НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ВА ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

АЛИҚУЛОВ ШУҲРАТ ШАРОФОВИЧ

СУСТ ЎТКАЗУВЧИ УРАН РУДАЛАРИНИ ЕР ОСТИДА ТАНЛАБ ЭРИТИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА ЖАДАЛЛАШТИРИШ

04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва курилиш)

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Навоий – 2019

УДК: 622.349:622.755:622.275

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

Алиқулов Шухрат Шарофович
Суст ўтказувчи уран рудаларини ер остида танлаб эритиш технологиясини ишлаб чиқиш ва жадаллаштириш 3

Аликулов Шухрат Шарофович
Разработка технологии и интенсификация параметров подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд……..... 27

Alikulov Shuxrat Sharofovich
Development of technology and intensification of parameters of underground leaching of uranium from low-permeable ores……..... 53

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works …….. 57

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ВА ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

АЛИҚУЛОВ ШУҲРАТ ШАРОФОВИЧ

СУСТ ЎТКАЗУВЧИ УРАН РУДАЛАРИНИ ЕР ОСТИДА ТАНЛАБ ЭРИТИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА ЖАДАЛЛАШТИРИШ

04.00.10 – Геотехнология (очик, ер ости ва курилиш)

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Навоий – 2019

Фан доктори (Doctor of Science) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.3.DSc/T183. рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

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

Илмий маслаҳатчи:	**Санақулов Қувондиқ** техника фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон Республикасида хизмат кўрсатган саноат ходими
Расмий оппонентлар:	**Дуйсебаев Бауржан Оразович** техника фанлари доктори, профессор
	Тошов Жавохир Буриевич техника фанлари доктори, доцент
	Эргашев Улуғбек Абдурасулович техника фанлари доктори
Етакчи ташкилот:	**«Минерал ресурслар институти» ДК**

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти ва Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.06.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «____»_____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 127-уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com).

Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (__рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шоҳ кўчаси, 127-уй, Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2019 йил «____»_____ куни тарқатилди.
(2019 йил «____»_____ даги___ рақамли реестр баённомаси)

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

Ш.Ш.Заиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

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

КИРИШ (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда фойдали қазилмаларни ер остида танлаб эритмага ўтказиш усули анаънавий кончилик усулидан фарқли ўлароқ бир қатор афвзаликларга эга. Уранни ер остида танлаб эртмага ўтказиш усули охирги 10 йил ичида 5% дан 34% гача ошди. Ер остида танлаб эритмага ўтказиш усули кончилик корхоналарини қурилишида капитал маблағларни 2-4 маротабагача камайтириш, рудникларни қурилиш муддатини қисқартириш, якуний маҳсулотларнинг меҳнат унумдорлигини 2-4 мартагача ошириш ва бунга мувофиқ ишчилар сонини камайтириш имкониятини беради. Уранга бўлган эҳтиёжнинг жадал суръатда ошиб бориши ноанъанавий технологияларни ишлаб чиқиш бўйича шу соҳа олимлари олдига янгидан-янги вазифаларни қўяди. Бунга ўхшаш вазифа суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини қазиб олишдир. Шунинг учун суст ўтказувчан ва сувга кам тўйинган уран маъданларини янги технологиялар бўйича қазиб олиш ҳозирги кунда долзарб илмий-техник муаммолардан бири ҳисобланади.

Бугунги кунда уранни ер остида танлаб эртмага ўтказиш усули чуқур жойлашган уран маъданларини қазиб олиш жараёнлари йилдан йилга мураккаблашиб бормоқда ва суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган маъданларни ер остида танлаб эритмага ўтказиш усулида қазиб олиш муаммо туғдирмоқда. Бундай муаммоларни ечимларидан бири гидродинамик режимни бошқарган ҳолда сувга кам тўйинган ва суст ўтказувчан уран маъданларини қазиб олиш, қатламни ўтказувчанлигини ошириш учун юқори-фаолаштирувчи моддаларни қўллашдан иборатдир. Суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран конлари захираларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш усули қазиб олиш махсулдор эритманинг таркибида металлнинг концентрациясини оширади, сульфат кислотанинг солиштирма сарфи камаяди, ер остида танлаб эритмага ўтказиш вақти қисқаради, минерал хом-ашё базаси ортади.

Республикада кон-металлургия тармоғининг йирик корхоналарини ривожлантириш, модернизация қилиш ва ишлаб чиқариш ҳажмларини кўпайтириш, уранни қазишда ер остида танлаб эритмага ўтказиш усулларини амалга ошириш борасида илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг қарорида «кон-металлургия тармоғининг йирик корхоналари рақобатбардошлигини ошириш, ишлаб чиқаришни модернизация қилиш мақсадида инвестицияларни жалб этишга қўшимча шароитлар яратиш»[1] каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, уранни ер остида танлаб эртимага ўтказишнинг унумдорлигини ошириш, суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш, ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёни ва турли хил қазиб олиш тизимларини бошқариш, сувга кам тўйинган уран

[1] Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПҚ-4124 «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари» тўғрисидаги қарори

маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш, уран маъданлари захираларини сувли қатлами босими паст жойларда қазиб олиш технологиясини яратиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони, 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи[2]. Сувга кам тўйинган ва суст ўтказувчи уран маъданларини қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказларида ва олий таълим муассасалари, жумладан, University of Nevada (АҚШ), Institute of Condensed Matter Chemistry (Франция), Антверпен университети (RUCA, Бельгия), Seoul Nation University of Science and technology (Жанубий Корея), University of Utah (АҚШ), Nuclear Physics Institute (ХХДР), University of Cape Town (ЖАР), University of the Witwatersrand (ЖАР), Россия давлат геология қидирув университети (Россия Федерацияси), Байкал орти давлат университети (Россия Федерацияси), Қозоғистон миллий техника университети (Қозоғистон), Миллий тадқиқот технология университетининг «Москва пўлат ва қотишмалар университети» (Россия Федерацияси), Навоий кон-металлургия комбинатининг марказий илмий-тадқиқот лабораторияси ва Навоий давлат кончилик институти (Ўзбекистон)да олиб борилмоқда.

