссертациянинг «**Ер остида танлаб эритиш жараёнларини моделлаштириш, гидроузилиш ва урanni танлаб эритмага ўтказишнинг энг мақбул параметрларини танлаш**» номланган тўртинчи бобида сунъий сув тўсиғини гидродинамик оқим ва пластга таъсирини моделлаштириш натижалари, сунъий сув тўсиғи бўлган экспериментал майдончанинг ишлаши бўйича кузатув материалларининг таҳлили, шунингдек экспериментал стендларда гидроузилиш ва кольматация жараёнларининг моделлаштириш натижалари берилган. Моделлаштириш жараёнида сунъий сув тўсиқларнинг қувватини бирламчи гидродинамик майдонча ривожланишининг асосий геотехнологик кўрсаткичларига таъсири ўрганилди. Сунъий сув тўсиғи параметрларининг қуйидаги кўрсаткичлари қабул қилинди: филтрация коэффициенти суткасига 4,5 дан 0,0 гача, қувват 5 дан 0,1 м гача.

Моделлаштириш натижаларига кўра битта гидродинамик майдончанинг ичида сунъий сув тўсиғи таъсири остида ҳосил бўлган ер ости оқимининг динамикасини акс эттирувчи гидродинамик тармоқлар қурилади; фойдали компонентни ажратишнинг 80 фоизи учун асосий геотехнологик кўрсаткичларнинг ҳисоб-китоблари амалга оширилди ва сунъий сув тўсишининг ушбу кўрсаткичларга таъсири даражаси ва табиати акс эттирилган эмпирик боғлиқликлар аниқланди (1-2 расм).

Моделлаштириш натижаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, сунъий сув тўсиғининг таъсири, агар унинг қалинлиги 0,25м дан ошса ва фақат сунъий сув тўсиқларининг ўтказувчанлиги ушбу қамраб олинadиган маҳсулотли горизонтнинг ўтказувчанлигидан 10 баравар паст бўлса, кон ишларининг самарадорлигига таъсир қилади. Синов ва тажриба саноат ишларини ташкил этишда энг мос келадиган нарса сунъий сувни чеклаши кичик (1 м гача) қувватни яратишга имкон берадиган технологиялардан фойдаланиш, аммо жинсларнинг ўтказувчанлигини 10-15 баравар камайтирадиган материаллардан фойдаланиш. Бундай ҳолда, самара бўлиши учун, қудуқлараро масофанинг қоплаш даражаси 34 ÷ 84% ташкил қилади. Бундай сув чекланишлар гидроузилиш ва ҳосил бўлган бўшлиқларни лой ёки лой-цементли эритма билан тўлдириш усули билан яратилиши мумкин.



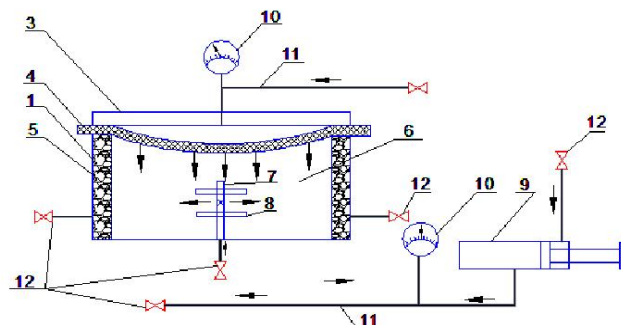
1-расм. Иш вақти (T) ва реагент сарфининг (K) ҳар хил ўтказувчанлик ($K_{нв}$) ва сунъий сувни чеклашнинг қувватига ($m_{нв}$) ва қудуқлараро узлуксиз ўзаро боғлиқлиги



2-расм. Маҳсулотли эритмалар таркибидаги ўртача таркибнинг сунъий равишда ушлаб туриш ($m_{нв}$) сиғимига боғлиқлиги

Экранларнинг сифат кўрсаткичларини, хусусан қувватини, узлуксизлигини, кесимдаги шаклини, шунингдек филтрлаш хусусиятларни аниқлаш учун ер остли қатламга юқори босимли таъсир кўрсатиб, сунъий сув ҳавзаларни яратишнинг физик моделлаштириш бўйича ишлар олиб борилди. Моделлаштириш радиуси 350 мм ва баландлиги 300 мм бўлган цилиндрсимон корпусдан ташкил топган (3-расм) экспериментал дастгоҳда ўтказилди. Зичлиги $1,32 \text{ г/см}^3$ бўлган лойдан тайёрланган суспензия эритмасидан фойдаланиш тупроқни филтрация хусусиятларни ишончли равишда 3-10 марта камайтиришга имкон беради. Барча тажрибаларда кичик (5-7 мм гача) қувват ва ҳосил бўлган бўшлиқларнинг (300 мм гача) узунлиги бўйича табиий шароитларда яратилган сунъий техноген ҳосилаларга қўйилган талабларга жавоб беради.

Тажриба майдончаси ишлаши давомида технологик қудуқларнинг маҳсулдорлиги ўзгариши, танлаб эритувчи эритмаларининг кислоталиги, шунингдек N-1, N-2, N-3, T-2, T-2¹ қудуқларида ҳосил бўлган сувнинг кимёвий таркибидаги ўзгаришлар тўғрисида мунтазам равишда кузатувлар ўтказилди.



1- цилиндрик корпус; 2- туб; 3- қопқоқ; 4 – вакуум резинали кистирма; 5- ҳалқали дренаж; 6 – стенднинг ишчи қисми; 7- қудуқнинг модели; 8- ажратувчи манжет; 9- босимли цилиндр; 10- манометр; 11- босимли шланг; 12- вентель

3-расм. Тоғ жинсларида гидроузилишни стендли моделлаштириш схемаси

Тажриба майдонини ўзлаштириш учун асосий геотехнологик кўрсаткичлар 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Тажриба майдончасини ўзлаштиришнинг асосий геотехнологик кўрсаткичлари

Насосни ишлаш вакти, сут	Қуйилган эритмаларни нж ҳажми, м ³	Сўриб олинган эритмаларн инг ҳажми, м ³	Кислотан инг сарфи, кг	Фойдали компонентн инг ажралиши, уран %	Эритмалардаги фойдали компонентнинг ўртача миқдори, ш. б.	Суюқ- каттик фаза нисбати (С:К)
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 кузатиш натижалари ва индукцион каротаж натижалари гидроизоляция ишининг жуда ишончли эканлигини кўрсатди. Синов стендларида гидроузилиш ва кольматация жараёнини моделлаштириш ишлари ҳам олиб борилди. Гидроузилиш жараёнида гил ва лой-цемент эритмалари бўшлиқларни тўлдирувчи материал сифатида ишлатилган. Тажрибалар суюқ шиша ва сульфат кислота эритмаларини стаканда аралаштириш орқали амалга оширилди. Шу билан бирга, гелсимон чўкинди ҳосил бўлишига, натрий хлорид қўшилиши билан унинг ўзгаришига, шунингдек муҳитнинг кислоталигига сарф қилинган вақт қайд этилди (2-жадвал).

2-жадвал

Суюқ шиша эритмаларининг гелланиш бўйича лаборатория ишларининг натижалари

Геллаш воситаси – сульфат кислотанинг 2%-ли сувли эритмаси									
Суюқ шишанинг сувли эритмаси, %	30	25	20	15	10	5	2,5	2,0	1,25
Гелланиш вакти, сек	50	80	120	180	нет	нет	нет	нет	нет
Геллаш воситаси – натрий хлориднинг 178,6 г/л, сульфат кислотанинг 2%-ли бўлган эритмаси.									
Гелланиш вакти, сек	10	15	23	40	80	600	нет	нет	нет
Геллаш воситаси – натрий хлориднинг 357,2 г/л, сульфат кислотанинг 2%-ли бўлган эритмаси.									
Гелланиш вакти, сек	32	4	8	15	20	60	300	600	3000

Натижада сульфат кислотаси ва суюқ шиша эритмаларининг реакция пайтида кум-лой жинсларининг ғовак бўшлиғини тўлдирадиган кремний кислотаси гели ҳосил бўлиб, у ишончли кольматант бўлиб хизмат қилиши мумкин. Силикон кислотали гель ажралиши кучсиз ишқорий муҳитда (pH=8)

учрайди. Натрий хлорид билан тўйинган 2% ли сульфат кислотанинг сувли эритмасидан геллаш воситаси сифатида фойдаланиш геллаш вақтини сезиларли даражада (3-4 марта) камайтиради ва суюқ шиша концентрациясини геллаш учун зарур бўлган концентрацияни 2.5 баравар камайтиради.

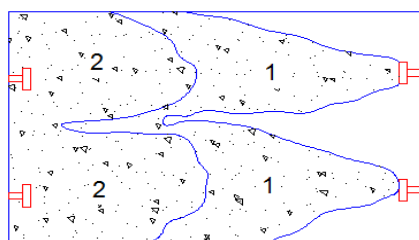
Стендлардаги фильтрация оқимларидаги тоғ жинсларининг кимёвий кольматациясини ўрганиш учун 3-жадвалда кўрсатилган турли таркибли кольматантлар ва геллаш воситаларидан фойдаланилган.

3-жадвал

Фильтрлаш новларидаги тажрибаларда ишлатиладиган кольматант ва геллаш воситалари

Аралашма тури	Кольматант	Геллаш воситаси
I	Суюқ шишанинг 5%-ли эритмаси	2% H ₂ SO ₄ ; 17,9 NaCl; 81,1 HO ₂
II	Суюқ шишанинг 10%-ли эритмаси	2% H ₂ SO ₄ ; 17,9 NaCl; 81,1 HO ₂
III	Суюқ шишанинг 2%-ли эритмаси	2% H ₂ SO ₄ ; 36 NaCl; 62 HO ₂

Суюқ шиша эритмалар ёрдамида тоғ жинсларини кольматация жараёнининг сифатли тавсифларини олиш учун иккита фильтрлаш новлари ишлаб чиқарилган. Икки ва уч қаватли ерости қатламлар шароитида фильтрлаш новида кимёвий пардани яратиш бўйича жами 24 та тажриба ўтказилди. Кимёвий парданинг шаклланиш тезлиги ва унинг ишончлиги, кольматовчи эритма ва геллаш воситаси ўртасидаги деффузия тезлигига боғлиқ эканлиги аниқланди. Барча ҳолларда кольматациялашган қатламларнинг қуввати 20-50 мм эди (4-расм).



1-кольматация зонаси;

2-интенсив кольматация зонаси

4-расм. Кольматациянинг горизонтал кесими

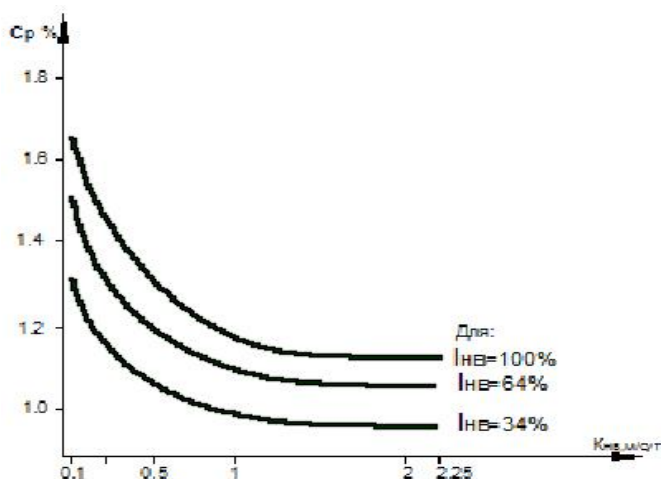
4-жадвалда маъданли ва маъдансиз интервалларни фильтрлаш коэффициентларнинг турли нисбатлари учун кольматант ва геллаш воситалар турлари кўрсатилган, улардан фойдаланиш пайтида ер ости қатлами ишончли кольматацияланиши кузатилган ва фильтрлаш хусусиятлари эса 4-10 мартаба камайган.

Шундай қилиб, суюқ шиша эритмаларнинг кольматацион хусусиятларини ўрганиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар уларни ЕОТЭ-нинг тажриба участкасида синашни тавсия қилишимизга имкон беради. Бундан олдин тажриба майдончасининг геологик ва гидрогеологик шароитларини синчикловлик билан ўрганиш керак, уларнинг натжалари кўп жиҳатдан самарали колматант ва геллаш воситасини танлашда аниқлик киритади.

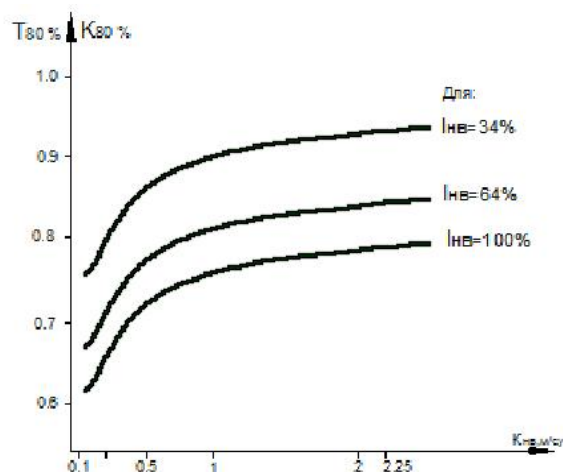
Фильтрлаш хусусиятларини камайтирувчи кольматантлар ва геллаш воситаларининг турлар

Тажрибаларда маъданли ва маъдансиз интервалларни филтрлаш коэффициентларнинг нисбати	0,25	0,30	0,50	0,70	0,75	1,00
Кольмотант ва геллаш воситасининг аралашмасининг тури	II	II	I, II	I, II	I-III	I-III

Моделлаштириш ва ҳисоб-китоблар натижалари бўйича қурилган асосий геотехнологик кўрсаткичларнинг сув чеклашнинг ўтказувчанлигига ва яхлитлигига боғлиқлик графиги уларнинг ўлчовлари қуйидаги йўналишини кўрсатди. Бирлик гидродинамик камеранинг иш вақти ва у билан мутоносиб равишда реагент сарфи сунъий сув чеклашнинг яхлитлиги 34 фоиздан 100 фоизгача ўзгарганда мос равишда 0-22% дан ва 7-38% гача камаяди (5-жадвал ва 5-расм). Юқорида кўрсатилган параметрлар билан тескари боғлиқликка эга бўлган фойдали компонентнинг ўртача миқдорини сунъий сув чеклаш яхлитлигининг тегишли ўзгариши билан 34 дан 100% гача (5-жадвал ва 6-расм).



5-расм . Фойдали компонентни ўртача миқдори ($C_{урт}$ 80%) сув чеклашнинг ўтказувчанлигига ($K_{ив}$) ва яхлитлигига ($t_{ив}$) боғлиқлиги



6-расм. Бирлик ГДЯ қайта ишланиш вақти (T_{80}) сув чеклашнинг ўтказувчанлигига ($K_{ив}$) ва яхлитлигига ($t_{ив}$) боғлиқлиги

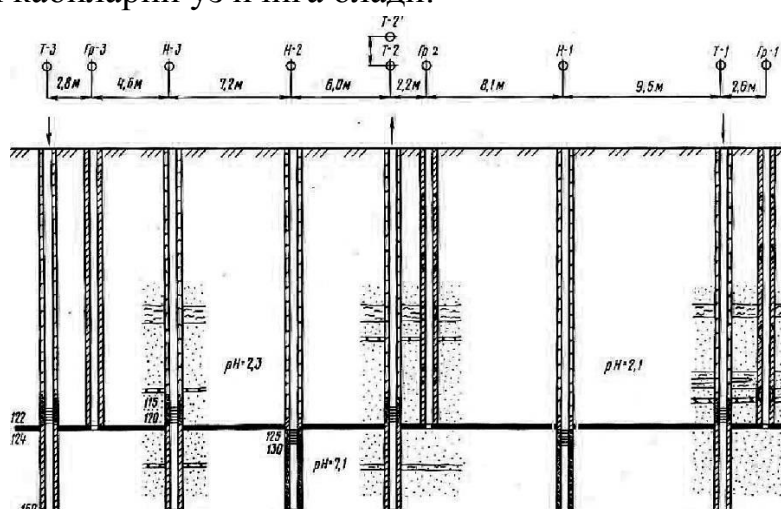
Сунъий сув чеклашларни яратиш ва улардан фойдаланиш бўйича ишлар сув ўзиш жараёнини тўғрисида олдиндан илгари сўрилган гипотезаларни синаб кўриш ва сунъий сув чеклаш учасининг ҳақиқий ишлаши билан моделлаштириш натижаларининг яқинлашишини аниқлаш мақсадида ўтказилди.

Тажриба камераси ЕОТЭ синов майдончасининг энг яқин технологик қудуқларидан 250 м масофада жойлашган бўлиб сув чеклашни ҳосил қилувчи учта сув ўзиш, учта технологик ва тўртта кузатув қудуқлардан иборат (7-расм). Технологик қудуқларни боғлаш учун тажриба камерасига танлаб эритиш ва махсулотдор эритмалар етказиб берувчи қувурлар ўтказилган.

Геотехнологик кўрсаткичларни нисбий ўзгаришлари

Вариантлар	Вариантлар				
	I	II	III	IV	V
80% ли ажратиб олишгача қайта ишлаш вақти ва реагент сарфи					
-	0,93	0,89	0,83	0,71	0,62
а	0,97	0,90	0,84	0,74	0,67
б	1,00	0,95	0,92	0,83	0,78
Махсулотдор эритмаларда қимматли компонентни ўртача миқдори					
-	1,08	1,14	1,22	1,43	1,63
а	1,03	1,11	1,19	1,35	1,58
б	1,00	1,04	1,10	1,22	1,31

Тажриба камеранинг қайта ишлаш бўйича кузатувлар чиқиш кудуқлардаги эритмаларни сўриб олиш тезлиги ва киритиш кудуқларнинг эритмани қабул қилиши бўйича назорат; ер ости қатламига кирадиган эритмаларнинг кислоталигини ўлчаш; киритиш ва кузатиш кудуқларда эритмаларнинг рН кўрсаткичини аниқлаш; қисқартирилган кимёвий таҳлил учун намуна олиш; ишчи эритмаларда қимматли компонент миқдорини назорат қилиш кабиларни ўз ичига олади.



Гр-1,2,3 – сув чеклаш кудуқлари; Т - 1,3 – киритиш технологик кудуқлари; Т - 2 – чиқиш технологик кудуқлари; Т - 1,2,3 – кузатув кудуқлари

7-расм. Сунъий сув чеклаш билан тажриба участкасининг схемаси

Ҳозирги вақтда тажриба камерасининг ишлаши 80 кунни ташкил этди. Қайта ишлашнинг асосий кўрсаткичлари б-жадвалда келтирилган.

Агар таққослаш учун танланган 1 ва 2 – блоклар ЕОТЭ ишга тушгунга қадар ишлаётган кўшни блоклар эритмалари билан қисман кислоталанганлигини ҳисобга олсак, унда тажриба камерадаги экстракция тезлиги ва фойдали компонент ўртача миқдори бошқа ўхшаш блокларга нисбатан янада юқори бўлади. Махсус усуллардан фойдалланган ҳолда мураккаб таркибий конларни қайта ишлаш концепциясини ишлаб чиқиш учун уларни саноат миқёсида ишлаб чиқиришга киритиш оқибатларини умумий қиёсий баҳолаш тавсия этилади.

6-жадвал

Сунъий сув чеклаш орқали тажриба камерасини синаш учун асосий кўрсаткичлар

Ой ва хақиқий иш вақти	Сўриб олиш қуввати, м ³ /соат	Скважина қабул қилиши, м ³ /соат		Эритмалар нордонлиги, г/л	Чиқадиган эритманин рН кўрсаткичи	Кўзатилган сважиналардаги эритмаларни рН кўрсаткичлари				Танлаб эритиш тезлиги, %	Қимматли компонентни эритмадаги ўртача, шартли бирлик
		Т-1	Т-3			Н-1	Н-2	Н-3	Т-2		
Ноябрь 25сут	4,6	3,2	1,5	7,0	7,2	7,3	7,0	7,3	7,0	0,3	0,1
Декабрь 25сут	4,0	4,0	2,0	6,0	6,5	1,9	7,2	6,2	7,0	4,5	0,7
Январь 30сут	3,0	1,2	2,0	7,0	6,1	2,4	7,2	5,1	6,5	7,0	0,9

Диссертациянинг «Маҳсулдор уранли эритмаларни қайта ишлашнинг технологик жараёни» деб номланган бешинчи бобида уранфосфатли чўкиндиларни қайта ишлаш бўйича натижалар келтирилган.

Анионитда фосфор миқдори 2-6 кг/т етиши мумкин, бу 25-50% уран мавжуд уран фосфатли чўкиндиларнинг ураннинг нитратли десорбцияланиши жараёнига олиб келади (7-жадвал). Ишлаб чиқариш шароитларида уранил ва аммонийнинг сувли фосфатлари чўкиндилари тайёр маҳсулот сақлаш сифимларига тўпланади. Ушбу чўкиндиларда ураннинг кўп миқдорини цехнинг тайёр маҳсулотига қайтариш билан уларни қайта ишлаш лозимлиги келиб чиқади. Фосфор таркибли чўкиндилардан уранни сода билан танлаб эритмага ўтказиш ва фосфор бирикмасини икки валентли темир билан чўктириш жараёни тадқиқ қилинди.

7-жадвал

Чўкиндиларнинг кимёвий таркиби

Компонентлар миқдори, %							
U	P	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	SO ₄	NO ₃	п.п.п
27,07	2,4	33,4	-	-	-	-	15,84
31,98	4,15	28,84	-	-	-	-	20,85
44,63	3,59	7,09	-	1,45	10,6	-	-
43,86	2,75	8,2	-	н/обн	14,6	-	-
41,65	5,96	12,1	0,6	-	2,22	н/обн	23,07
40,7	4,62	10,5	0,6	-	8,09	2,1	22,85

Уран карбонатли эритмага сульфат кислотали темирнинг чала оксиди билан ишлов бериш натижасида икки валентли темир, фосфор ва карбонат-ионлар бўлган аралаш чўкинди ҳосил бўлади. «Танлаб эритмага ўтказиш-чўктириш» даврлари (цикллари) сонига боғлиқ ҳолда, куруқ оғирликка қайта ҳисоблашда ушбу чўкиндилар таркиби 8-жадвалда келтирилган. 70% гача темир мавжуд чўкинди икки валентли темирнинг уч валентлига кейинги оксидланиши билан сульфат кислотада эриши мумкин ва уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини жадаллаштирувчи оксидловчи сифатида қўлланилиши мумкин.

Уран микдорли чўкинди таркибининг «танлаб эритмага ўтказиш-чўктириш» ўтказилган даврларига (циклларига) боғлиқлиги

Ўтказилган даврлар (цикллар) сони	Чўкинди таркиби, %		
	U	Fe	P
III	0,3-0,5	40-41	2,0-1,5
IV	0,15-0,11	62-65	1,5-1,3
V	0,05-0,04	69-70	1,1-1,0

Уран фосфорли чўкиндилардан фосфорни ва кремнийнинг майда сочилган бирикмаларини танлаб эритмага ўтказиш жараёнини амалга ошириш учун уларга натрий ишқори билан ишлов берилди. Тажрибалар натижалари шуни кўрсатадики, танлаб эритмага ўтказиладиган эритмаларда натрий ишқори микдорининг 50г/л дан 100г/л гача ортиши фосфорни танлаб эритмага ўтказиш жараёни самарадорлигининг 30-35% га (60% дан 95-96% гача (9-жадвал) ошишига олиб келди. Танлаб эритмага ўтказиладиган эритмага аммоний бифторидни киритиш орқали чўкиндидан кремний бирикмаларини ажратиб олиш учун қатор лаборатория тажрибалари ўтказилди. Кремний бирикмаларини ажратиб олиш жараёни икки босқичда олиб борилди. I босқичда - 100 г/л натрий ишқори мавжуд эритмалар билан кремний бирикмаларини танлаб эритмага ўтказиш; 100 г/л натрий ишқори + 20 г/л аммоний бифторид; 100 г/л натрий ишқори + 50 г/л аммоний бифторид 1:3 тенг бўлган чўкинди ва эритма ҳажмлари нисбатида ишлов берилди.

Турли концентрацияли натрий ишқори эритмалари билан уранфосфатли чўкиндиларга ишлов бериш натижалари

Натрий ишқори концентрацияси, г/л	Фильтрат, г/л		Чўкинди, %	
	U	P	U	P
10	0,012	0,025	33,32	3,72
30	0,018	0,177	44,63	4,2
50	0,056	3,04	50,58	1,52
70	0,280	3,74	52,7	0,176
90	0,490	3,9	53,5	0,068
100	0,47	3,8	55,93	0,041
120	0,50	3,63	33,7	0,041

2 соатдан сўнг бўтана филтрланди ва чўкиндидаги уран ва фосфор микдори таҳлил қилинди. Ишлов беришнинг I босқичидан сўнг лаборатория тажрибалари натижалари 10-жадвалда келтирилган.

Ишлов беришнинг биринчи босқичидан сўнг ўхшаш шароитларда кремний бирикмаларини ажратиб олиш учун чўкинди қайтадан танлаб эритмадан ўтказилди. Тажриба натижалари 11-жадвалда келтирилган. 11-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўринадики, аммоний бифторид ишқорли муҳитда уран фосфатли чўкиндилардан кремнийнинг майда сочилган бирикмаларини ажратиб олиш жараёнига катта таъсир кўрсатади.

10-жадвал

Аммоний бифторидни қўшиш билан уранфосфатли чўкиндиларни ишқорли эритмалар билан танлаб эритмага ўтказиш натижалари (I босқич)

Танлаб эритмага ўтказувчи эритма, г/л	Чўкинди,%		
	U	P	SiO ₂
100 г/л NaOH	39,5	0,365	21,96
100 г/л NaOH+20 г/л NH ₄ F*HF	36,3	0,40	29,45
100 г/л NaOH+50 г/л NH ₄ F*HF	33,8	0,48	30,22

11-жадвал

Уранфосфатли чўкиндиларга ишқорли ишлов беришнинг II босқичи натижалари

Танлаб эритмага ўтказувчи эритма, г/л	Чўкинди,%			Чўкинди,%		
	U	P	SiO ₂	U	P	SiO ₂
100 г/л NaOH	53,52	0,098	10,13	0,154	2,87	16,8
100 г/л NaOH+20 г/л NH ₄ F*HF	55,4	0,148	10,32	0,138	3,2	18,7
100 г/л NaOH+50 г/л NH ₄ F*HF	43,84	0,123	6,16	0,140	3,46	20,8

10% натрий ишқори эритмасида уран фосфатли чўкиндилар эриши жараёнига ҳароратнинг таъсири муҳим аҳамиятга эга. Уран фосфатли чўкиндилардан фосфор ва кремний бирикмаларини ажратиш олиш 40°C ҳароратда энг самарали кечади ва чўкиндига ишлов бериш жараёнида уни 70°C гача оширишда қийин филтрланадиган гелсимон бирикмалар ҳосил бўлиши содир бўлади.

Чўкиндига натрий ишқорининг 10% ли эритмаси билан ишлов бериш натижасида олинган ишқорли эритма ишланган қудуқларга юборилиши мумкин, 50% дан ортиқ уран мавжуд чўкинди уранни ВО-020 ионитда кейинги концентрациялаш билан сульфат кислотани эритилади. 12-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўринадикки, чўкиндининг энг кўп эриши 15-20% -сульфат кислотани содир бўлади.

Уран фосфатли чўкиндиларни эритишда олинган сульфат кислотали уран мавжуд эритмалар юқори кислоталикка эга (140-148 г/л H₂SO₄). Шунинг учун ураннинг турли миқдорли сульфат кислотали эритмалардан уранни ажратиш олиш жараёнида ВО-020 ионитнинг сорбцияли хусусиятларини аниқлаш келгусидаги тадқиқотлар вазифаси ҳисобланади.

12-жадвал

Уран ва фосфор бирикмалари мавжуд чўкиндиларни эритишга сульфат кислота концентрациясининг таъсири

Сульфат кислота концентрацияси	Филтрат, г/л		чўкинди,%	
	U	P	U	P
5% H ₂ SO ₄	9,8	1,93	35,9	4,72
10% H ₂ SO ₄	16,9	1,93	24,86	3,146
15% H ₂ SO ₄	23,4	2,77	7,6	0,956
20% H ₂ SO ₄	23,4	2,77	5,78	0,634

Уран фосфатли чўкиндиларни сульфат кислотали эритишда олинган ва 10, 20, 30, 50 и 100 г/л уран мавжуд эритмалардан уранни ион алмашилиш

узулида ажратиб олиш 24 соат давомида 1:10 тенг бўлган К:С нисбатда статик шароитларда амалга оширилди. Сўнгра ионит ва эритмага ажратиш ҳамда улардаги уран ва фосфор миқдорини аниқлаш амалга оширилди. Тадқиқотда олинган натижалар 13-жадвалда келтирилган.

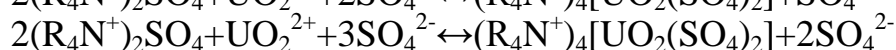
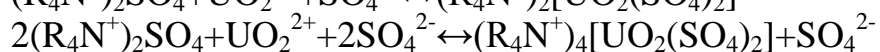
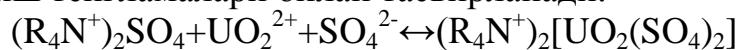
13-жадвал

ВО-020 ионит билан урани ион алмашинувли ажратиб олиш

Дастлабки эритмадаги уран концентрацияси	Мувозанатдаги эритма, г/л			ионит мг/л U
	C _и	C _р	кислоталик	
9,96	9,3	1,39	158,0	171,6
16,7	16,25	1,34	157,0	198,1
30,0	28,7	1,3	155,0	236,0
37,0	37,2	1,17	155,0	240,0
44,8	44,0	1,31	155,0	240,0
71,2	68,0	1,45	147,0	265,7
102,0	97,5	1,61	144,0	290,0

Тадқиқ қилинаётган чўкиндидан урани янада тўлиқ ажратиб олиш мақсадида 15% сульфат кислота билан 3 босқичли танлаб эритмага ўтказиш ўтказилди. Сўнгра ВО-020 ионитда сульфат кислотали эритмалардан урани ажратиб олиш ва кейин эса урани карбонатли десорбциялаш ўтказилди. Натижалар шуни кўрсатдики, чўкиндидан урани 3 босқичли танлаб эритмага ўтказиш жараёнида 15% сульфат кислота билан уни 96% га тенг бўлган ажратиб олиш даражасига эришиш мумкин, сульфат кислотанинг умумий сарфи 1 кг уранга ≈1,6 кг сульфат кислота.

Кучли асосли анионитлар билан маҳсулдор эритмалардан урани сорбциялаш жараёнининг механизми ион алмашинув ва комплекс ҳосил қилиш тенгламалари билан тасвирланади:



Маҳсулот эритмаларда уранинг паст концентрацияси ($6 \cdot 10^{-5}$ - $4,5 \cdot 10^{-4}$ М) анионитлардан фойдаланиш билан уларни сорбцияли қайта ишлаш жараёнининг ўзига хос хусусиятларига сабаб бўлади. Эритма рН га боғлиқ ҳолда, учметилламмоний анионит билан уранил сульфат ионини сорбциялаш давомийлиги 100 (рН=1,85) дан 500 дақ. гачани (рН=3,6) ташкил этади. Амалиётда ионитларнинг қайта ишланадиган эритма билан ўзаро таъсири давомийлиги 6-8-соатни ташкил этади. Маҳсулот эритмалари кислоталигини ошириш уран сорбцияланишининг ёмонлашувига олиб келади (14-жадвал).

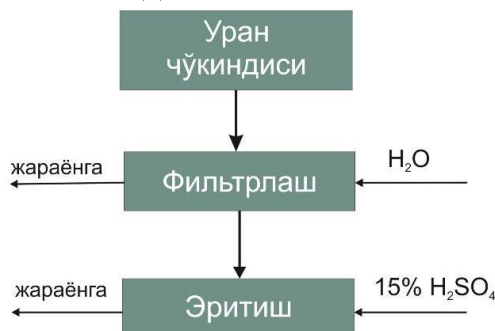
14-жадвал

Сульфат кислотали маҳсулот эритмаларидан анионитлар билан урани сорбциялашда уран тақсимланиш коэффициентининг эритма кислоталигига боғлиқлиги

Анионит	Эритма кислоталиги			
	рН=1,8	5 г/дм ³ H ₂ SO ₄	10 г/дм ³ H ₂ SO ₄	20 г/дм ³ H ₂ SO ₄
ВО-020	Эритмада уран концентрацияси 50 мг/дм ³			
	$3,4 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^2$
ВО-020	Эритмада уран концентрацияси 5 мг/дм ³			
	$5,5 \cdot 10^2$	$5,1 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^2$	$2,6 \cdot 10^2$

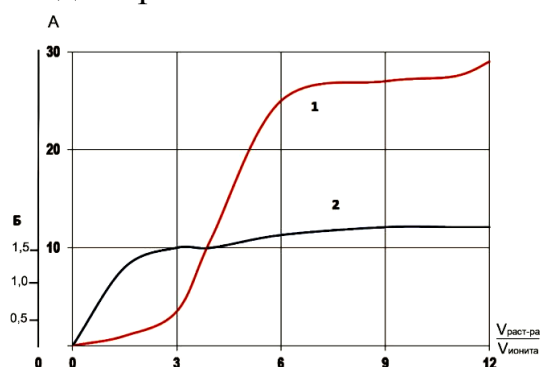
Ушбу маълумотлар асосида сульфат кислотали эритмалар билан уранфосфатли чўкиндиларга ишлов бериш усули ишлаб чиқилди, бу РУ-5 шароитлар учун энг мақбул ҳисобланиб, урани энг кам харажатлар билан ажратиб олиш (90% гача) имконини берди (8-расм).