Жаҳонда уран рудаларини ер остида танлаб эритиш технологиясини ишлаб чиқиш ва жадаллаштириш, суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданлари қазиб олишга оид олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: суст ўтказувчи уран маъданларини қазиб олиш усулининг технологияси яратилган (University of Utah, Россия давлат геология қидирув университети); суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини физик йўли билан жадаллаштириш усуллари ишлаб чиқилган (Nuclear Physics Institute); икки қатламли конларнинг қазиб олиш усулининг технологияси ишлаб чиқилган (University of Nevada, University of the Witwatersrand); турли хил

[2] Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи www.atlasrockbit.com, http://www.varelintl.com, www.dissercat.com, http://vbm.ru, https://www.amazon.com, http://www.mirknigi.ru ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

қазиб олиш тизимларини бошқариш моделлари ишлаб чиқилган (Томск политехника университети); уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда гидродинамик жараёнлари такомиллаштирилган (RUCA Антверпен университети ва Навоий давлат кончилик институти, Ўзбекистон).

Дунёда турли эритмалардан фойдаланиб юқори фаоллаштирувчи моддалар суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: маъдан қатламида тоғ жинсини сув ўтказувчанлигини унумдорлигини ошириш; юқори фаоллаштирувчи моддани қўллаган ҳолда қисқа вақт оралиғида уран маъданини оксидлаш; юқори фаоллаштирувчи модда ва турли хил эритмалар орқали минералларни бирламчи суюқ ҳолатга ўтказиш; ер остида танлаб эритиш гидродинамик режимини бошқариш ва сувга кам тўйинган гидрогенн уран конларини қазиб олиш технологиясини яратиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш усулида илм фан ва амалиётни ривожлантиришда Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Истомин В.П., Калабин А.И., Лобанов Д.П., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Ю.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Толстов Е.А., Фазлуллин М.И., Хчеян Г.Х., Язиков В.Г., Alfoldi L., Anderson J.S., Matis K.A., Ritchie M.J., Salter J.D., Wyatt N.P., Yannopoulos J.C., Young Zaporozec C.P., Kundler A.P. ва бошқа олимлар ўзларининг улкан ҳиссаларини қўшганлар.

Ҳозирги кунга келиб ушбу соҳада суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишни жадалаштириш илмий техника асосларнинг етишмаслиги фойдали компонентни ер тубидан чиқариб олиш механизмини бошқариш мауммолари мавжуд. Бу билан боғлиқ суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологиясини ишлаб чиқиш кон-металлургия соҳасида юқори илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг БА-А-13-015 «Уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда маҳаллий эритмалардан фойдаланиб технологик режимни ишлаб чиқиш» (2017-2018 йй.), «Суст ўтказувчи гидрогенн уран рудаларининг қазиб олиш технологиясини яратиш» (2018 й.), «Сувга кам тўйинган гидрогенн уран конларини қазиб олиш технологиясини яратиш» (2018 й.) мавзуларидаги илмий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ер остида танлаб эритмага ўтказишни жадаллаштириш, суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

уранни ер остида танлаб эртимага ўтказишнинг унумдорлиги ошириш, хусусан суюқликнинг фильтрланиш ҳаракати, геотехнология уранда физик-кимёвий омилларни аниқлаш;

суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш ва бошланғич фильтрланиш градиентини оқим жараёнига таъсирини тадқиқ қилиш;

уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда фильтрланиш тезлиги ва глинали тоғ жинсларда ўтказувчанлик хусусиятини аниқлаш, юқори босим остида фильтрланиш режими градиентини аниқлаш;

ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёни ва турли хил қазиб олиш тизимларини бошқариш учун компьютер моделини ишлаб чиқиш ва кенгайтирилган блок-схемаси орқали математик моделлаштириш;

суст ўтказувчи уран маъданларини танлаб эритмага ўтказишда лаборатория шароитида геотехнологик кўрсаткичларни аниқлаш ва тадқиқ қилиш;

сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишни гидродинамик параметрларини бошқаришни таҳлил қилишни асослаш;

уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда гидродинамик жараёнларини стендли синовдан ўтказиш;

уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда параметрларни такомиллаштириш ва ярим ишлаб чиқариш миқёсида янги технологияни жорий қилиш, бўшлиқ қаватдаги массивлар орқали суюқлик ҳаракатини бошқариш ва баҳолаш учун илмий ва услубий асосларни ишлаб чиқиш;

уран маъданлари захираларини сувли қатлами босими паст жойларда қазиб олиш технологиясини яратиш ва ярим ишлаб чиқариш синовларини ўтказиш.

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

Тадқиқотнинг предмети сувга кам тўйинган ва суст ўтказувчи уран маъданларини қазиб олиш технологиясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида комплекс тадқиқот усулларидан, жумладан, суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг илмий, назарий ва амалий умумлаштириш, математик моделлаштириш усуллари, уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг замонавий компьютер техникаси ёрдамида Borland Delphi 7.0 тилида компьютер дастурлаш, математик статистика усуллари ва корреляция таҳлиллари, стендли ва лаборатория тадқиқотлари, бундан ташқари эксперимент саноат тажрибаларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишда эритманинг ҳаракатланиш тезлиги ва коэффициент фильтрацияси

аниқланган, суюқликни қатламда ҳаракат қонунияти асосида фильтрланиш тезлиги формуласи ишлаб чиқилган;

эритманинг қатламдаги фильтрланиш тезлиги юборувчи қудуқнинг унумдорлигига боғлиқлиги, фильтрланиш коэффициенти маъдан қатламини қалинлиги ва тоғ жинсининг бўшлиғи унинг қаттиқлик даражаси бўйича жойлашишига боғлиқлиги аниқланган;

суст ўтказувчи уран маъданларини эритиб олиш учун фильтрланиш математик модели ҳамда ер остида танлаб эритмага ўтказиш ва фильтрланиш жараёнини ўзгариши асосида муҳандислик ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

суст ўтказувчи уран маъданларини танлаб эритмага ўтказишда фильтрланиш коэффициентини ошириш учун юқори фаоллаштирувчи модда сульфанол танланган, эритиш учун унинг концентрацияси ва литологик қисмларда глинали тоғ жинсларининг бўшлиқларида эритмаларнинг сингиш тезлиги аниқланган;

суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишда намлик бурчагини аниқлаш услуби ишлаб чиқилган ва суст ўтказувчи маъданлардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда фильтрланиш коэффициентига юқори фаоллаштирувчи модданинг оптимал таъсирини аниқлаш имкониятини берувчи проекцион усулда тоғ жинсларининг намланиш бурчаги аниқланган;

сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг суғориш технологиясини қўллаган ҳолда, депрессия воронкаси ҳосил қилиш натижасида назарий асоси яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

юқори фаоллаштирувчи модда қуллаганда ва депрессион воронкани ҳосил қилганда сувга кам тўйинган ва суст ўтказувчи уран конларини қазиб олиш илмий асослари яратилган;

математик моделлаштириш асосида кенгайтирилган блок-схема ишлаб чиқилди ва уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнида фильтрланиш ва қазиб олиш даражасини бошқаришнинг компьютер модели ишлаб чиқилган;

ер остида танлаб эритмага ўтказиш учун сульфанол эритмасини оптимал концентрациясини аниқлаш методикаси ишлаб чиқилган, глинали суст ўтказувчи маъданларда ишчи эритмани чуқуроқ ва фильтрланиш тезлигини хамда фильтрланиш коэффициентини ошириш аниқланган;

ер остида танлаб эритиш тоғ жинсини фильтрланиш даражаси суғориш худуди, литологик қатлами, қатламнинг параметрлари стендли тажрибада аниқланган;

ер остида танлаб эритмага ўтказиш сульфанол эритмасини қўллаган ҳолда суст ўтказувчи уран маъданларини қазиб олишнинг самарали технологияси ишлаб чиқилган;

ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини такомиллаштириш натижасида сувга кам тўйинган уран маъданларини қазиб олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Навоий кон-металлургия комбинати ер остида танлаб эритмага ўтказиш объектларида суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш усули, қазиб олиш жараёнини жадаллаштириш, лаборатория ва саноат миқёсидаги технологик ишланмалар ишлаб чиқилди, назарий тадқиқот саноат тажрибаларнинг катта ҳажми билан исботланган.

Тадқиқотлар натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъдан конларини қазиб олишнинг илмий асоси ишлаб чиқилди ва назарий умумлаштириш хамда ер остида танлаб эритмага ўтказиш учун сульфанол эритмасини оптимал концентрациясини аниқлаш методикасини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ер остида танлаб эритиш тоғ жинсини фильтрланиш даражаси суғориш худуди, литологик қатлами, қатламнинг параметрларини аниқлаш хамда ер остида танлаб эритишнинг параметрларини комплекс тадқиқот усули ва суст ўтказувчи хамда сувга кам тўйинган уран маъданларини қазиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш параметрларини жадаллаштириш ва технологиясини яратиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ишқорловчи эритманинг ҳаракатланиш тезлиги ва коэффициент фильтрацияни аниқлаш формулалари ҳамда суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологияси Навоий кон-металлургия комбинатининг 5-сон кон бошқармасида уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнида амалиётга жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2018 йил 18 сентябрдаги 02-06-04/11702-сон маълумотномаси). Натижада махсулдор бой эритма олиш, қазиб олиш жараёни 1,5 маротобага жадаллаштириш, қазиб олиш вақти 15%га қисқариш, ишлаб чиқариш коэффициенти 20%га ошириш, уранни бирламчи оксидлаш вақти 20%га қисқартириш, қазиб олиш таннархи 5%га камайтириш ва фойдаланиш рентабиллигига эришиш имконини берган;

сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологияси ва депрессия воронкасини ҳосил қилиш усули Навоий кон-металлургия комбинатининг Шимолий кон бошқармасида инфилтрланиш оқимини бойитиш жараёнида амалиётга жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2018 йил 18 сентябрдаги 02-06-04/11702-сон маълумотномаси). Натижада уранни ер остида танлаб эритиш технологиясини такомиллаштириш, эритмани тезлиги ва эритмани чуқуроқ киритиш имконини берган;

паст босимли Кендик-тюбе уран кони қатламларида уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш усули Навоий кон-металлургия комбинатининг Шимолий кон бошқармасида ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнида амалиётга жорий қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2018 йил 18 сентябрдаги 02-06-04/11702-сон маълумотномаси). Натижада сувга кам тўйинган уран захираларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш ва қазиб олишнинг унумдорлигини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари 2 та республика ва 15 халқаро илмий-техник ва илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 47 та илмий иш чоп этилган, шулардан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 15 та мақола, жумладан 7 таси республика ва 8 таси ҳорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, олтита боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

«Физик кимёвий геотехнологиянинг ривожланишидаги асосий тенденциялар ва уран қазиб олишнинг замонавий ҳолат таҳлили» деб номланган биринчи бобда ер остида танлаб эритмага ўтказиш усулида Қизилқум ҳудудидаги уран маъданлари конларини қазиб олиш бўйича комплекс ёндашиш тадқиқоти олиб борилди.

Уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда замонавий технологияларни қўллаш қазиб олиш технологияни такомиллаштиришга олиб келади, уларнинг самарадорлиги одатда конларнинг табиий шаротиларига боғлиқ бўлиб, уларнинг ҳар бири ноёбдир ва ўз хусусиятларига эга. Қатламда суюқликнинг ҳаракати қонуниятини ўрганиб чиқиш асосида суст ўтказувчи уран маъданларини эритиб олиш эритманинг фильтрланиш коэффициенти ва фильтрланиш тезлигини аниқлаш формуласи ишлаб чиқилди. Эритманинг фильтрланиш тезлиги юборувчи қудуқнинг эритмани қабул қилиш унумдорлигига ва фильтрланиш ғовакларнинг

кесишмасига боғлиқдир, фильтрланиш коэффициенти маъдан қатлами ва қаттиқ таркибий қисмларнинг заррача диаметрига боғлиқ.