ВО-020 ионитдаги сорбция ($K_{обм}=1$) аниқ ифодаланган тик изотермага эга бўлиб, бу урани ҳатто унинг паст концентрацияли эритмаларидан ҳам кўп ажратиб олинишини таъминлайди.



8-расм. Урани ажратишнинг технологик схема

Динамик шароитларда урани сорбциялаш жараёнини тадқиқ қилиш учун уран бўлган сульфат кислотали эритма ($C_u=30$ кг/л; $C_p=1,5$ кг/л, кислоталик – 135 г/л H_2SO_4) кўтарилувчи токда 100 мл ВО-020 ионит мавжуд шиша колонка орқали ўтказилди; сорбция вақти – 12 соат. ВО-020 ионитда урани ва фосфор ионларини сорбциялашнинг чиқиш эгри чизиқлари 9-расмда берилган.



А - эритмадаги уран микдори, г/л;
 Б - эритмадаги фосфор микдори, г/л;
 В - ўтказилган ҳажмлар сони, v/v
 1-эгри чизиқ – урани сорбциялашнинг чиқиш эгри чизиғи;
 2-эгри чизиқ – фосфорни сорбциялашнинг чиқиш эгри чизиғи.

9-расм. ВО-020 ионитда уран ва фосфорни сорбциялашнинг чиқиш эгри чизиқлари

Расмдаги 1-эгри чизиқлар ВО-020 ионитда уранинг ва қисман фосфор ионларининг қониқарли сорбцияланишидан дарак беради. Колонка баландлиги бўйлаб танлаб олинган уран бўйича ионит намунаси таҳлили қуйидагини ташкил этади, мг/г; колонка юқорисида – $173,9$; ўртасида – $177,2$; пастидида – 180 .

Уран ва фосфорга тўйинган ВО-020 ионит сўнгра техник сув билан дастлабки эритмадан ювилди ва $1:1$ тенг бўлган ионит; эритма; эритма ҳажмлари нисбатида статик шароитларда карбонатли десорбцияга дуч қилинди, десорбциянинг умумий вақти 12 соат. Ишланган маҳсулот эритмаларда уранинг ташлама концентрацияси десорбция жараёнида олинадиган уран бўйича анионитнинг қолдиқ сиғими билан аниқланади. Маҳсулот эритмаларини қайта ишлашга юбориладиган асосий компонентларнинг ўртача микдори 15-жадвалда берилган.

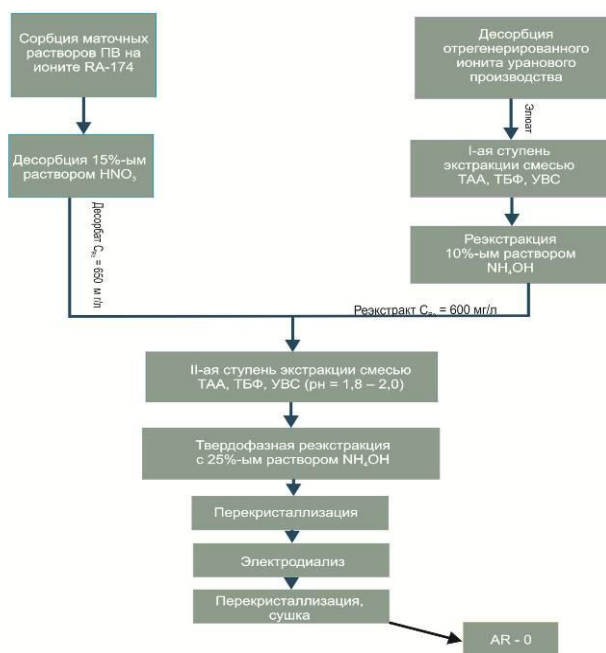
Ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг махсулот эритмаларида аралаш компонентларнинг ўртача миқдори

Эритма тури	pH	U	H ₂ SO ₄	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ca
Сульфат кислотали	1,2-2	0,015-0,1	1-7	-	-	-	0,2-1,5	0,15-0,9	0,3-0,6

17-жадвалнинг давоми

Эритма тури	Mg	Al	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	P	SiO ₂	Қаттиқ суспензиялар
Сульфат кислотали	0,3-1,6	0,3-2,5	10-25	0,06-0,6	0,2-0,15	0,1-0,5	0,1-0,5	0,01-0,2

Диссертациянинг «Уранли эритмалар сорбцияси чиқиндиларидан ренийни ва камёб ер металлларини йўл-йўлакай ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш» номли олтинчи бобида қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш бўйича тадқиқотлар натижалари берилган. Уранни сорбциялаш чиқиндиларида рений ва КЕЭ тўпланади.

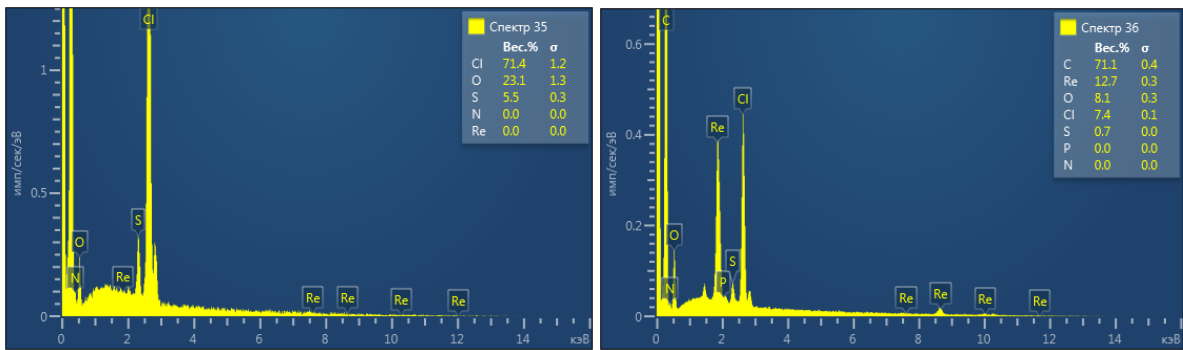


10-расм. ЕОТЭЎ эритмаларидан рений ажратиб олишнинг асосий сорбцион-экстракцион технологик схемаси

Биз томонимиздан ВО-020 ионитда уранни ЕОТЭЎ эритмаларидан ренийни ажратиб олишнинг аралаш технологик схемасини ишлаб чиқиш бўйича комплекс тадқиқотлар олиб борилди. Тадқиқотлар асосида ишлаб чиқаришда мавжуд бўлган экстракцион схемани сорбцион-концентрлаш билан бирлаштириш имконияти аниқланди. Иккала схеманинг бирлашган комбинацияси 10-расмда келтирилган. Шундай қилиб, саралаб сорбциялаш натижасида олинган нитрат кислотали десорбатлар амалдаги технологик схемада реэкстрактлар билан биргаликда иккинчи поғона экстракциясига юборилади.

Ренийни анион билан тўйинтиришгача ва тўйинтиришдан кейинги ВО-020 ионитнинг энергияли сочилган спектрлари 11-расмда келтирилган.

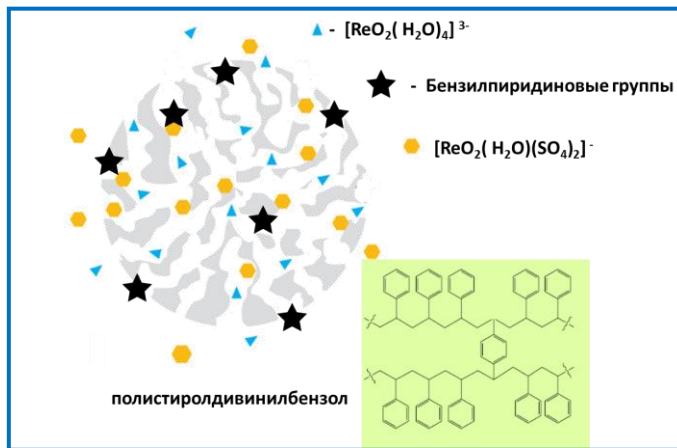
Сульфат кислотали эритмаларда ВО-020 сорбентда ренийнинг сорбцияси комплекс ҳосил қилиш жараёни билан кетади. Жараён механизми 12-расмда тасвирланган.



а)

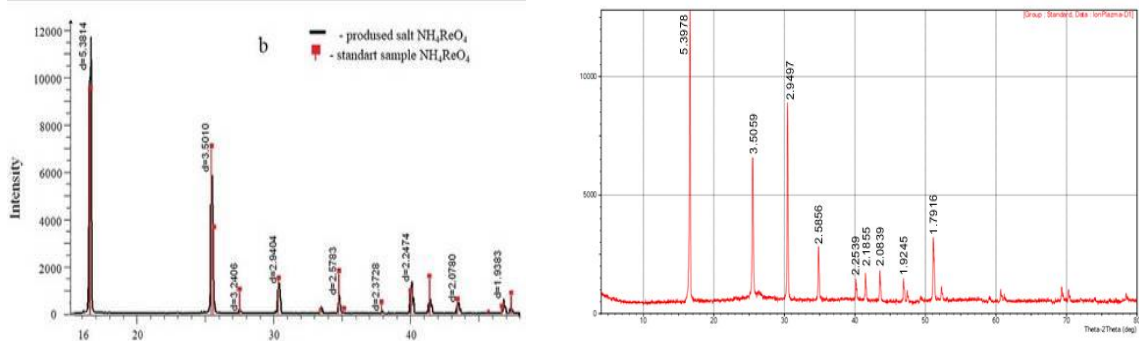
б)

11-расм. Рений сорбцияга қадар (а) ва сорбциядан кейинги (б) ВО-020 ионитнинг энергияли сочилган (энергодисперсион) спектрлари



12-расм. Сорбент ВО-020 да рений сорбциясининг схемаси

Аралаш схема бўйича олинган аммоний перренат барча аралашмалар бўйича юқори частотага эга ва ГОСТ 31411-2009 марка АР-0 талабларига мос келади. 13-расмда ушбу ишда олинган аммоний перренат дифрактограммаси ва таққослаш учун стандарт намуна дифрактограммаси берилган.



а)

б)

13-расм. АР-0 маркали аммоний перренат дифрактограммалари

Ишлаб чиқаришда жорий қилинган аммоний перренат ишлаб чиқаришнинг тавсия этилган технологик схемаси содда, юқори техник ва иқтисодий кўрсаткичларга эга ва уран ишлаб чиқаришнинг технологик эритмаларида паст миқдорли рений танлаб олиш имконини беради.

Ренийни ажратиб олишнинг охириги босқичи сифатида аммоний перренат билан тадқиқотлар олиб борилди, натижада аммоний перренатнинг плазмакимёвий қайтарилиши натижасида 99,97% тозаликдаги металл рений олинган. Уран таркибли эритмаларни қайта ишлашда КЕЭ ни йўл-йўлакай ажратиб олиш имкониятларини аниқлаш бўйича тадқиқотлар ушбу ишланманинг муҳим ташкил этувчиси ҳисобланади. КЕЭ миқдорига ЕОТЭЎ эритмаларини уран сорбцияси кўр жинслари таҳлили 16 ва 17-жадвалларда келтирилган. Ушбу жадваллардан кўриниб турибдики, КЕЭ нинг энг юқори концентрациялари ГТР-3, ЛСУ 2 эритмаларида мавжуддир.

С-150 (макроғовак тузилмали), ТОКЕМ - 101 (гелли тузилмали) ва КУ-2-8 (гелли тузилмали) сульфокатионитлар сорбент сифатида энг самарали намоён бўлди, улар НКМК технологик жараёнларида қўлланилади. Катионитлар H^+ -шаклда кассетага жойланди, улар ишлаб чиқариш эритмаси оқимиға – металл сорбцияси кўр жинсларига (маточникларига) қўйилди. Смолани тўйинтириш $t = 30$ сутка (КЕЭ нинг тўлиқ сакрашигача) олиб борилди.

16-жадвал

ЕОТЭЎ эритмаларида КЕЭ миқдорини аниқлаш бўйича натижалар

Кон, ЛСУ, Кон	Концентрация, мг/л													
	pH	SO_4^{2-}	NCV	SiO_2	P	Cl	Fe	Gd	Y	La	Ce	Nd	Sc	Tb
ГТР-2, ЛСУ-3	2,19	10400	300	82	110	1128	670	0,53	ЗД	1,8	3,9	1,6	<0,1	<0,1
ГТР-3 ЛСУ-5	1,62	8000	110	88	590	1270	440	1,4	4,2	4,7	9,8	5,6	0,12	0,15
ГТР-4 ЛСУ-2	1,73	10900	430	70	9	386	470	0,36	0,90	1,1	2,3	1,2	0,37	<0,1

17-жадвал

ЕОТЭЎ эритмаларида КЕЭ миқдорини аниқлаш бўйича натижалар

Кон, ЛСУ, Кон	Концентрация, мг/л						
	Y	La	Ce	Nd	Gd	Tb	Sc
ГТР-3, ЛСУ-2	18,9	5,2	14,3	7,0	21	02	<0,1
ГТР-3, ЛСУ-8,	3,7	4,3	8,4	12	1,4	0,15	<0,1
ГТР-3, Аксай 1	06	1,2	21	2,4	02	<0,1	<0,1
ГТР-3, Аксай 2	0,94	1,8	3,0	2,4	4,5	<0,1	<0,1

Десорбция 30 °С ҳароратда $[HCN > 3] = 180$ г/л эритмадан фойдаланиб, динамик шароитларда ўтказилди. Десорбция тезлиги $q = 0,5V/V_{cm}$ соатни ташкил этди, колонка орқали $9 V/V_{cm}$ ўтказилди.

КЕЭ оксидларининг хомаки концентратларида аралашмалар миқдорини камайтириш, концентратда КЕЭ миқдорини ошириш ва асосий технологик схемани ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди (14-расм).

натижасида ушбу бобда ураннинг амалдаги ишлаб чиқаришига тадбиқ этилган AP-O ва KEЭ оксидлари концентратини олиш бўйича технологик тартиби ишлаб чиқилди.

ХУЛОСАЛАР

1. Илк бор Ўзбекистоннинг юқори карбонатли уран конларидан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг ресурстежамкор ва комплекс технологиясининг физик-кимёвий асослари яратилди, уран ва у билан бирга келадиган камёб ва камёб-ер металлари олиш учун кудуқларнинг мақбул ишлаш параметри белгиланди.

2. Ишқорловчи эритмаларни филтрлаш сунъий сув тўсиғи босими интервалада (115-120 м) содир бўлиши аниқланди. Ишлаб чиқилган технология кунига 0,25-0,5 м/кун ўтказувчанлиги билан қуввати 1,0 м гача бўлган сунъий сув босимларини яратиш орқали технологик кўрсаткичларни 30-80% га оширишга имкон берди.

3. «Бешкак», «Лойликен» конининг ер ости танлаб эритмага ўтказишнинг маҳсулот эритмаларидан уранни ионалмашиниш усулида ажратиш жараёнида уран билан бирга 0,1-0,12 г/л фосфор ҳам бўлиб, анионит бир вақтда уран ва фосфор бирикмалари билан тўйинганлиги бу эса уранни нитратли десорбциясига ва таркибида 25-50% уран, 5,5-6,5% фосфор бўлган уран-фосфатли чўкмаларни ҳосил бўлиши кўрсатилди.

4. Уран-фосфат чўкмасининг сульфат кислота эритмасида тўғридан-тўғри эриши натижасида таркибида (г/л): уран 30-35; фосфор 1,5, сульфат кислота 135-140 бўлган эритма олинди. Ушбу эритмадан уранни ион алмашиниш усулида ажратишда ВО-020 ионитнинг уран бўйича тўйинганлиги 170-180 мг/л га эришилди. Сульфат кислота билан уч босқичда уранни танлаб эритмага ўтказиш жараёнида реагентларнинг умумий сарфи 1 кг уран учун ~ 1,6 кг сульфат кислотани ташкил қилди.

5. Уран-фосфатли чўкиндиларни сульфат кислота эритмалари билан қайта ишлаш усули ишлаб чиқариш шароити учун энг маъқул бўлиб, уранни (90% гача) энг кам ҳаражат билан ажратиб олишга имкон беради.

6. Уран ва ренийни биргаликдаги сорбциясидан кейин тўйинган анионит ВО-020 дан уларни алоҳида десорбция қилишнинг ўзига хос хусусиятлари аниқланди. Таркибида 3% гача сульфат кислота ва 60 г/л нитрат ионлари бўлган эритма уранни десорбцияси учун тавсия этилди.

7. Ер ости танлаб ишқорлаш эритмасидан ренийни олиш учун ишлаб чиқилган комбинациланган сорбцион-экстракцион технологик схема AP-0 маркали аммоний перренат (NH_4ReO_4) ишлаб чиқарилишини мавжуд схемага нисбатан йилига 30% га ошириш имконини берди.

8. Таркибида $\sum \text{Ln}_2\text{O}_3 \geq 30\%$ бўлган ва фаоллиги бўйича СанПиН 0193-06 га мос келган KEЭ оксидларининг концентратини олиш технологияси ишлаб чиқилди, қора концентратларни экстракцион тозалаш орқали $\sum \text{Ln}_2\text{O}_3 = 77-82\%$ га эришилди.

9. Нархнинг камайиши ва янги турдаги рений ҳамда KEЭ маҳсулотларини олиш ҳисобига ишлаб чиқилган технологияни жорий этишдан олинган иқтисодий самарадорлик 4,363 млн. АҚШ долларини ва олинадиган уран бирлиги учун 10% ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ
ИСЛАМА КАРИМОВА**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ШАРАФУТДИНОВ УЛУГБЕК ЗИЯТОВИЧ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ
ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ИЗ
ВЫСОКОКАРБОНАТНЫХ РУД**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных,
цветных металлов (технические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент-2020

Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2020.2.DSc/T139.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте и

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

Научный консультант:

Шарипов Хасан Турабович
доктор химических наук, профессор *

Официальные оппоненты:

Якубов Махмуджан Махамаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Хасанов Абдурашид Солиевич,
доктор технических наук, профессор,
академик АН РУз

Пирматов Эшмурод Азимович
доктор технических наук, профессор


Ведущая организация:

ГП «Институт минеральных ресурсов»

Защита диссертации состоится « 21 » октября 2020 г. в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K/T 03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова Узбекистана. (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871) 227-12-73; 246-02-24. E-mail: fan_va_taraqiyot@mail.ru в здании ГУП «Фан ва тараккиёт», 2-й этаж, зал конференций).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (зарегистрирован за № 26). (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871) 227-12-73.

Автореферат диссертации разослан « 15 » октября 2020 года.
(протокол рассылки № 26 от « 25 » сентября 2020 года).


С.С. Негматов
Председатель Научного совета по
присуждению учёных степеней,
академик АН РУз, д.т.н., профессор


М.Г. Бабаханова
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней, к.х.н., с.н.с.


Н. Талипов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., с.н.с.



ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Одним из распространенных способов разработки урановых месторождений в мире является способ подземного выщелачивания (ПВ). 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, в частности в урановой промышленности. Стабильный рост добычи урана методом ПВ в последнее десятилетие увеличился в среднем на 30%. При таком стремительном росте потребности урана практика производства ставит задачи перед учеными о необходимости разработки нетрадиционных технологий, которые представляют как теоретический, так и практический интерес. Одной из таких задач является вовлечение в отработку высококарбонатных урановых руд и комплексная переработка с извлечением ценных компонентов.

В мировой практике на сегодняшний день год за годом усложняется процесс отработки залежей урановых руд методом ПВ, а также возникают проблемы добычи урана из-за особенностей природы высококарбонатных руд. Водопроницаемость рудного горизонта в таких месторождениях как правило меньше вмещающих пород, потери кислоты на взаимодействие с безрудными интервалами могут достигать 80%. Существующие способы ограничения распределения растворов (такие, как гидрозавесы и установка фильтров в рудный интервал) не способны решать эту проблему в полном объеме и носят временный характер. Поэтому наиболее перспективным способом локализации потока выщелачивающего реагента представляется способ создания искусственных водоупоров кальматацией части безрудных пород, либо гидроразрывом с заполнением образуемой полости непроницаемым материалом. Кроме того, совершенствование действующих технологий требует учета воздействия депрессанта на основе фосфат-иона в процессе получения конечного продукта. Наряду с извлечением урана требуется комплексный подход к разработке технологических схем извлечения рения и редкоземельных элементов из растворов перерабатывающего комплекса, позволяющий увеличить основные показатели производства урана и, соответственно, снизить себестоимость конечного продукта.

В Республике развитие горно-металлургической отрасли предусматривает разработку наукоемких технологий производства урана с попутным извлечением редких и редкоземельных элементов. На основе проведенных нормативных мероприятий в данном направлении достигнуты определенные результаты, особенно по разработке научных основ получения урана и попутного селективного сорбционно-экстракционного извлечения редких и редкоземельных элементов. В Стратегии действия по дальнейшему

развитию Республики Узбекистан намечены важные задачи, направленные на «Освоение выпуска принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечение на этой основе конкурентоспособности отечественных товаров на внешних и внутренних рынках»¹. В этой связи приобретает важное значение создание высокоэффективных и экологически чистых технологий комплексной переработки продуктивных растворов урана, содержащих редкие и редкоземельные элементы (РЗЭ).

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан УП-49-47 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 25 октября 2018 года №3983 «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», от 17 января 2019 г. №4124 «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². Научные исследования, направленные на разработку технологии отработки урановых руд, ведутся в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в: University of Nevada (США), University of Utah (США), Institute of Condensed Matter Chemistry (Франция), университете Антверпена RUCА (Бельгия), Seoul Nation University of Science and technology (Южная Корея), Nuclear Physics Institute (КНДР), University of Cape Town (ЮАР), University of the Witwatersrand (ЮАР), Национальном исследовательском Томском политехническом университете (Российская Федерация), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (Российская Федерация), Российском государственном геологоразведочном университете (Российская Федерация), Забайкальском государственном университете (Российская Федерация), Казахском национальном техническом университете, Горно-металлургическом институте им. О.А.Байконурова (Казахстан), Навоийском государственном горном институте (Узбекистан), Центральной научно-исследовательской лаборатории Навоийского горно-металлургического комбината (Узбекистан).

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП №4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

² Обзор международных научных исследований по теме диссертации подготовлен на материалах <http://www.scholar.google.com>, <http://www.sciencedirect.com> и других источников.

В результате исследований по разработке технологии и интенсификации параметров подземного выщелачивания урана, отработке сложноструктурных месторождений урана, проведенных в мире, получен ряд научных результатов, в том числе: разработаны методы отработки запасов (University of Utah, Российский государственный геологоразведочный университет); разработаны методы интенсификации процесса ПВ из руд физическим методом (Nuclear Physics Institute); разработаны способы отработки залежей двурусными залежаниями (University of Nevada, University of the Witwatersrand); разработаны модели управления процессом ПВ при использовании различных систем разработки (Национальный исследовательский Томский политехнический университет); совершенствованы гидродинамические процессы при ПВ урана (Институт высоких технологий Дальневосточного отделения Российской Академии наук, университет Антверпена RUCА, Навоийский государственный горный институт).

В мире ведется ряд исследовательских работ по следующим приоритетным направлениям, в том числе: улучшение производительности водопроницаемость горных пород в рудном пласте; окисление урановых руд; влияние различных депрессантов на процессы сорбции-десорбции; перевод в жидкую фазу первичных минералов путем введения в выщелачиваемую среду различных реагентов; управление гидродинамическими режимами ПВ урана; извлечении рения и редкоземельных элементов из растворов подземного выщелачивания урана методом селективной сорбции, экстракции и разработка технологии отработки гидрогенных месторождений высококарбонатных урановых руд.

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие науки и практики добычи урана методом ПВ, в изучение комплексной переработки с извлечением редких металлов внесли зарубежные и отечественные ученые: Арнс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Есаулов В.Н., Жерин И.И., Истомин В.П., Калабин А.И., Ласкорин Б.Н., Лобанов Д.П., Лильбок Л.А., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Борбат В.Ф., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Ю.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Абишева З.С., Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Шарипов Х.Т., 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 Zarogozec C.P., Kundler A.P. и др.

Анализ литературных данных показал, что до настоящего времени интенсификации процесса ПВ путем управления механизмом извлечения полезного компонента из высококарбонатных урановых руд и разработке новой технологии переработки урансодержащих растворов в присутствии фосфат-иона препятствовало отсутствие научно-технических основ в этой области. В связи с этим, интенсификация добычи урана путем разработки технологии отработки месторождений с высоким содержанием карбонатов в урановых рудах, поиск эффективных путей снижения расхода реагентов, влияния депрессанта на основе фосфат-иона на процесс, дополнительно

доизвлечение редких и редкоземельных элементов (РЗЭ) имеет важное научное и практическое значение для горно-металлургической отрасли.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного учреждения. Диссертационное исследование выполнено в рамках программы инновационного развития Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) до 2026 г.: тема 44 – «Фундаментальные исследования для разработки принципиально нового метода определения содержания урана в растворах подземного выщелачивания» (2017-2018 гг.); тема 47 – «Гидродинамические режимы в подземном выщелачивании урана с целью обеспечения полного извлечения полезного компонента и интенсификация добычи» (2017-2019 гг.); тема 55 – Внедрение технологии добычи РЗЭ из растворов подземного выщелачивания с получением концентрата, содержащего не менее 30% окислов РЗЭ (2019-2020 гг.).

Целью исследования является изучение физико-химических основ ресурсосберегающей, комплексной технологий подземного выщелачивания полезных компонентов из высококарбонатных урановых руд в условиях Навоийского горно-металлургического комбината с извлечением рения, РЗМ и получение готовой продукции – перрената аммония, металлического рения и концентрата РЗМ.

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 на процесс;

исследование сорбции урана из продуктивных растворов подземного выщелачивания урана на сильноосновном анионите ВО-020;

установление влияния различных факторов - рН, температуры и депрессирующего состава на полноту сорбции;

исследование десорбции ионов металлов из анионита;

определение состава уранфосфатных осадков и условий получения уранового химконцентрата.

полупромышленное испытание и совершенствование параметров ПВ урана, разработка научно-методологических основ оценки режимов движения жидкости в порово-трещинных массах и фильтрации раствора химического реагента через поровые каналы пород;

разработка и опытно-промышленное испытание комбинированной технологической схемы попутного извлечения рения и редкоземельных элементов из растворов подземного выщелачивания урана;

разработка технологии получения перрената аммония, металлического рения и концентрата РЗМ;

разработка технологии и полупромышленные испытания отработки запасов высококарбонатных урановых руд.

Объектами исследования являются геотехнологические участки месторождений урана, в которых применяется способ создания искусственных водоупоров кальматацией части безрудных пород, продуктивные растворы подземного выщелачивания урана, содержащие редкие, редкоземельные элементы и депрессирующие агенты, уранфосфатные осадки, образующиеся в готовой продукции в НГМК.

Предмет исследования. Разработка технологии комплексной добычи и переработки высококарбонатных урановых руд доизвлечением рения и РЗМ.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы комплексные методы исследований, включающие научные и теоретические обобщения теории и практики ПВ высококарбонатных урановых руд; теоретические исследования с использованием аналитического, графоаналитического и статистического методов; стендовые и лабораторные эксперименты, а также опытно-промышленные испытания; гранулометрический анализ, химический, спектральный и рентгенофазовый анализы, методы математической обработки результатов лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе систематического анализа состава продуктивных растворов ПВ НГМК установлено, что уран находится в виде сульфата уранила, а редкие редкоземельные элементы в виде сложных соединений сульфатов ионов трехвалентных редкоземельных элементов, аниона ReO_4^- ;

впервые исследована кинетика сорбции на сильноосновном анионите ВО-020 для ионов рения и определены оптимальные условия проведения процесса сорбции и десорбции;

на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований по экстракции редких и редкоземельных элементов разработана методика экстракционного концентрирования редкоземельных металлов с последующей разработанной новой комбинированной технологической схемы извлечения редких и редкоземельных элементов из растворов ПВ;

впервые предложена модель природного реактора подземного выщелачивания высококарбонатных урановых руд и на опытном участке работ в заданном интервале (121,0-123,5 м) создан искусственный водоупор, что позволяет повысить эффективность работы за счет повышения проницаемости, сокращения времени отработки расхода реагента, повышения концентрации полезного компонента в продуктивных растворах.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны и рассчитаны технические параметры по созданию искусственных водоупоров кальматацией части безрудных полей, снижающей расход реагентов;

разработана технология сорбции и десорбции урана в присутствии фосфат-иона и обработки уранфосфатных осадков серноокислым раствором и

установлено, что количество ионов фосфора ($>1,2$ г/л), снижает равновесное содержание урана на смоле с 50,5 до 35,0 мг/г;

разработан и промышленно внедрен метод селективного извлечения рения и редкоземельных элементов из маточников сорбции урана, как при кислотном, так и при карбонатном способе добычи урана методом подземного выщелачивания;

разработана технология получения перрената аммония, металлического рения и концентрата РЗМ;

разработана методика выполнения измерений массовой концентрации урана в продуктивных растворах титриметрическим методом в технологических процессах ПВ.

Достоверность полученных результатов обоснована значительным объемом лабораторных, стендовых и промышленных экспериментов, комплекса современных физико-химических методов исследований, использованием современных компьютерных средств и программных средств и продуктов при математическом моделировании влияния искусственных водоупоров на фильтрационный поток и движения активных и пассивных запасов горной массы. Выводы сделаны на основании методов и критериев оценки исходных данных и результатов моделирования, а также эффективных технологических решений, положительных результатов внедрения разработанной технологии и методик на объектах ПВ НГМК.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследования заключается в использовании данных, полученных на основе теоретического обобщения и разработки научных основ отработки месторождений урана, а также в разработке способов подготовки и интенсификации процессов подземного выщелачивания путем образования противофильтрационных экранов, что является вкладом в теорию физико-химических основ геотехнологических процессов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработанных рекомендациях по проектированию противо-фильтрационных экранов, обеспечивающих повышение эффективности геотехнологических показателей до 80%, определении оптимальных режимов проведения процесса сорбции с весьма низкой сбросной концентрацией урана, не превышающей $0,1$ мг/дм³, разработке комбинированной технологической схемы извлечения рения и редкоземельных элементов из маточников сорбции урана, обеспечивающей повышение извлечения рения и РЗМ, получение перрената аммония, металлического рения, концентратов РЗЭ в виде оксидов, гидроксидов, оксалатов и карбонатов, соответствующих требованиям ГОСТ.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов научного исследования по разработке технологии и интенсификации параметров подземного выщелачивания урана из высококарбонатных руд внедрены:

способ локализации потока выщелачивающего реагента путем создания искусственных водоупоров кольматацией части безрудных полей, либо

гидроразрывом с заполнением образуемой полости непроницаемым материалом внедрен в условиях рудоуправления №5 Навоийского горно-металлургического комбината при подземном выщелачивании урана (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-04/15131 от 28.11.2019 г.). В результате снизился коэффициент фильтрации в зоне искусственного водоупора в 4 раза, сокращены время отработки и расход реагентов до 26% и повышены концентрация полезного компонента в продуктивных растворах до 35%;

технологическая схема сорбции и десорбции урана в присутствии фосфат-иона, обработки уранфосфатных осадков серноокислым раствором внедрен в условиях рудоуправления №5 Навоийского горно-металлургического комбината при подземном выщелачивании урана (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-04/15131 от 28.11.2019 г.). Результаты позволяют доизвлекать до 90% урана с наименьшими затратами;

методика выполнения измерений массовой концентрации урана в продуктивных растворах титриметрическим методом в условиях центральной научно-исследовательской лаборатории Навоийского горно-металлургического комбината при аналитическом контроле полезного компонента (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-04/15131 от 28.11.2019г.). Результаты позволяют отказаться от дополнительных операций, что привело к снижению расхода химических реактивов и времени выполнения анализа в два раза.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования доложены и обсуждены на 39, в том числе, 23 международных и 16 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 58 научных работ, 19 научных статей, в том числе, 14 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Объем диссертации составляет 204 страниц компьютерного текста.