Бозор иқтисодиётида фойдали қазилмаларни қазиб олиш технологиялари кон қазиб олишнинг иқтисодий асосларини аниқлашда асосий ҳал қилувчи омил ҳисобланади. Ушуб диссертацияда захираларни қазиб олиш учун технология яратишнинг асосий йўналиши ёритилган, шунингдек турли технологияларни синовдан ўтказишнинг бошланғич босқичида иқтисодий самарадорлигини баҳолашни ўз ичига олади.

Суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданлари узоқ йиллар давомида Навоий кон-металлургия комбинатида технологик балансдан ташқари ҳисобига киритилган, чунки тоғ жинсларни юқори эритма талаб қилувчи кольматация жараёни тезлашиб бориши сульфат кислота эритмаси билан суюқ ҳолатга ўтказиб олиш усули захираларнинг самарали қазиб олишга имкон бермади. Биз томонимиздан суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини қазиб олиш хусусияти ва худуднинг тавсифланиши бўйича тадқиқот олиб борилди. Суст ўтказувчи Кетменчи уран маъдан конининг 1-маъдан мажмуи 2-маъдан мажмуидан алохида жойлашган Кишор қатлами билан алоҳида ажралиб туради. Ғарбдан у катта Кетменчи ёриғи билан чегараланиб, жанубий қисмдан Кишор ёриғи билан ажралиб туради.

Маъдан кичик ётқизиқлари «тарқоқлиги» билан ажралиб туради. Биринчи маъдан мажмуида суст ўтказувчан уран маъданини ер остида танлаб эритмага ўтказиш тажриба синов ишлари олиб борилди.

Тадқиқот жараёнида мавжуд бўлган архив хужжатлари ва Шимолий кон бошқармасининг уран конларида паст босимли ёки қуруқ қатлами билан тавсифланадиган ётқизиқлар ўрганилди. Тадқиқотлар натижаси асосида ер остида танлаб эритмага ўтказишда уран ётқизиқларини қазиб олиш тизмилари учун назарий ечими таклиф этилди, хусусан фойдали комонентни ер тубидан тўлиғича чиқариб олишга хизмат қилади.

Диссертациянинг **«Суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишда қатламда эритманинг оқимини назарий тадқиқ қилиш»** деб номланган иккинчи бобида қўшни қатламларда эритманинг оқиши глинали ажратувчи сув ўтказмайдиган қатламлари зич жойлашиш ўрганилди. Фильтрланиш жараёни зич жойлашган глинали ажратувчи қатламларда босим градиенти J_0 аниқ ифодага тенг бўлганда амалга оширилиши мумкин. Агар босим градиенти нолдан паст бўлганда фильтрланиш коэффициенти нольга тенг бўлиши мумкин яъни фильтрланиш жараёни кузатилмайди.

Ўтказилган тадқиқотлар шуни тасдиқлайдики, суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишда эритманинг фильтрланиш хусусияти, физик-кимёвий ва тоғ жинсини табиий омилига ва технологик факторларига боғлиқ ва фильтрланиш коэффициентининг ўзгариши юқорида белгиланган параметрларга боғлиқдир. Амалда бу

кўрсаткичлар қийматдаги ўзгаришларни аниқлаш жуда қийин ва вақт талаб қиладиган вазифадир.

Шунингдек, фильтрланишга қаршилик кўрсатадиган омиллар кольматация жараёнини бўшлиқ ғовагида содир бўлади ва интеграл коэффициенти сифатида баҳо бериш керак, унинг қиймати гидравлик напорнинг пропорционал ифодада бўлади, қудуқнинг иш унумдорлиги юбориладиган эритманинг тескари пропорционал кўринишда содир бўлади.

Кўриб чиқиладиган ишда параметрларни аналитик таҳлил қилиш гидродинамик режим асосан доимий фильтрланиш учун белгиланган (Дарси, Дюпюи қонуни).

Қатлам бўйича эритманинг фильтрланиш жараёнини ўрганиш бевосита фильтрланиш параметрининг камайишига, вақтига, тоғ жинсини ҳажмига, эритманинг ишқорлаш ҳаракатига, шунингдек физик-кимёвий тавсифланишига: зичлиги, минерал таркибига, қовушқоқлигига, гидродинамик режимига таъсир қилади ва урани ер остида танлаб эритиш технологиясини такомиллаштириш учун долзарб вазифа ҳисобланади.

Зарур маълумотларнинг етишмаслиги, илмий жиҳатдан асосланмаганлиги ва тафсилотлар етарли даражада бўлмаганлиги уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг кольматация жараёнига таъсирини батафсил аниқлаш имконини бермайди. Шу сабабли, ушбу ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёни таҳлилий маълумотларга асосланиб ўтказилади.

Диссертациянинг **«Паст босимли сувли қатламларда уран маъданларини қазиб олишнинг назарий тадқиқоти»** деб номланган учинчи бобда биз томондан қуруқ қатламларда эритманинг ҳаракати ўрганилди, махсулдор қуруқ қатламда суюқликнинг ҳаракат назариясининг масаласи уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда гидродинамик ҳисоб ишларида қўллаш мумкин. Шунинг учун маъдан конларини лойиҳалашда эритиш параметрларини танлаш ва маъдан конларини қазиб олиш кўпинча эмперик боғлиқликларга асосланган етарлича илмий-техник далилларсиз амалга ошрилади.

Тадқиқотлар натижаларида суғориладиган тоғ жинсларининг фильтрланиш оқимининг радиусига таъсири ва унинг тўйиниш характери ҳамда шулар асосида эгри чизиқлар қурилган. Тажриба синов тадқиқотлар шуни кўрсатадики фильтрланиш оқимининг ҳосил бўлиш қонунияти ва қуруқ тоғ жинсларида эритманинг ҳаракати ишлаб чиқилган услубиёт асосида юритилади. Ер остида танлаб эритмага ўтказиш фильтрланиш жараёнини ностаницонар режим услубиёти ишлаб чиқилди ва асосланди, тадқиқотлар шуни белгилайдики қуруқ қатламларда фильтрланиш оқимининг радиусига ва унинг бойитилиши билан тавфсифланади, шунинг асосида суюқликнинг чиқими ҳар хил масофадаги манбалар билан тавсифланади.