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 под названием **«Общие представления о специальных системах подземного выщелачивания»** приводится обзор литературы, в котором рассмотрены перспективы развития минерально-сырьевой базы, структура потребления урана в мире и в Узбекистане, системы ПВ локализацией и регулированием движения растворов в пространстве и времени, системы вертикальной фильтрации с изменением направления движения растворов в процессе эксплуатации и выщелачивания с протяженными коллекторами.

Анализ современных тенденций из литературных источников показал, 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, влияния на процесс депрессанта на основе фосфат-иона, позволит достигнуть технологической полноты извлечения полезного компонента из недр.

Во второй главе диссертации «Физико-химические особенности фильтрации движения жидкости по рудному пласту при подземном выщелачивании урана» рассмотрены теоретические вопросы движения жидкости по рудному горизонту при ПВ. Учитывая, 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 кальматации. В связи с этим выполнен поиск альтернативных окислителей для окисления урана в условиях повышенной карбонатности - до 8 %.

Исследованы композиции окислителей: 1. Сода кальцинированная + кислород атмосферного воздуха (эжектирование); 2. Азотная кислота с гипохлоритом натрия + кислород атмосферного воздуха (эжектирование); 3. Гипохлорит натрия + кислород атмосферного воздуха (эжектирование); 4. Технический кислород; 5. Серная кислота + противодикантационные растворы (Fe^{3+}) ГМЗ-3; 6. Серная кислота + азотная кислота.

Положительные результаты обработки руд с повышенной карбонатностью в практике уранового производства НГМК получили применение в адсорбционной кислородной установке с различной производительностью.

В третьей главе «Технико-минералогическая характеристика участка ПВ» приведены объекты и методы исследований, описаны схемы опытной ячейки и технология создания искусственных водоупоров, схемы обвязки скважин для создания искусственного водоупора, а также работы по определению геолого-гидрогеологических характеристик опытной ячейки и параметров искусственного водоупора. Также были определены фильтрационные свойства пород продуктивного горизонта в плане разреза.

При опробовании пластовых вод и химическом анализе продуктивных и рабочих растворов производится определение: pH, ОВП, U, Fe²⁺, Fe³⁺, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₂, Ca²⁺, Mg²⁺, твердые взвеси, сухой остаток. Проведены исследования по влиянию процесса на экосистему в связи с географическим расположением РУ-5 на стыке климатических зон, а также разной степенью засоленности почв, солевым составом природных пластовых вод, которая варьируется от 1700 до 4200 мг/л.

При создании искусственного водоупора осуществляется следующая последовательность работ: 1. Образование трещины гидроразрывом пород; 2. Закачка расчетного объема глинистой суспензии; 3. Закачка 2,5 м³ 1%-ного раствора электролита (хлористого кальция); 4. Закачка 1 м³ пресной воды.

Кольматация пород осуществляется с обеих сторон трещины, максимальная мощность закольматированной зоны составит 1 м средняя мощность при этом принимается равной 0,52 м.

В четвертой главе диссертации «Моделирование процессов ПВ, процессов гидроразрыва и подбор оптимальных параметров выщелачивания урана» представлены результаты по моделированию 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 обработки 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.1-2).

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 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 34÷84%. Такие водоупоры могут быть созданы с помощью гидроразрыва пород и заполнения образованных полостей глинистым или глиноцементным раствором.

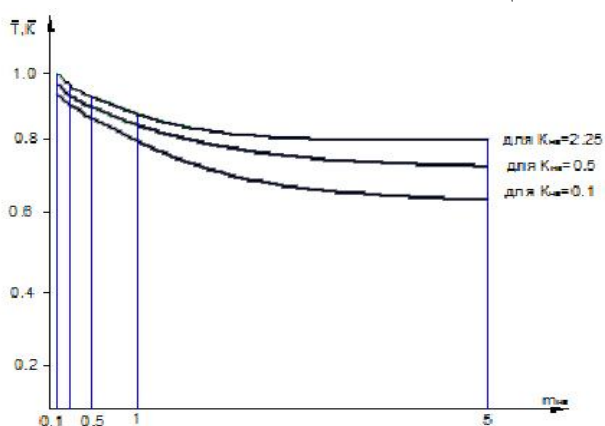


Рис. 1. Зависимость времени отработки (T) и расхода реагента (K) от мощности ($m_{ив}$) искусственного водоупора при различной его проницаемости ($K_{ив}$)

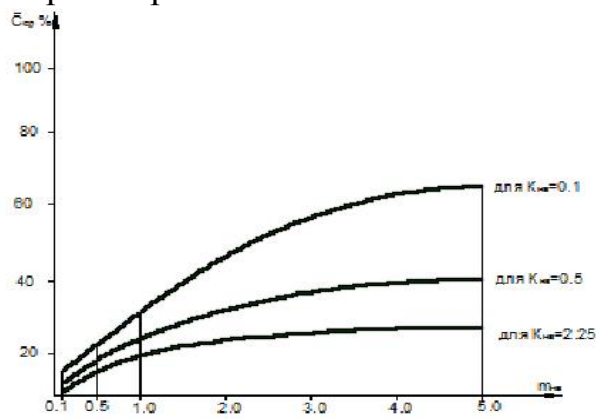
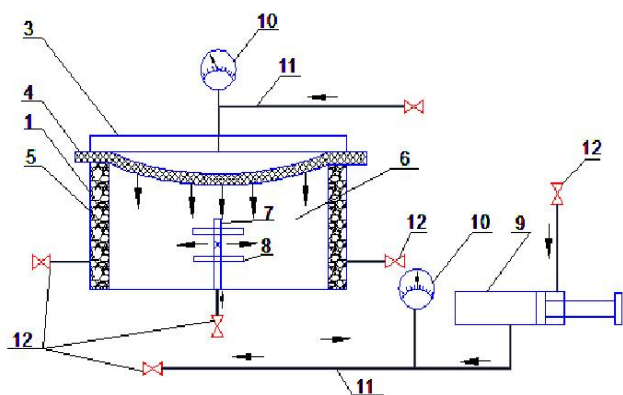


Рис. 2. Зависимость среднего содержания полезного компонента в продуктивных растворах ($\bar{C}_{ср}$) от мощности искусственного водоупора ($m_{ив}$)

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.



- 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. 3. Схема стенда для моделирования гидроразрыва в горных породах

Моделирование проводилось на экспериментальном стенде (рис. 3), состоящем цилиндрического корпуса радиусом 350 мм и высотой 300 мм. Применение раствора глинистой суспензии плотностью 1,32 г/см³ 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 таблице 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.

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.).

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.

Таблица 2

**Результаты лабораторных работ по гелеобразованию растворов
жидкого стекла**

Гелеобразователь – 2%-й водный раствор серной кислоты									
Водный раствор жидкого стекла, %	30	25	20	15	10	5	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 178,6г/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)									
Время гелеобразования, с	32	4	8	15	20	60	300	600	3000

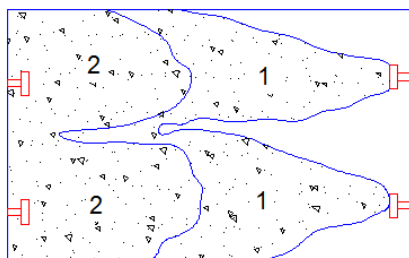
Для исследования химической кольматации пород в фильтрационных потоках на стендах использовались различного состава кольматанты и гелеобразователи, приведенные в таблице 3.

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. 4.).

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 HO ₂
II	10%-й раствор жидкого стекла	2% H ₂ SO ₄ ; 17,9 NaCl; 81,1 HO ₂
III	2%-й раствор жидкого стекла	2% H ₂ SO ₄ ; 36 NaCl; 62 HO ₂



- 1-Зона кольматации;
2-Зона интенсивной кольматации

**Рис. 4. Горизонтальный разрез
кольматации**

В таблице 4 для различных соотношений коэффициентов фильтрации рудных и безрудных интервалов приведены типы кольматанта и гелеобразователя, при использовании которых происходила надежная кольматация пласта, 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.

**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

Этому должно предшествовать тщательное изучение горно-геологических и гидрогеологических условий опытного 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.5). 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.6).

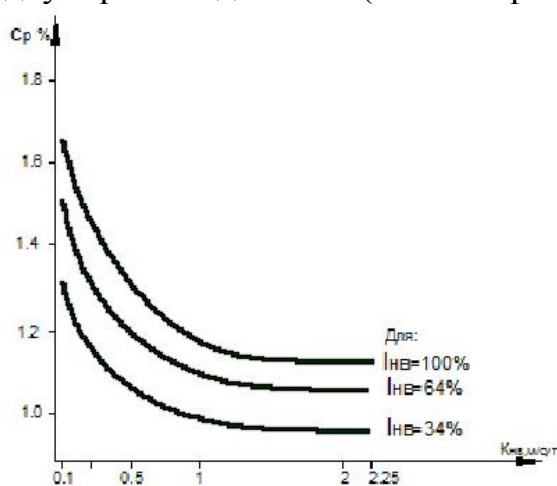


Рис. 5. Зависимость среднего содержания полезного компонента ($C_{ср} 80\%$) от проницаемости ($K_{ив}$) и сплошности ($\iota_{ив}$)

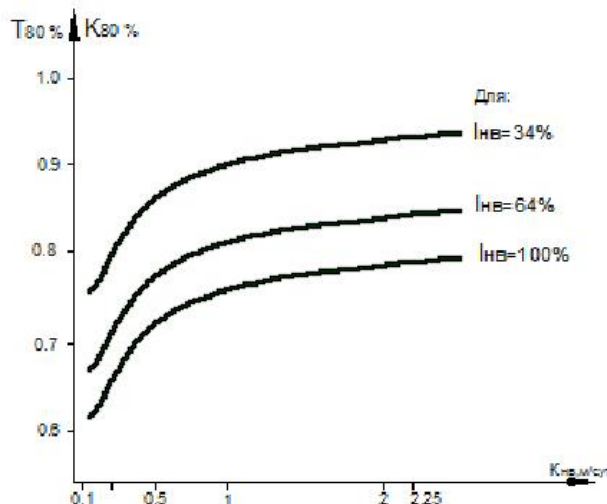


Рис. 6. Зависимость времени отработки ($T_{80\%}$) единичной ГДЯ и расхода реагента ($K_{80\%}$) от проницаемости ($K_{ив}$)

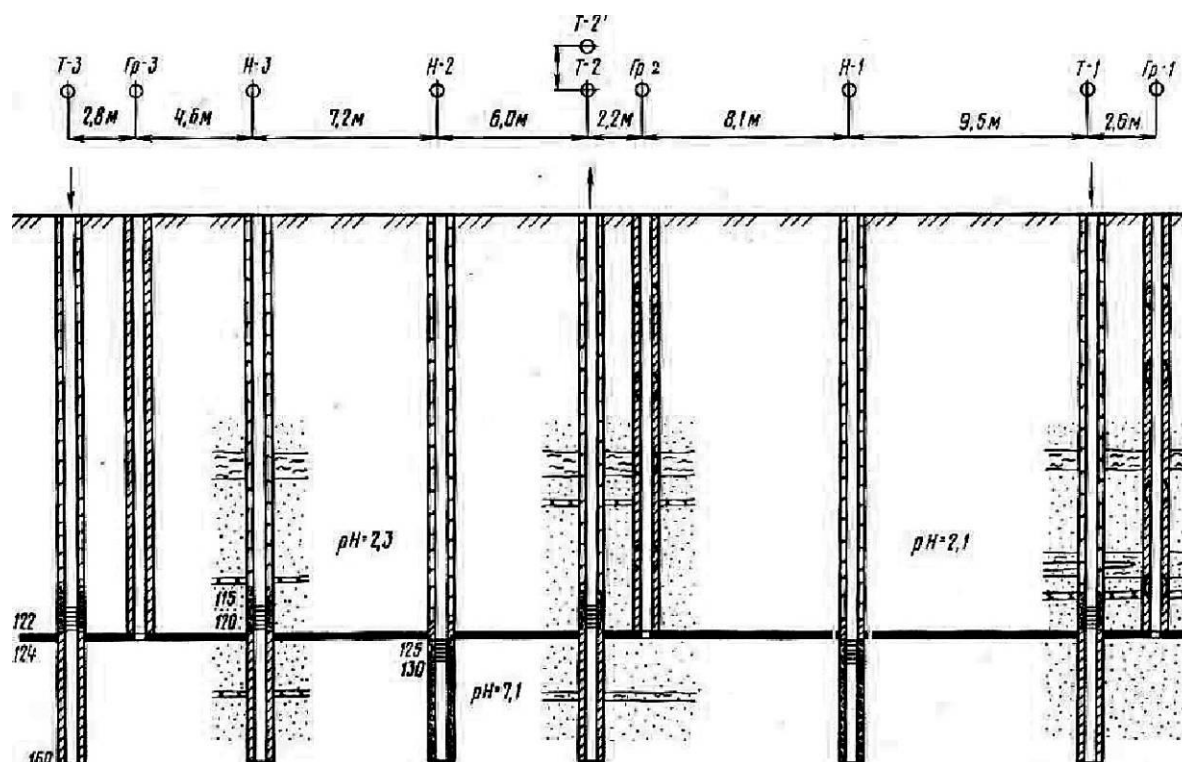
Опытные работы по созданию и эксплуатации искусственных водоупоров выполнялись с целью дальнейшей проверки выдвинутых ранее гипотез о протекании процесса гидроразрыва и установлении сходимости результатов моделирования с фактическими показателями работы участка с искусственным водоупором.

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.7), для обвязки технологических скважин к опытной ячейке подведены трубопроводы для выщелачивающих и продуктивных растворов

Таблица 5

Относительные изменения геотехнологических показателей

Варианты	Варианты				
	I	II	III	IV	V
Время отработки и расхода реагента для 80% извлечения					
-	0,93	0,89	0,83	0,71	0,62
а	0,97	0,90	0,84	0,74	0,67
б	1,00	0,95	0,92	0,83	0,78
Среднее содержание полезного компонента в продуктивных растворах					
-	1,08	1,14	1,22	1,43	1,63
а	1,03	1,11	1,19	1,35	1,58
б	1,00	1,04	1,10	1,22	1,31



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

Рис 7. Схема опытного участка с искусственным водоупором

Комплекс наблюдений за отработкой опытной ячейки включает в себя, контроль за дебитом откачных и приемистостью закачных скважин; замеры кислотности поступающих в пласт растворов; замеры рН растворов в откачной и наблюдательной скважинах; отбор проб растворов на сокращенный химический анализ; контроль за содержанием полезного компонента в продуктивных растворах. В настоящее время эксплуатация опытной ячейки составила 80 суток. Основные показатели отработки приведены в таблице 6.

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

Таблица 6

Основные показатели отработки опытной ячейки 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 в растворах, усл.ед.
		Т-1	Т-3			Н-1	Н-2	Н-3	Т-2		
Ноябрь 25сут	4,6	3,2	1,5	7,0	7,2	7,3	7,0	7,3	7,0	0,3	0,1
Декабрь 25сут	4,0	4,0	2,0	6,0	6,5	1,9	7,2	6,2	7,0	4,5	0,7
Январь 30сут	3,0	1,2	2,0	7,0	6,1	2,4	7,2	5,1	6,5	7,0	0,9

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 спецметодов целесообразна общая сравнительная оценка последствий их внедрения в производство в масштабах отрасли.

В пятой главе диссертации, озаглавленной «**Технологический процесс переработки продуктивных урановых растворов**» приведены результаты по переработке уранофосфатных осадков.

Содержание фосфора на анионите может достигать 2-6 кг/т в процессе нитратной десорбции урана уранофосфатных осадков, содержащих 25-50% урана (табл.7).

Значительное количество урана в данных осадках вызывает необходимость их переработки с возвратом в готовую продукцию цеха.

Был исследован процесс выщелачивания урана из фосфорсодержащих осадков содой и осаждение соединений фосфора двухвалентным железом.

Таблица 7

Химический состав осадков

Содержание компонентов, %							
U	P	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	SO ₄	NO ₃	п.п.п
27,07	2,4	33,4	-	-	-	-	15,84
31,98	4,15	28,84	-	-	-	-	20,85
44,63	3,59	7,09	-	1,45	10,6	-	-
43,86	2,75	8,2	-	н/обн	14,6	-	-
41,65	5,96	12,1	0,6	-	2,22	н/обн	23,07
40,7	4,62	10,5	0,6	-	8,09	2,1	22,85

В результате обработки урансодержащего карбонатного раствора раствором сернистого закисного железа образуется смешанный осадок,

содержащий двухвалентное железо, соединения фосфора и карбонат-ионов. Состав данных осадков в перерасчете на сухой вес в зависимости от числа циклов «выщелачивание-осаждение» приведено в таблице 8.