Ер остида танлаб эритмага ўтказишда ишлаб чиқилган услубиёт асосида ностационар фильтрланиш режими, фильтрланиш коэффициенти ламинар ва турбулент оқимларида суюқликнинг физик хусусиятлари ҳисобга олинади,

эритманинг фильтрланиш бўшлиғи массиви билан боғланади. Тадқиқотлар шуни белгилайдики эритманинг тарқалиши юборувчи ва сўриб олувчи қудуқлар билан амалга оширилади, ромб кўринишида белгиланади, тарқалиш бурчаги кольматация жараёни билан белгиланади.

Тадқиқотлар натижасида шу аниқландики, юборувчи ва сўриб олувчи қудуқларни ўзаро таъсири тизимида эритма оқимининг шаклини ромб деб қараш зарур, оқим бурчаги эса бўшлиқ ҳажмнинг кольматацияга учраш даражасиги боғлиқ ҳолда шаклланади.

Диссертациянинг **«Суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш эритмаларнинг фильтрланишини математик моделлаштириш»** деб номланган тўртинчи бобида гидродинамик жараёнларни, эриш кинетикасини, эрувчан фойдали компонентларни конвектив ва диффузион тарқалишини аниқловчи боғлиқликларни ўз ичига оладиган ер остида танлаб эритмага ўтказиш модели ишлаб чиқилган.

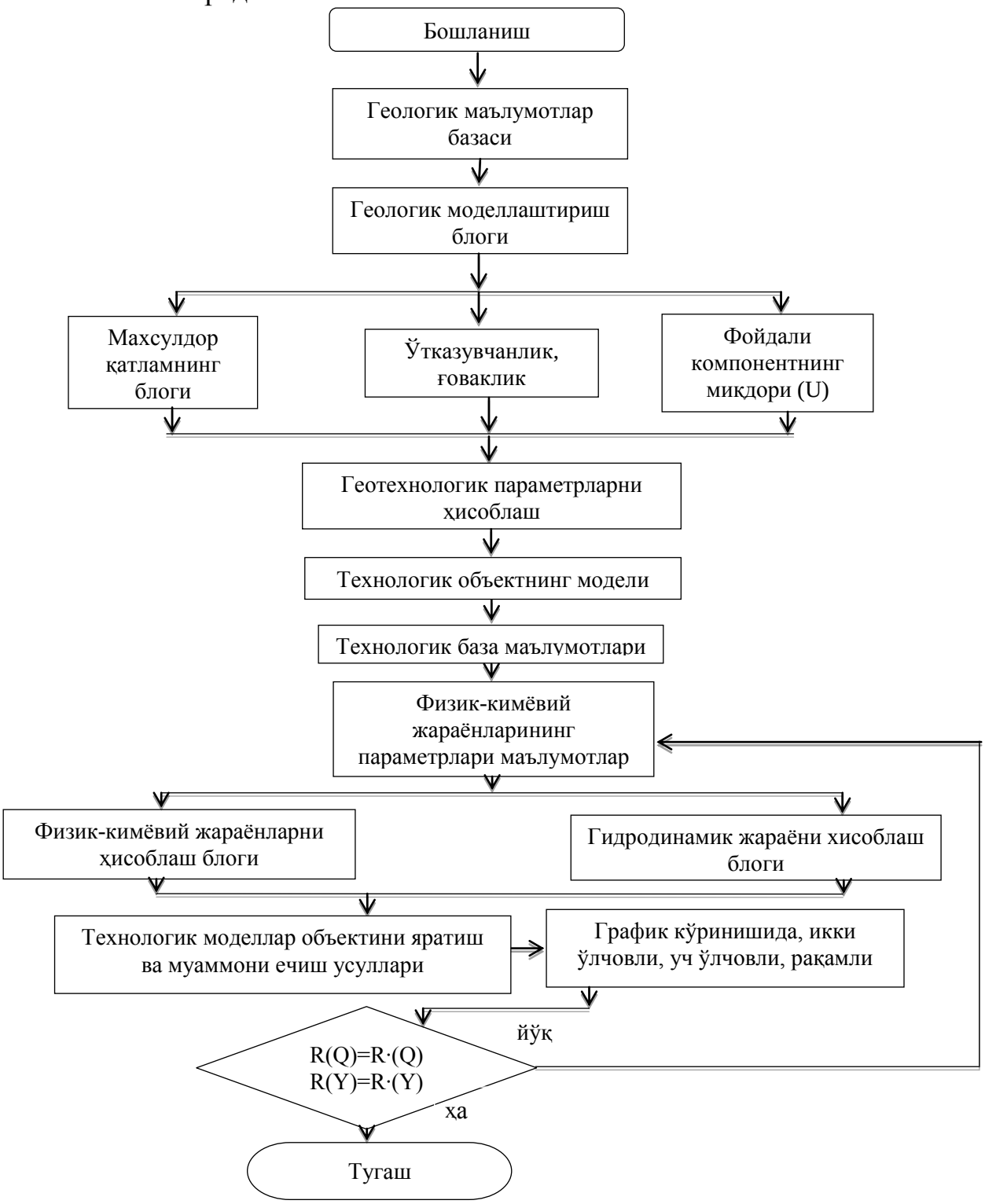
Ер остида танлаб эритмага ўтказиш ҳақидаги билимларнинг замонавий даражаси турли гидродинамик схемалар ва генетик турдаги конлар учун фойдали вақтга боғлиқ ҳолда уранни ер қаъридан ажратиб олишнинг математик боғликларни олиш имкониятини бермайди. Мавжуд назария уранни фильтрацион ишқорлаш жараёни динамикасини қисман ёритиб беради.

Математик моделлаштириш асосида қазиб олиш даражасини ва суст ўтказувчан маъданли горизонтда фильтрация жараёнини ўзгаришини олдиндан аниқлаш учун уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини бошқаришнинг компьютерли модели ва кенгайтирилган блок-схема ишлаб чиқилди. Тажриба блокларида уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда кам намланган маъдан танасида оқимнинг кўчишини шакллантириш учун эритма оқимининг гидродинамик режимини математик моделлаштириш асослаб берилган.

1-расмда математик моделнинг умумий технологик схемаси келтирилган. Бунда суст ўтказувчан маъданлардан фойдали қазилмаларни ер остида танлаб эритмага ўтказиш усулида қазиб олишни бошқариш учун қурилган алгоритмлар ва моделларни амалий қўлланилиши келтирилган.

Бундан ҳолларда суст ўтказувчан маъданлардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг геотехнологик кўрсатгичларини олдиндан аниқлаш мақсадида сонли маълумотларни икки ва уч ўқли график кўринишида визуаллаштиришга асосий эътибор қаратилган. Олинган натижалар уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг физик–кимёвий параметрларини бошқаришда қарорлар қабул қилиш учун ишлаб чиқилган дастурлар таъминоти ва алгоритмлар ишончлилигини тасдиқлайди. Моделда Навоий кон-металлургия комбинатининг уран конлари ҳақида умумий технологик маълумотлар кўрсатилган. Компьютер модели ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг қазиб олиш комплекси тузилиши ва технологик объектлар бўйича келтирилган маълумотларни, қайта ишлаш ва киритишни,

геотехнологик маълумотларни моделлаштириш натижасида ҳисоблашни имкониятини беради.



1-расм. Уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини бошқариш компьютер модели, фильтрланишни ўзгариши ва кенгайтирилган блок-схемаси

Диссертациянинг «**Суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг стендли ва**

лаборатория тадқиқотлари» деб номланган бешинчи бобида уранни ер остида танлаб эритишда тажриба синовлари стендли тадқиқотлар Навоий кон-металлургия комбинати давлат корхонасининг (НКМК ДК), марказий илмий тадқиқот лабораториясида (МИТҚЛ) олиб борилди, бунинг учун 16 дона тузилиши бузилмаган керна намунаси олинди ва текшириш таҳлилий ишлари олиб борилди.

Суст ўтказувчи уран маъдани намунасида юқори фаоллаштирувчи модданинг фильтрланиш коэффицентига таъсири ўрганилди ва тадқиқот олиб борилди. Бунинг учун суст ўтказувчи Кетменчи уран кони танлаб олинди ва геологик қидирув қудуғи бурғуланиб ер тубини литологик хусусияти ўрганилди. Геологик қидирув қудуғининг чуқурлиги 100 м ташкил этди ва ундан 16 дона намуна олинди.

Лаборатория шароитида тажриба синовларини ўтказиш учун қўйидаги типдаги юқори фаоллаштирувчи моддалардан фойдаланилди:

СДж-1, СДж-2 (поликарбоксилатлар асосли), СДж-3 (фосфорорганиклар бирикмалари асосида), полиакриламид (АЖ «Навоиазот» маҳсулоти), ОП-10 ва сульфанол. Юқори фаоллаштирувчи модданинг оптимал сарфини аниқлаш ва унинг ишчи эритма қайишқоқлигини камайтиришдаги таъсирини ўрганиш бўйича тажрибалар ўтказилди. Кейинги тадқиқотлар юқори фаоллаштирувчи моддалардан (ЮҚФМ) оптимал концентрациясини олинган натижалар асосида давом этирилди.

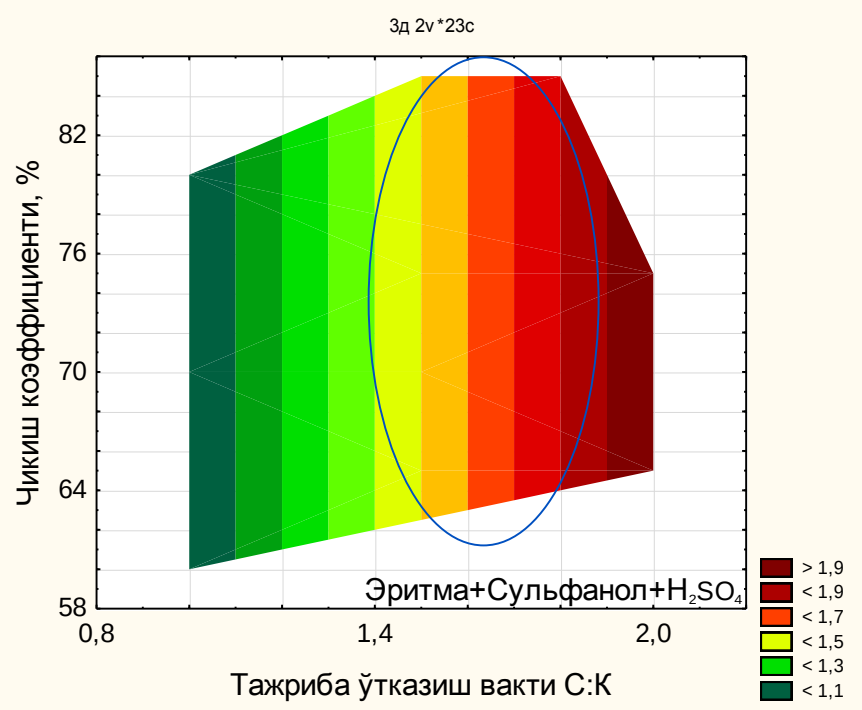
Металлнинг ишқорлашда юқори фаоллаштирувчи моддалардани (ЮҚФМ) таъсири ўрганиш учун лаборатория колонкаси намуна билан тўлдирилди. Тадқиқотдан олдин ўртача ўлчамдаги намуна намлиги ва унинг таркибидаги фойдали компонентни миқдорини аниқлаш мақсадида олинди. Гидравлик градиенти i=1 бўлган ҳолатида фильтрланиш коэффиценти КФ-00М қурилмаси орқали аниқланди. Бунда винт ёрдамида ва резина прокладкалар билан юқори даражада гермитизация қилинди. Ажратиб олинадиган фойдали компонент миқдорини аниқлаш учун суюқликдан намуналар олиб турилди. Олинган суюқлик намунаси С:Қ=1:1-2-3 ва .х.к. бўлганига қадар тажриба ишлари давом этирилди. Фойдали компонент эритманинг таркибида 8,3 мг/л бўлганига қадар тажриба давом этирилди.

Танлаб эритиш натижалари 2-расмда келтирилган. Уранни ажратиб олиш даражаси ва уни ишқорланиш вақти билан боғлиқдир.