Таблица 8

Зависимость состава урансодержащего осадка от количества проведенных циклов «выщелачивание-осаждение»

Количество проведенных циклов	Состав осадка, %		
	U	Fe	P
III	0,3-0,5	40-41	2,0-1,5
IV	0,15-0,11	62-65	1,5-1,3
V	0,05-0,04	69-70	1,1-1,0

Осадок, содержащий до 70% железа, может быть растворен в серной кислоте с последующим окислением двухвалентного железа в трехвалентное и использован в качестве окислителя, интенсифицирующего процесс подземного выщелачивания урана.

Процесс выщелачивания фосфора и мелкодисперсных соединений кремния из уранфосфорных осадков проведена их обработка растворами едкого натрия. Увеличение содержания едкого натрия в выщелачивающих растворах от 50 г/л до 100 г/л приводит к повышению эффективности процесса выщелачивания фосфора на 30-35% (от 60% до 95-96%) (табл.9).

Таблица 9

Обработка уранфосфатных осадков растворами едкого натра различной концентрации (в презентации надо рядом с таблицей привести график)

Концентрация едкого натра, г/л	Фильтрат, г/л		Осадок, %	
	U	P	U	P
10	0,012	0,025	33,32	3,72
30	0,018	0,177	44,63	4,2
50	0,056	3,04	50,58	1,52
70	0,280	3,74	52,7	0,176
90	0,490	3,9	53,5	0,068
100	0,47	3,8	55,93	0,041
120	0,50	3,63	33,7	0,041

Процесс извлечения соединений кремния проводился в две стадии. I стадия выщелачивания соединений кремния растворами, содержащими 100 г/л едкого натрия; 100 г/л едкого натрия + 20 г/л бифторида аммония; 100 г/л едкого натрия + 50 г/л бифторида аммония при отношении объемов осадка и раствора, равном 1:3. После истечения 2-х часов контакта пульпа фильтровалась и осадок анализировался на содержание урана и фосфора. Результаты лабораторных опытов после I стадии обработки осадка приведены в таблице 10.

Осадок после первой стадии обработки подвергался повторному выщелачиванию соединений кремния в аналогичных условиях. Результаты опытов приведены в таблице 11.

Таблица 10

Результаты выщелачивания уранфосфатных осадков щелочными растворами с добавками бифторида аммония (I стадия)

Выщелачивающий раствор, г/л	Осадок, %		
	U	P	SiO ₂
100NaOH	39,5	0,365	21,96
100NaOH+20NH ₄ F*HF	36,3	0,40	29,45
100NaOH+50NH ₄ F*HF	33,8	0,48	30,22

Из приведенных в таблице 11 данных следует, что бифторид аммония в щелочной среде не оказывает значительного влияния на процесс извлечения мелкодисперсных соединений кремния из уранфосфатных осадков.

Таблица 11

Результаты II стадии щелочной обработки уранфосфатных осадков

Выщелачивающий раствор, г/л	Осадок, %			Осадок, %		
	U	P	SiO ₂	U	P	SiO ₂
100NaOH	53,52	0,098	10,13	0,154	2,87	16,8
100NaOH+20NH ₄ F*HF	55,4	0,148	10,32	0,138	3,2	18,7
100NaOH+50NH ₄ F*HF	43,84	0,123	6,16	0,140	3,46	20,8

Важное значение имеет влияние температуры на процесс растворения уранфосфатных осадков в 10% растворе едкого натра. Извлечение соединений фосфора и кремния из уранфосфорсодержащих осадков наиболее эффективно протекает при температуре 40°C и при ее повышении до 70°C в процессе обработки осадка происходит образование труднофильтруемых гелеобразных соединений.

Из данных, приведенных в таблице 12 следует, что максимальное растворение осадка происходит в 15-20% -ной серной кислоте.

Полученные при растворении уранфосфатных осадков сернокислотные урансодержащие растворы имеют высокую кислотность (140-148 г/л H₂SO₄). Поэтому задачей дальнейших исследований явилось определение сорбционных свойств ионита ВО-020 в процессе извлечения урана из сернокислых растворов с различным содержанием урана.

Таблица 12

Влияние концентрации серной кислоты на растворение осадков, содержащих соединения урана и фосфора

Концентрация серной к-ты	Фильтрат, г/л		осадок, %	
	U	P	U	P
5% H ₂ SO ₄	9,8	1,93	35,9	4,72
10% H ₂ SO ₄	16,9	1,93	24,86	3,146
15% H ₂ SO ₄	23,4	2,77	7,6	0,956
20% H ₂ SO ₄	23,4	2,77	5,78	0,634

Ионообменное извлечение урана из растворов, полученных при сернокислотном растворении уранфосфатных осадков и содержащих 10, 20, 30, 50 и 100 г/л урана, было осуществлено в статических условиях при отношении Т:Ж, равном 1:10 в течении 24 часов. Затем производилось

разделение ионита и раствора и определение в них содержания урана и фосфора. Полученные результаты исследований приведены в таблице 13.

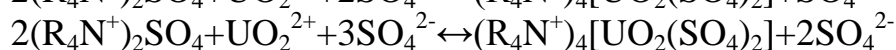
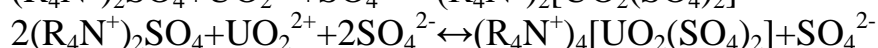
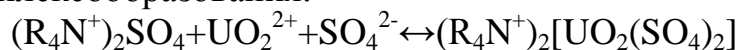
Таблица 13

Ионообменные извлечения урана ионитом ВО-020

Концентрация урана в исходном растворе	Равновесный раствор, г/л			ионит мг/л U
	C _и	C _р	кислотность	
9,96	9,3	1,39	158,0	171,6
16,7	16,25	1,34	157,0	198,1
30,0	28,7	1,3	155,0	236,0
37,0	37,2	1,17	155,0	240,0
44,8	44,0	1,31	155,0	240,0
71,2	68,0	1,45	147,0	265,7
102,0	97,5	1,61	144,0	290,0

С целью более полного извлечения урана из исследуемого осадка проведено 3-х стадийное выщелачивание 15% серной кислотой. Затем на ионите ВО-020 проводилось извлечение урана из сернокислотных растворов и далее карбонатная десорбция урана. Как показывают результаты, в процессе 3-х стадийного выщелачивания урана из осадка 15% серной кислотой может быть достигнута степень его извлечения, равная 96%, общий расход серной кислоты равен ≈1,6 кг серной кислоты на 1 кг урана.

Механизм процесса сорбции урана из продуктивных растворов сильноосновными анионитами описывается уравнениями ионного обмена и комплексообразования:



Низкая концентрация урана в продуктивных растворах ($6 \cdot 10^{-5}$ - $4,5 \cdot 10^{-4}$ М) обуславливает особенности процесса их сорбционной переработки с использованием анионитов. В зависимости от рН раствора продолжительность сорбции иона трисульфата уранила триметиламмониевым анионитом составляет от 100 (рН=1,85) до 500 мин. (рН=3,6). На практике продолжительность контакта ионитов с перерабатываемым раствором составляет 6-8-часов.

Повышение кислотности продуктивных растворов приводит к ухудшению сорбции урана (табл. 14).

На основании этих данных разработан способ обработки уранофосфатных осадков сернокислыми растворами, который является наиболее приемлемым для условий РУ-5 и позволяет доизвлекать уран (до 90%) с наименьшими затратами (рис.8).

Сорбция на ионите ВО-020 имеют четко выраженную крутую изотерму сорбции ($K_{обм}=1$), что обеспечивает глубокое извлечение урана даже из растворов низкой его концентрацией.

Таблица 14

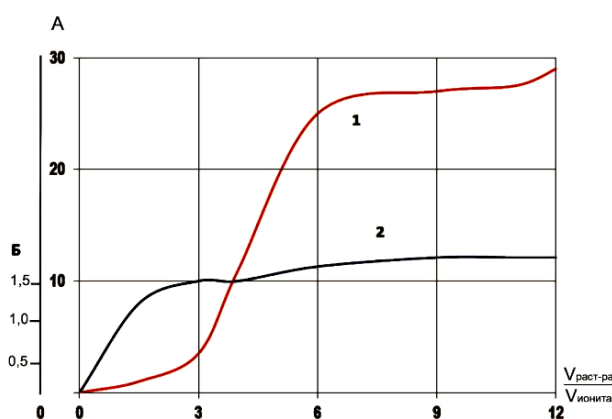
Зависимость коэффициента распределения урана от кислотности раствора при его сорбции анионитами из сернокислых продуктивных растворов

Анионит	Кислотность раствора			
	pH=1,8	5г/дм ³ H ₂ SO ₄	10г/дм ³ H ₂ SO ₄	20г/дм ³ H ₂ SO ₄
ВО-020	Концентрация урана в растворе 50 мг/дм ³			
	3,4·10 ²	3,1·10 ²	2,3·10 ²	1,6·10 ²
ВО-020	Концентрация урана в растворе 5 мг/дм ³			
	5,5·10 ²	5,1·10 ²	4,6·10 ²	2,6·10 ²



Рис. 8. Технологическая схема разделения урана

Для исследования процесса сорбции урана в динамических условиях ураносодержащий сернокислый раствор (Cu=30 кг/л; Cr=1,5кг/л, кислотность – 135 г/л H₂SO₄) в восходящем токе был пропущен через стеклянную колонку, содержащую 100 мл ионита ВО-020.; время сорбции – 12 час. Выходные кривые сорбции урана и ионов фосфора в ионите ВО-020 представлены на рисунке 9. Кривые на рис. 9 свидетельствуют об удовлетворительной сорбции урана и частичной сорбции ионов фосфора на ионите ВО-020. Анализ отобранных по высоте колонки проб ионита по урану составляет, в мг/г; вверху колонки – 173,9; в середине – 177,2; внизу – 180.



А - содержание урана в растворе, г/л; Б - содержание фосфора в растворе, г/л; В – количество пропущенных объемов, v/v
Кривая 1 – выходная кривая сорбции урана;
Кривая 2 - выходная кривая сорбции фосфора.

Рис. 9. Выходные кривые сорбции урана и фосфора на ионите ВО-020.

Насыщенный по урану и фосфору ионит ВО-020 далее отмывался от исходного раствора технической водой и подвергался карбонатной десорбции урана в статических условиях при соотношении объемов ионит; раствор; раствор, равном 1:1. общее время десорбции 12 часов.

Сбросная концентрация урана в отработанных продуктивных растворах определяется остаточной емкостью анионита по урану, получаемой в процессе десорбции. Среднее содержание основных компонентов, направляемых на переработку продуктивных растворов, приведены в таблице 15.

Таблица 15

Среднее содержание примесных компонентов в продуктивных растворах подземного выщелачивания

Вид раствора	pH	U	H ₂ SO ₄	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ca
Сернокислый	1,2-2	0,015-0,1	1-7	-	-	-	0,2-1,5	0,15-0,9	0,3-0,6

Продолжение таблицы 3

Вид раствора	Mg	Al	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl	P	SiO ₂	твердые взвеси
Сернокислый	0,3-1,6	0,3-2,5	10-25	0,06-0,6	0,2-0,15	0,1-0,5	0,1-0,5	0,01-0,2

В шестой главе «Разработка технологии сопутного извлечения рения и редкоземельных металлов из хвостов сорбции урановых растворов» приведены результаты исследования по извлечению ценных компонентов.

В хвостах сорбции урана концентрируются рений и редкоземельные элементы. Нами проведены комплексные исследования по разработке комбинированной технологической схемы извлечения рения из растворов ПВ урана на ионите ВО-20. Выявлена возможность совмещения действующей на производстве экстракционной схемы с исследуемым сорбционным концентрированием.

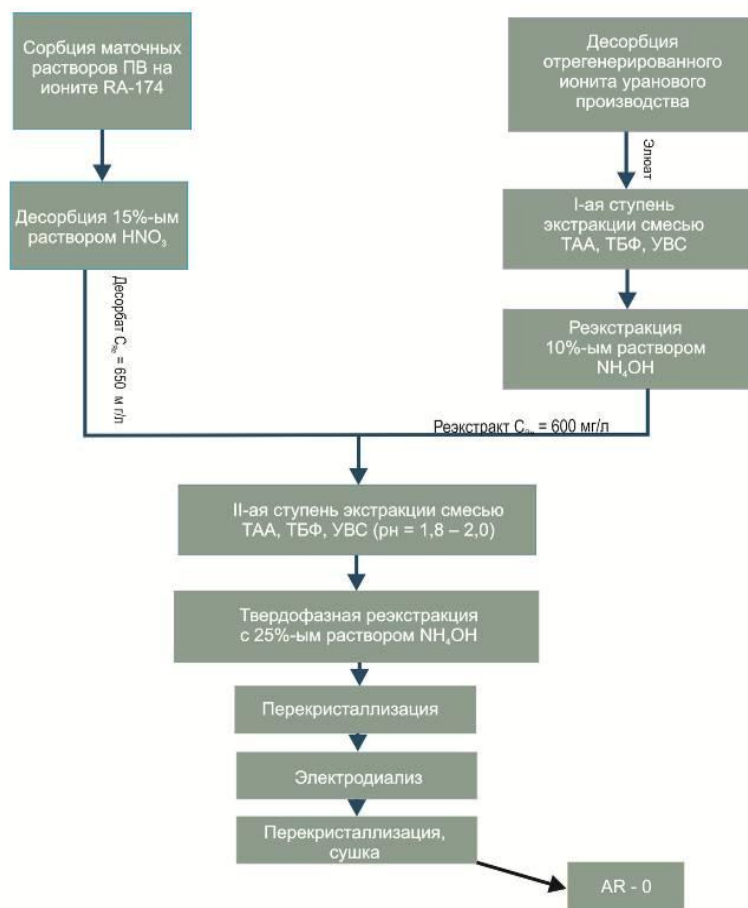


Рис. 10.
Принципиальная сорбционно-экстракционная технологическая схема извлечения рения из растворов ПВ

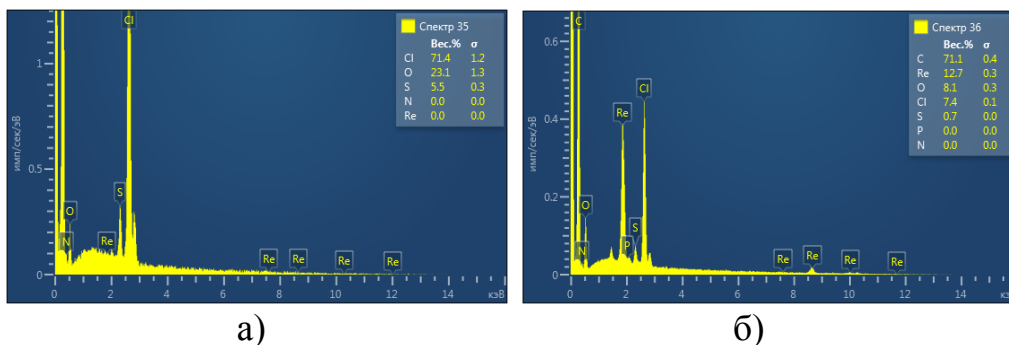


Рис. 11. Энергодисперсионные спектры ионита ВО-20 до сорбции (а) и после сорбции рения (б).

Механизм сорбции рения на сорбенте ВО-20 включает в себя процессы комплексообразования в сернокислотных растворах и схематически представлен на рис. 12.

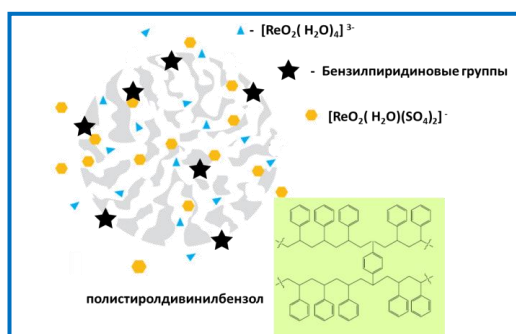


Рис.12. Схематическое изображение сорбции рения на сорбенте ВО-20

Таким образом, полученные в результате селективной сорбции азотнокислые десорбаты, подвергаются экстракции второй ступени совместно с реэкстрактами на существующей технологической схеме. Комбинация двух схем будет выглядеть следующим образом (рис. 10.).

На рисунке 11 приведены энергодисперсионные спектры ионита ВО-20 до насыщения и после насыщения анином рения, видно, что содержание рения после сорбции составляет 12,7 вес.% от общего веса.

Перренат аммония, полученный по комбинированной схеме, имеет высокую частоту по всем примесям и соответствовал требованиям ГОСТ 31411-2009 марки АР-0.