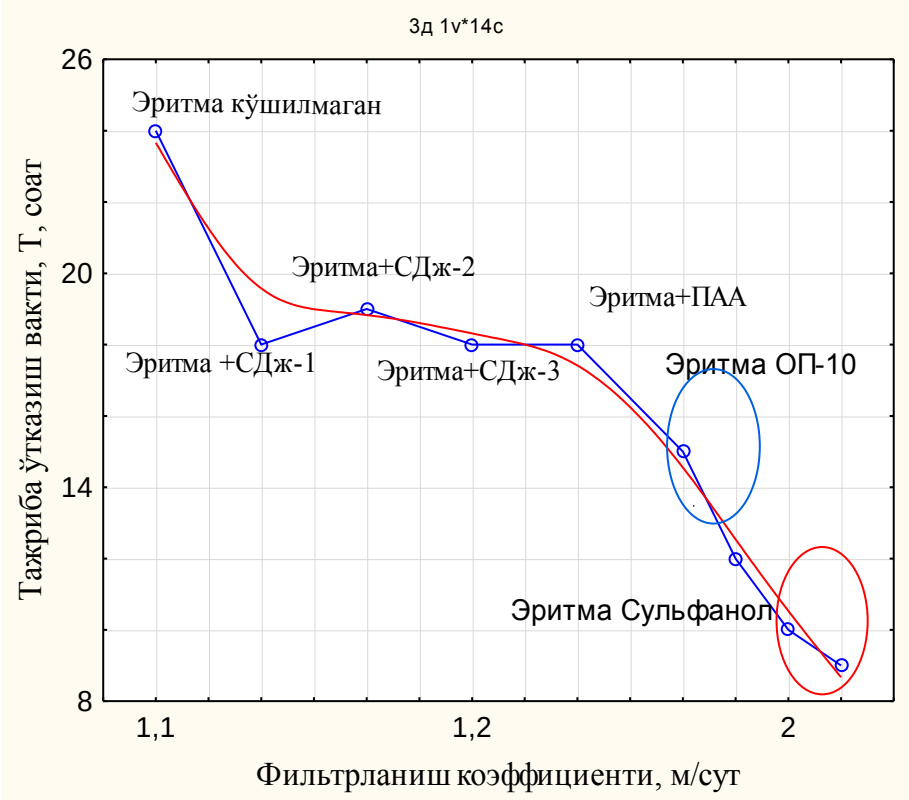
Эритмани фильтрланиш коэффициентини аниқлаш учун олинган натижалар асосида график боғлиқликлар қурилди (3-расм) ҳамда юқори фаоллаштирувчининг оптимал концентрати сульфанол деб қарор қабул қилинди.

Ишчи эритманинг таркибида сульфанол юқори фаоллаштирувчи моддани оптимал концентрацияси билан кейинги тадқиқотлар давом этирилди. Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш технологиясида сульфанолни юқори фаоллаштирувчи модда қўллаш ишқорловчи эритманинг глинали суст

ўтказувчан маъданларга сингиб бориш тезлигини сезиларли даражада оширади ва фильтрланиш коэффициентини 2 м/суткага ошади.



2-расм. Уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш давомийлигининг эритма таркибидан уранни ажратиб олиш коэффициентига боғликлиги



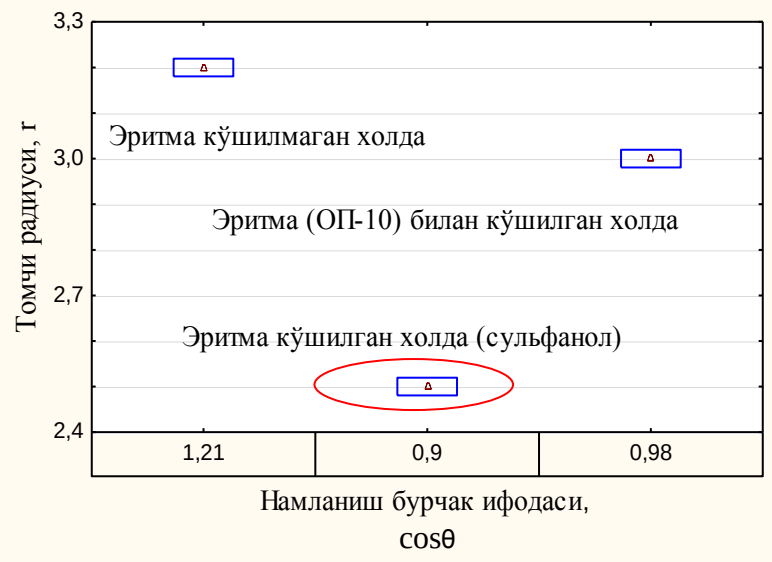
3-расм. Фильтрланиш коэффицентининг ва ўтказилган тадқиқотнинг тажриба синов вақтига боғлиқлиги

Намлик бурчагини аниқлаш учун θ гонометрик усулидан фойдаланилди. Намлик бурчаги тоғ жинсида томчи проекция усулида аниқланди.

Суюқликнинг томчи бурчаги горизонтал ҳолатида ўрганилди проекция усулида аниқланди ва расмда ёки чизмада намлик бурчаги уч фаза ва намуна юзаси ўртасидаги томчилар билан белгиланади.

Лаборатория тадқиқотларига асосан, эритма қайишқоқлигини камайтириш мақсадида сульфанол реагенти қўшилди, бунда томчи проекцияси усулида намланиш бурчагини ўрнатиш ва уни аниқлаш суст ўтказувчан маъданлардан уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда қатлам ўтказувчанлигига оптимал таъсирини аниқлаш имконини берди.

4-расмда тоғ жинсининг намланиш бурчаги таҳлили келтирилган ва бу томчи радиусининг ($r_к$) ошиши билан тоғ жинсининг намланиш бурчаги (cosθ) қийматлари камаяди.