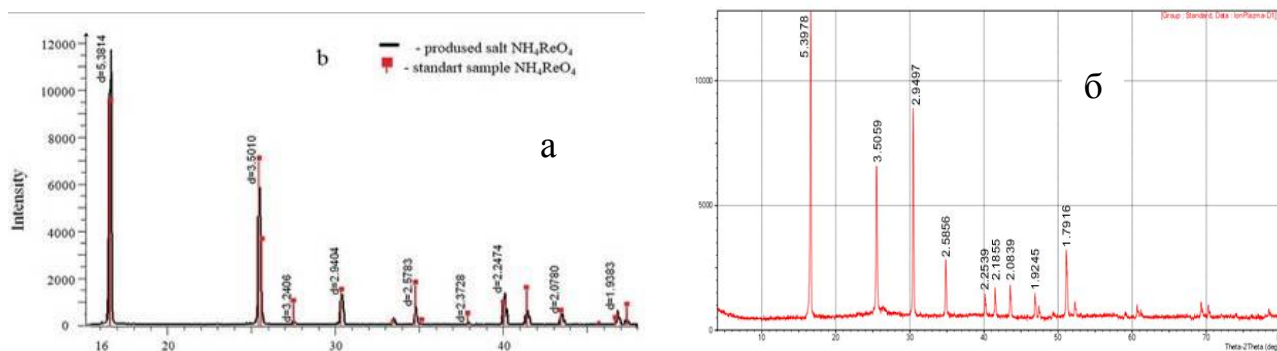


Рис. 13. Дифрактограммы перрената аммония марки АР-0; а- стандарта и очищенного по данным и перрената аммония (по работе З. С. Абишевой); б- полученного в данной работе

На рисунке 13 приведена дифрактограмма перрената аммония, полученная в данной работе, и для сравнения дифрактограмма стандартного образца.

Рекомендуемая технологическая схема получения перрената аммония, внедренная в производстве, проста, имеет высокие технико-экономические показатели и позволяет селективно извлекать рений с низким его содержанием в технологических растворах уранового производства.

Как завершающей стадией извлечения рения, наряду с перренатом аммония проведены исследования, в результате которой плазмохимическим восстановлением перрената аммония получен металлический рений с чистотой 99,97%. Важным составляющим данной разработки являются исследования по определению возможности попутного извлечения РЗЭ при переработке урансодержащих растворов. Анализ растворов ПВ (маточников сорбции урана) на содержание РЗЭ представлен в таблицах 16 и 17.

Таблица 16
Результаты по определению содержания РЗЭ в растворах ПВ

Рудник, ЛСУ, месторож.	Концентрация, мг/л													
	pH	SO ₄ ²⁻	NCV	SiO ₂	P	Cl	Fe	Gd	Y	La	Ce	Nd	Sc	Tb
ГТР-2, ЛСУ-3 «Северный Канмех»	2,19	10400	300	82	110	1128	670	0,53	3Д	1,8	3,9	1,6	<0,1	<0,1
ГТР-3, ЛСУ-5, «Бешкак»	1,62	8000	110	88	590	1270	440	1,4	4,2	4,7	9,8	5,6	0,12	0,15
ГТР-4, ЛСУ-2, «Сугралы»	1,73	10900	430	70	9	386	470	0,36	0,90	1,1	2,3	1,2	0,37	<0,1

Таблица 17
Результаты по определению содержания РЗЭ в растворах ПВ

Рудник, ЛСУ, месторождение	Концентрация, мг/л						
	Y	La	Ce	Nd	Gd	Tb	Sc
ГТР-3, ЛСУ-2, Лявлякан	18,9	5,2	14,3	7,0	2,1	0,2	<0,1
ГТР-3, ЛСУ-8, Бешкак	3,7	4,3	8,4	12	1,4	0,15	<0,1
ГТР-3, Аксай 1	0,6	1,2	2,1	2,4	0,2	<0,1	<0,1
ГТР-3, Аксай 2	0,94	1,8	3,0	2,4	4,5	<0,1	<0,1

Как видно из результатов таблиц 16 и 17, наибольшие концентрации РЗЭ содержатся в растворах ГТР-3, ЛСУ 2.

Наиболее эффективными в качестве сорбента проявились сульфокатиониты С-150 (макропористой структуры), ТОКЕМ - 101 (гелевой структуры) и КУ-2-8 (гелевой структуры), которые применяются в технологических процессах НГМК. Насыщение смол вели в течение $t = 30$ суток (до полного проскока РЗЭ).

Десорбцию проводили в динамических условиях с использованием раствора $[HCN > 3] = 180$ г/л, при температуре 30 °С. Скорость десорбции составляла $q = 0,5V/V_{cm}$ час, через колонку было пропущено 9 V/V_{cm} .

Проведены исследования по снижению содержания примесей в черновых концентратах окислов РЗЭ, повышению содержания редкоземельных элементов в концентрате и разработке принципиальной технологической схемы (рис. 14).

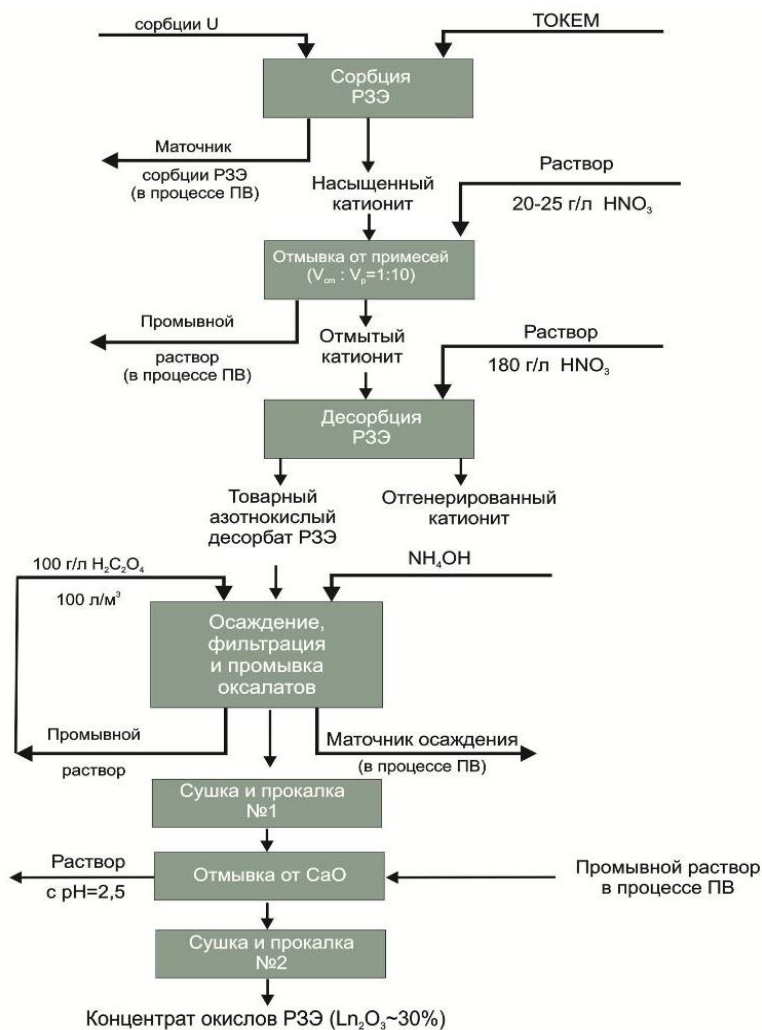


Рис. 14.
Принципиальная технологическая схема получения концентрата окислов РЗЭ из растворов ПВ.

Кроме того, проведены исследования по дезактивации от изотопа ^{226}Ra опытных образцов и соответствию их к нормам СанПиН 0193-06 (I класс). В результате проведенных опытно-промышленных исследований установлена возможность получения концентрата, содержащего 30% окислов РЗЭ (ГОСТ 25702.10-83), осаждение суммы РЗЭ из товарного азотнокислого десорбата рекомендуется проводить раствором щавелевой кислоты с концентрацией 100 г/л $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ при расходе 100 мл/л при $\text{pH} = 2,0-2,5$, температуре $50-60^\circ\text{C}$, перемешивании в течение 5-6 ч. Осадок оксалатов на фильтре промывать раствором 100 г/л $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ при $\text{pH}=2-2,5$. Промытый осадок оксалатов после сушки рекомендовано прокалывать при 900°C в течение 2-х часов затем промывать слабокислым раствором азотной кислоты ($\text{pH}=2,5$) от окиси кальция и снова прокалывать при тех же условиях. Данные по извлечению РЗЭ из смолы в концентрат, составили: для Y-55,5 %, для Ce- 53,2 %, для La-51,8 %, для Gd-29,7 %, для Nd-61,1 %.

В результате проведенных исследований в данной главе разработан технологический регламент по получению AP-O и концентрата окислов РЗЭ, которые внедрены на действующем производстве урана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые созданы физико-химические основы ресурсосберегающий и комплексной технологии ПВ урана из высококарбонатных урановых месторождений Узбекистана и установлены оптимальные параметры эксплуатации скважин получения урана и сопутствующих редких и редкоземельных металлов.

2. Установлено, что фильтрация выщелачивающих растворов происходит в основном выше интервала искусственного водоупора (115-120 м). Разработанная методика позволяет увеличить технологические показатели на 30-80% путем создания искусственных водоупоров мощностью до 1,0 м с проницаемостью 0,25-0,5 м/сут.

3. При ионообменном извлечении урана из продуктивных растворов подземного выщелачивания (ПВ) месторождений «Бешкак» «Лойликен», содержащих наряду с ураном 0,1-0,12 г/л фосфора, происходит одновременное насыщение анионитов ураном и соединениями фосфора, что приводит к нитратной десорбции урана и выпадению уранфосфатных осадков с содержанием 25-50% урана, 5,5-6,5% фосфора.

4. В результате прямого растворения уранфосфорного осадка в растворе серной кислоты получен раствор, содержащий, г/л: урана 30-35; фосфора 1,5, серной кислоты 135-140. При ионообменном извлечении урана из данного раствора на ионите ВО-020 получено насыщение по урану 170-180 мг/л. Расход реагента выщелачивания урана составляет ~1,6 кг серной кислоты на кг урана.

5. Способ обработки уранфосфатных осадков сернокислыми растворами является наиболее приемлемым для производственных условий и позволяет доизвлекать уран (до 90%) с наименьшими затратами.

6. Изучены особенности отдельной десорбции урана и рения из насыщенного анионита ВО-020 после их совместной сорбции. Для десорбции урана рекомендуется раствор, содержащий до 3% серной кислоты и 60 г/л нитрат-ионов.

7. Разработанная комбинированная сорбционно-экстракционная технологическая схема извлечения рения из растворов ПВ позволило увеличить производство перрената аммония марки AP-0 на 30% в год по сравнению с существующей схемой. Из полученного перрената аммония плазмохимическим методом получен металлический рений с чистотой 99,97%.

8. Разработаны технология получения концентрата окислов РЗЭ с содержанием $\sum Ln_2O_3 \geq 30\%$, при экстракционной перечистке черновых концентратов $\sum Ln_2O_3 = 77-82\%$ и технологическая схема переработки черновых оксалатных концентратов РЗЭ, по активности соответствующей СанПиН 0193-06.

9. Экономический эффект от внедрения разработанных технологий за счет снижения себестоимости и получения новых видов продукции рения и РЗЭ составляет по искусственным водоупорам 4,363 млн. долларов США и 10% на одну единицу получаемого урана.

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER ICLAM KARIMOV
SCIENTIFIC COUNCIL DSc. 03/30.12.2019.K/T.03.01
ON THE AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
AT STATE UNITARY ENTERPRISE “FAN VA TARAKKIYOT”**

THE TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

SHARAFUTDINOV ULUGBEK

**PHYSICO-CHEMICAL FUNDAMENTALS OF RESOURCE-SAVING
TECHNOLOGY FOR UNDERGROUND LEACHING OF URANIUM
FROM HIGH-CARBONATE ORES**

05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals

**DISSERTATION ABSTRACT
FOR THE DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES (DSc)**

Tashkent – 2020

The title of the doctoral dissertation (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2020.2.DSc/T139.

The dissertation has been carried out at the Tashkent Chemical-Technological Institute .

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website at www.gupft.uz and on the website of «ZiyoNET» information-educational portal www.ziynet.uz.

Scientific supervisor:

Sharipov Khasan Turabovich,
doctor of Chemical Sciences, professor

Official opponents:

Yakubov Makhmudzhan Makhmadzhanovich,
doctor of Technical Sciences, professor

Xasanov Abdurashid Solievich,,
doctor of Technical Sciences, professor, academic

Pirmatov Eshmurod Azimovich,
doctor of Technical Sciences, professor

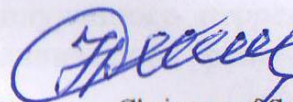
Leading organization:

State Enterprise «Institute of Mineral Resources»

The defense of the dissertation will take place on « 21 » october 2020 at « 11⁰⁰ » at a meeting of Scientific council DSc. 03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871) 227-12-73, E-mail: fan_va_taraqkiyot@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Informational Resource Center of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (is registered under N 26) ((Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871)227-12-73.,

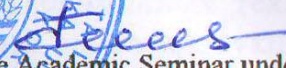
The abstract of the dissertation sent out on « 15 » October 2020
(mailing report № 26 dated « 25 » September 2020



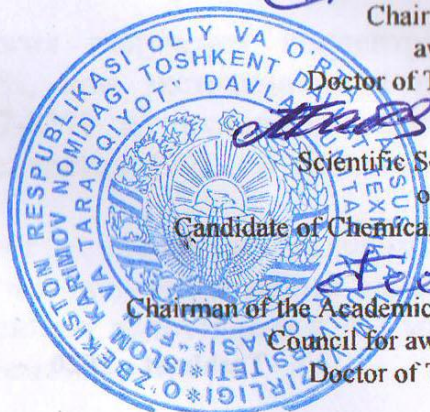
S.S. Negmatov,
Chairman of Scientific Council for
awarding of scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor



M.G. Babaxanova,
Scientific Secretary of Scientific Council
on award of scientific degrees,
Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher



N. Talipov,
Chairman of the Academic Seminar under the Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor



INTRODUCTION (abstract of doctoral (DSc) dissertation)

The aim of the research work is study the physical and chemical foundations of resource-saving, integrated technologies for underground leaching of useful components from high-carbonate uranium ores in the conditions of the Navoi mining and metallurgical plant with the extraction of rhenium, rare-earth metals and the production of finished products - ammonium perrhenate, metallic rhenium and rare-earth concentrate.

The objects of the research work are the geotechnological area of uranium deposits, which use the method of creating artificial reservoirs by colmatation of barren rocks part, productive solutions of underground leaching of uranium containing rare, rare-earth elements and depressants, uranophosphate precipitates formed in finished products at NMMC

The scientific novelty of the research work is as follows:

based on a systematic analysis of the composition of the productive solutions of underground leaching in NMMC, it was found that uranium exists in the form of uranyl sulfate, and rare-earth elements exist in the form of sulfates complex compounds of trivalent rare-earth elements ions, ReO_4^- -anion;

for the first time, the sorption kinetics of rhenium ions on the BO-020 strongly base anion exchange resin was studied and the optimal conditions for the sorption and desorption processes were determined;

based on the results of theoretical and experimental studies on the extraction of rare and rare-earth elements, a method for the extraction concentration of rare-earth metals has been developed with the subsequent development of a new combined technological scheme for the extraction of rare and rare-earth elements from the underground leaching solutions;

For the first time, a model of a natural reactor for the underground leaching of high-carbonate uranium ores was proposed, and an artificial water-stopper was created at the experimental site in a predetermined interval (121.0-123.5 m), which allows to increase work efficiency by increasing permeability, reducing the time of reagent consumption, and increasing concentration useful component in productive solutions

Implementation of research results. Based on the results of the scientific study on the development of technology and the intensification of the parameters of underground leaching of uranium from high-carbonate ores were introduced as following:

the method of localizing the leach reagent flow by creating artificial water-stoppers confines by the colmatation of a part of barren fields, or by hydraulic fracturing with filling the formed cavity with impermeable material in the conditions of Mine No. 5 of the Navoi mining and metallurgical plant with underground leaching of uranium (Certificate of the SE «Navoi Mining and Metallurgical Combinat» No. 02-06-04 / 15131 dated on November 28, 2019). As a result, the filtration coefficient in the zone of artificial confinement decreased by 4 times, the working time and consumption of reagents were reduced to 26% and

the concentration of the useful component in productive solutions was increased to 35%;

technological scheme of sorption and desorption of uranium in the presence of a phosphate ion, treatment of uranium phosphate precipitates with a sulfuric acid solution in the conditions of Mine No. 5 of the Navoi mining and metallurgical plant with underground leaching of uranium (Certificate of the SE «Navoi Mining and Metallurgical Combinate» No. 02-06-04 / 15131 dated on November 28, 2019.). The results make it possible to recover up to 90% of uranium at the lowest cost;

the methodology for measuring the mass concentration of uranium in productive solutions by the titrimetric method in the conditions of the Central research laboratory of the Navoi mining and metallurgical plant with analytical control of the useful component (Certificate of the SE «Navoi Mining and Metallurgical Combinate» No. 02-06-04 / 15131 dated on November 28, 2019). The results allow to remove additional operations, which led to decreasing of the chemicals consumption and the analysis time in two times.

The structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of used references, and supplement. The volume of the dissertation is 204 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАРИ РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part 1)

1. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З., Ахадов Х.Р., Икрамов Д.З. Создание искусственных водоупоров // Горный вестник Узбекистана. –2015. – №2. – С. 38-44. (05.00.00.№7).

2. Музафаров А.М., Шарафутдинов У.З., Мустафаев М.А., Саттаров Г.С. Радиометрические исследования техногенных объектов // Горный вестник Узбекистана. –2015. – №4. – С. 9-11. (05.00.00.№7).

3. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З., Икрамов Д.З. Отработка методом подземного выщелачивания месторождения “Мейлисай” // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №4. – С. 18-22. (05.00.00.№7).

4. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З., Ахадов Х.Р. Оценка влияния искусственных водоупоров на основные геотехнологические показатели отработки // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №3. – С. 11-16. (05.00.00.№7).

5. Шарипов Х.Т., Шарафутдинов У.З. Процесс бикарбонатного подземного выщелачивания урана из высококарбонатных руд // Universum: технические науки. – Москва, 2016. - №9 – С. 59-62. (02.00.00. №1).

6. Sharipov Kh.T., Sharafutdinov U.Z., Saparov A.B. Current state of the uranium extraction at the NMMC // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Vienna, 2016. №7-8 – С. 40-43. (02.00.00.№2).

7. Музафаров А.М., Шарафутдинов У.З., Донияров Н.А., Ражаббоев И.М. Современное состояние радиоэкологической обстановки производства Навоийского ГМК и его влияния в экосистему // Ekologiya xabarnomasi. – Ташкент, 2016. – №9. – С. 15-17. (04.00.00.№1).

8. Sharipov Kh.T., Sharafutdinov U.Z., Rajabboev I.M., Khujaev J.E. Analysis of productive solutions and uranium sorption on anionits // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences -2017. N1-2. –P. 111-113. (02.00.00.№2).

9. Шарипов Х.Т., Шарафутдинов У.З., Ражаббоев И.М. Современные требования к контролю природных вод по радиационным признакам // Ekologiya xabarnomasi. – Ташкент, 2017. – №1. – С. 26-28. (04.00.00.№1).

10. Назаров В.Ф., Сапаров А.Б. Шарафутдинов У.З., Нейтрализация примесей фосфора при получении уранового концентрата // Горный журнал, Цветные металлы. Специальный выпуск. – Москва, 2017. – С. 41-44. (05.00.00. №28).

11. Шарипов Х.Т., Даминова Ш.Ш., Чепульский С.А., Кадилова З.Ч., Стойко О.В., Шарафутдинов У.З. Кординационные соединения рения с 2-амио-1-метилбензимидазолом и 7-метокси-1-метил-9Н-пиридо (3,4-б) индолом // Композиционные материалы.- Ташкент, 2017. – №3. – С. 10-14. (02.00.00. №14).

12. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Шарафутдинов У.З. Редкие металлы – инновационный ресурс НГМК // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. – №4. – С. 57-61. (05.00.00.№7).

13. Шарафутдинов У.З., Аликулов Ш.Ш., Курбанов М.А., Халимов И.У. Исследования гидродинамических параметров при подземном выщелачивании путем физического моделирования // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №1. – С. 23-25. (05.00.00.№7).

14. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Шарафутдинов У.З. Анализ золы горючих сланцев месторождения Сангрунтау и возможность их обогащения // Горный вестник Узбекистана. Навои, –2019. – №1. – С. 64-66. (02.00.00.№6).

15. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Шарафутдинов У.З. Извлечение золота, молибдена и рения из золы горючих сланцев месторождения «Сангрунтау»// Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №2. – С. 83-86. (05.00.00.№7).

16. Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Шарафутдинов У.З., Халимов И.У. Исследования некоторых вмещающих пород урановых руд методом термического анализа // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №3. – С. 7-8. (05.00.00. №7).

17. Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Шарафутдинов У.З. Сравнение азотистой кислоты и ионов железа (+3) в качестве окислителей урана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №3. – С. 100-101. (05.00.00.№7).

18. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Шарафутдинов У.З. Извлечение ванадия и урана из упорных руд черносланцевого типа// Цветные металлы. – Москва, 2019. – №10. – С. 46-49. (05.00.00. №91). (Scopus IF=0.34).

19. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Курбанов М.А., Шарафутдинов У.З. Сравнительное изучение современных сильноосновных анионитов для сорбции урана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №4. – С. 45-48. (05.00.00. №7).

II бўлим (II часть; part II)

20. Иванова И.А., Шарафутдинов У.З. Исследования влияния депрессантов на эффективность сорбции и десорбции // Горный вестник Узбекистана. –2012. – №4. – С. 82-84. (05.00.00.№7).

21. Мушоряпов И.А., Шарафутдинов У.З., Шмакова Н.И. Радиационный и экологический производственный мониторинг окружающей среды // Горный вестник Узбекистана. –2012. – №4. – С. 123-125. (05.00.00.№7).

22. Sharafutdinov U.Z., Romashkin P.L., Bekmuratov Sh.Sh., Burkhanov A.K., Gaffarov J.I Influence of the various ion-dispersants on the uranium's sorption and desorption processes by "in-situ leaching" technology // EUROPEAN APPLIED SCIENCES. – Stuttgart, 2013. – №5-2. – С. 42-44. (05.00.00.№2).

23. Мушоряпов И.А., Хосилов Н.Д., Шарафутдинов У.З., Шмакова Н.И. Особенности объектного экологического мониторинга на урановых предприятиях Навоийского ГМК // Ekologiya xabarnomasi. –2013. – №5/6. – С. 85-89. (04.00.00.№1).

24. Мушоряпов И.А., Иванова И.А., Шарафутдинов У.З., Влияние фосфат иона на эффективность технологического процесс получения сульфат уранила и выбор оптимальных способов очистки анионита // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №3. – С. 70-73. (05.00.00.№7).

25. Мустакимов О.М., Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З. Современное состояние производства урана в Навоийском ГКМ // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №4. – С. 33-36. (05.00.00.№7).

26. Сапаров А.Б., Джалгасбаев Я.К., Шарафутдинов У.З. Совершенствование технологии сооружения геотехнологических скважин // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №1. – С. 69-72. (05.00.00.№7).

27. Хажиева Д., Рузимуродов Ф., Шарафутдинов У.З., Шарипов Х.Т. Анализ продуктивных растворов урана и сорбция на анионитах // Научно-техническая конференция "Умидли кимёгарлар". – Ташкент, 8-11 апреля, 2008 г. – С. 312-314.

28. Хажиева Д., Хужаев Ж.Э., Шарафутдинов У.З., Шарипов Х.Т. Влияние депрессантов на сорбцию урана // Научно-техническая конференция молодых ученых: докторантов, аспирантов, научных сотрудников и студентов бакалавриата и магистратуры "Умидли кимёгарлар". – Ташкент, 7-10 апреля, 2009 г. – С. 190-191

29. Собиров У.Д. Шарафутдинов У.З., Донияров Н.А., Влияние депрессирующих анионов, присутствующих в продуктивных растворах, на сорбционное извлечение // Научно-техническая конференция (с международным участием) "Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости Республики Узбекистан". – Навои, 12-14 мая, 2011 г. – С. 102-103.

30. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З. Применение пероксосерных кислот при подземном выщелачивании урана // Научно-практическая конференция «Инновационные технологии горно-металлургической отрасли». – Навои, 21 октября 2011 г. – С. 166-168.

31. Хосилов Н.Д., Кувандыкова С.Р., Аслонов Н.Н., Шарафутдинов У.З. Исследование движения рения в технологическом процессе добычи и переработки урана // XIII Всероссийская научно-техническая конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых (с международным участием) «Химия и химическая технология в XXI веке». – Томск, 14-17 мая 2012 г. – С. 182-184.

32. Курбанов Ш.К., Донияров Н.А., Абдурахмонов С.А., Шарафутдинов У.З. Разработка технологии переработки горючих сланцев Кызылкумов // Конференция молодых ученых «Актуальные вопросы углехимии и химического материаловедения». – Кемерово, 17-18 мая 2012 г. – С. 35.

33. Рахимов Й.Н., Скрипко В.С., Донияров Н.А., Ромашкин П.Л., Шарафутдинов У.З. Исследование по созданию искусственного водоупора // Республиканская научно-техническая конференция «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». – Навои, 14-15 июня 2012 г. – С. 82-83.

34. Сапаров А.Б., Донияров Н.А., Хужакулов Н.Б., Нурмуродов М.Н., Шарафутдинов У.З. Мониторинг окружающей среды на предприятиях по добычи урана // Республиканская научно-техническая конференция «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». – Навои, 14-15 июня 2012 г. – С. 137-138.

35. Петухов О.Ф., Кувондикова С.Р., Карапетян И.А., Шарафутдинов У.З., Попутное извлечения рения из некондиционных растворов уранового производства // Международная научно-практическая конференция посвященной 75-летию со дня рождения В.Н. Николаева «Теоретические и прикладные аспекты химической науки, товарной экспертизы и образования». – Чебоксары, 25-26 апреля 2013г. – С. 136-137.

36. Ромашкин П.Л., Бекмуратов Ш.Ш., Бурханов А.К., Гаффаров Ж.И., Шарафутдинов У.З. Влияние депрессантов на процесс получения сульфата уранила // Международная научно-практическая конференция посвященной 75-летию со дня рождения В.Н. Николаева «Теоретические и прикладные аспекты химической науки, товарной экспертизы и образования». – Чебоксары, 25-26 апреля 2013г. – С. 191-193.

37. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З. Выбор оптимальной технологии отработки методом ПВ урана // VI Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 14-16 мая 2013 г. – С. 161-162.

38. Мустакимов О.М., Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З. Перспективы попутного извлечения РЗЭ в НГМК // Международная научная конференция «Инновация-2013». – Ташкент, 12-13 октября 2013г. – С. 195-196.

39. Сапаров А.Б., Бектамишев Т.М., Икрамов Д.З., Шарафутдинов У.З. Различные окислители при ПВ в условиях высококарбонатных месторождений // Международная научная конференция «Инновация-2013». – Ташкент, 12-13 октября 2013г. – С. 206-207.

40. Сапаров А.Б., Икрамов Д.З., Нарзиев А.С., Шарафутдинов У.З. Влияние гидрогеологических параметров рудоносных горизонтов при разработке месторождений песчаникового (фильтрационного) типа методом подземного выщелачивания // Республиканская научно-техническая конференция «Проблемы, развитие и инновационные направления геологических наук в Узбекистане». – Ташкент, 17 декабря 2013г. – С. 256-257.

41. Сапаров А.Б., Ахадов Х.Р., Икрамов Д.З., Шарафутдинов У.З. Повышение эффективности схем подземного выщелачивания руд путем сооружения искусственных водоупоров // Международная научно-техническая конференция «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». – Ташкент, 28-30 ноября 2014 г. – С. 240-244.

42. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З. Подземное выщелачивание урана в Навоийском ГМК // Международная научная конференция «Инновация-2015». – Ташкент, 23-24 октября 2015г. – С. 194-195.

43. Сапаров А.Б., Шарафутдинов У.З. Решение проблем уранодобывающих подразделений НГМК // VIII международная научно-техническая конференция «Горно-металлургических комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития» Навои, 19-21 ноябрь 2015г. – С. 169.

44. Сапаров А.Б., Ахадов Х.Р., Шарафутдинов У.З. Изменение кондиционных показателей при проведении геологоразведочных работ // Международная научная конференция «Инновация-2016». – Ташкент, 25-27 октября 2016г. – С. 171-173.

45. Сапаров А.Б., Шарипов Х.Т., Каримов И.А., Ражаббоев И.М. Шарафутдинов У.З. Опыт использования окислителей, их эффективность // Республиканская научно-техническая конференция «Горно-металлургических комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития» Навои, 15-16 ноябрь 2016г. – С. 147-148.

46. Сапаров А.Б., Эргашев Ш.Х., Саноев С.С., Суннатуллоев Ш.Ш., Шарафутдинов У.З. Влияния фосфат иона при получении солей серноокислых // Республиканская научно-техническая конференция «Горно-металлургических комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития» Навои, 15-16 ноябрь 2016г. – С. 429-430.

47. G.S. Sattarov, J.E. Khujaev, I.M. Rajabov, A.M. Muzafarov, Sharafutdinov U.Z. Estimation methods of influence of anthropogenic factors of gold and uranium production on ecosystem // Ecological education and ecological culture of the population: materials of the V international scientific conference on February 25–26, 2017. – Prague, P. 93-97.

48. С., Хужамов У.У., Шарафутдинов У.З. Техногенное сырье при комплексном освоении месторождений // IX международная научно-техническая конференция «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса» Навои, 12-14 июня 2017г. – С. 119.

49. Санакулова Н.Н., Намозов С., Иботов Б., Мизомов Л.С., Шарафутдинов У.З. Контроль природных вод по радиоактивным признакам // IX международная научно-техническая конференция «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса» Навои, 12-14 июня 2017г. – С. 229.

50. Назаров В.Ф., Сапаров А.Б., Курбанов М.А., Шарафутдинов У.З. Окисление урановых руд кислородом с использованием адсорбционной кислородной станции // Международная научная конференция «Инновация-2017». – Ташкент, 25-27 октября 2017г. – С. 177-178.

51. Назаров В.Ф., Ахадов Х.Р., Ражаббоев И.М., Шарафутдинов У.З. Возможности переработки техногенных месторождений урана методом подземного выщелачивания // Международная научная конференция «Инновация-2018». – Ташкент, 25-27 октября 2018г. – С. 145-146.

52. Назаров В.Ф., Урдабаев Н.Э., Бозоралиев М.Р., Ражаббоев И.М., Шарафутдинов У.З. Опыт использования окислителей, их эффективность // Международная научно-техническая конференция «Перспективы

инновационного развития горно-металлургического комплекса», Навои, 22 – 23 ноября 2018 г. – С. 155.

53. Хужамов У.У., Хамидов Р.А., Буронов А.Б., Муродов И.Н., Нарзуллаев Ж.Н., Шарафутдинов У.З. Исследование по применению растворов противоточной декантации на отработанных площадях ПВ // Международная научно-техническая конференция «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса», Навои, 22 – 23 ноября 2018 г. – С. 120.

54. Шарипов Х.Т., Туресебеков А.Х., Даминова Ш.Ш., Кадирова З.Ш., Алимов З.Б., Шарафутдинов У.З. Фрактометрическое изучение минерального состава исследование микроструктуры хвостовых отходов НГМК // Республиканская научно-техническая конференция «Современные проблемы и перспективы химии и химико-металлургического производства» Навои, 22 ноября 2018 г. – С. 161-162.

55. Курбанов М.А., Каримов Н.М., Шарафутдинов У.З. Основные принципы исследований в области технологии извлечения рения их растворов подземного выщелачивания урана в условиях РУ-5 НГМК // Международной научно-практической конференции на тему: «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях Индустрии 4.0». Алматы 15-17 марта 2019г. – С. 45-49.

56. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Шарафутдинов У.З. Редкоземельные металлы – инновационный ресурс НГМК // Международная научная конференция «Инновация-2019». – Ташкент, 25-27 октября 2019г. – С. 44-45.

57. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Шарафутдинов У.З. Анализ золы горючих сланцев месторождения Сангрунтау и возможность их обогащения // Международная научная конференция «Инновация-2019». – Ташкент, 25-27 октября 2019г. – С. 180—182.

58. Sanakulov K.S., Petuhov O.F., Sharafutdinov U.Z. Development and industrial of advanced technologies of radioactive waste reclamation in the republic of Uzbekistan // Proceedings Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari. 27-28 november, 2019. Navoi. pp. 3-11.

Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналидан
05.10.2020 йилда таҳрирдан ўтказилди.

Бичими: 84x60 $\frac{1}{16}$. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма № 180.

Гувоҳнома № 10-3719
“Тошкент кимё технология институти” босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.