4-расм. Намланиш бурчаги ифодасининг намланиш бурчак радиусига бўлган боғлиқлиги

Реагентнинг кимёвий таркиби ва унинг концентрацияси кимёвий жараённинг тезлигини белгилайдиган ҳамда ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг асосий омилини ташкил этади. Реагент миқдорини ошиши билан эритмадаги фойдали компонентларнинг миқдори ошади, уларнинг умумий ҳажми ва ишқорлаш вақти камаяди. Сульфанолни реагент сифатида қўллаш геотехнологик кўрсаткичларга ва ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнларига ижобий таъсир кўрсатди.

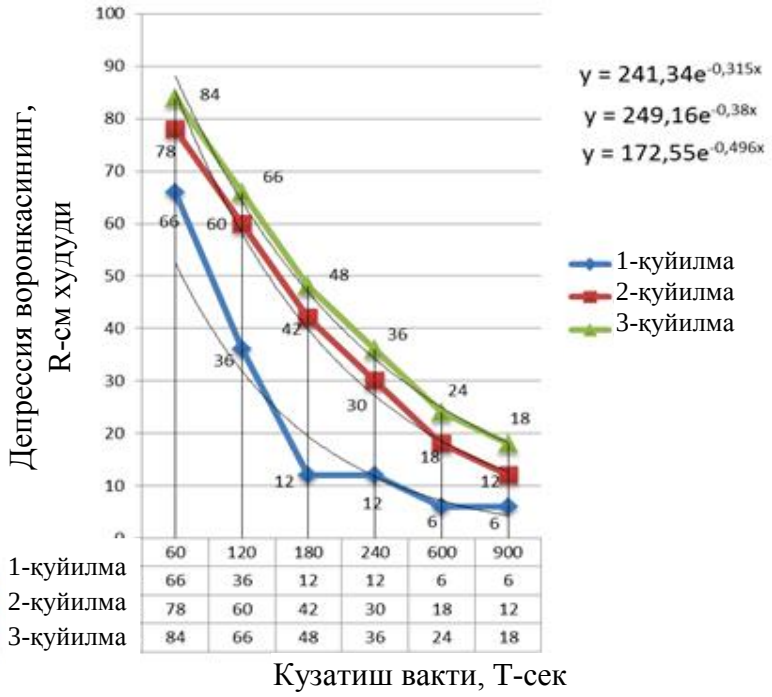
Ўтказувчанлиги, фильтрацион хусусияти ва «дипрессион воронкаси» геометрияси каби ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг гидрогеологик параметрларини ўрганиш мақсадида маъданли горизонтда эритманинг эркин ҳаракати ва босимини физик моделлаштириш бўйича ишлар олиб борилди.

Моделлаштириш тажриба стендида олиб борилди. Стенд металл каркасли органик шишадан тайёрланган бўлиб узунлиги 2 метрни, баландлиги 1 метрни ва кенглиги 40 см ни ташкил қилади. Стенда тоғ жинслари 4 қатламда ётқирилган ва бу Киндик-тюбе конининг литологик моделини ташкил қилади. Моделли қирқимда юқориги қисми майда донадор

қумдан ва пастки қисми 30 см қалинликдаги яхши ўтказувчан қумли қатлам кўрсатилган.

Стенднинг юқори қисми ва том орасида резина ўрнатилган. Эритма оқимини ўхшатиш учун босим ҳосил қилиш мақсадида босимли шланг бўйлаб стенд томи ва прокладка орасига техник сув юборилди. Қўйилган вазифага қараб босим ўлчами 0,02 дан 0,1 МПа гача ўзгариши мумкин.

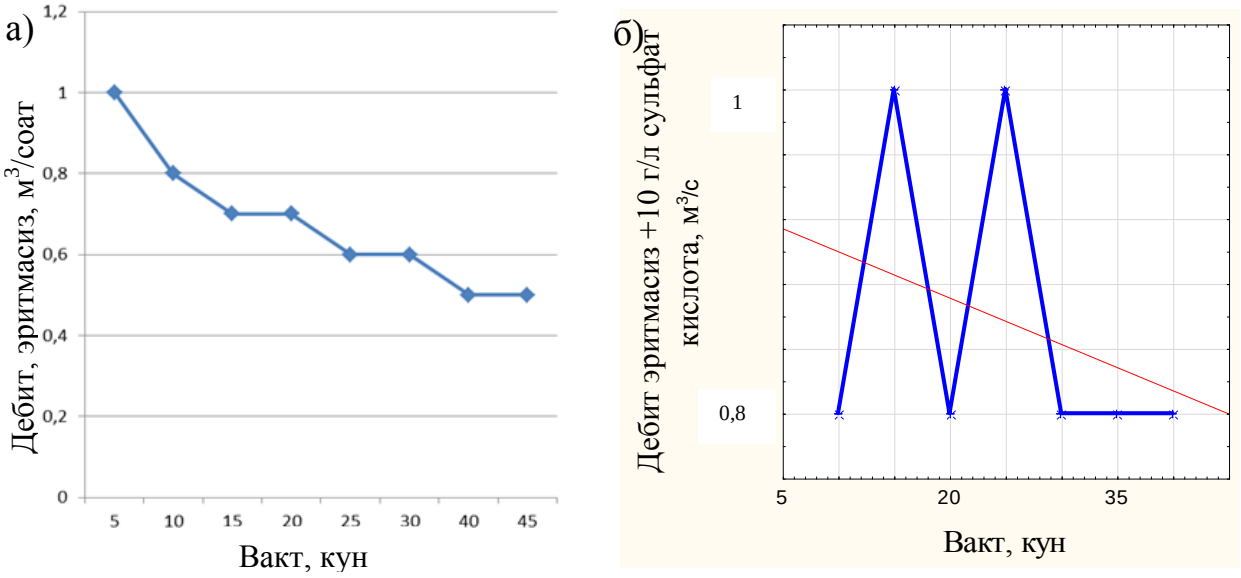
Эритмани сўриб олиш натижасида сўриб олувчи қудуқнинг фильтр ҳудуди томон йўналган «депрессия воронкаси» ҳосил бўлиши кузатилди. Стенд деворларининг бирида фильтрацион оқим чизиғини аниқлаш учун ранг юбориш мақсадида диаметри 1 см бўлган пластмассали трубка ўтказилди. Олинган натижалардан шу аниқландики, депрессия воронкаси диаметри сўриб олинадиган маҳсулдор эритма унумдорлигига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Натижалари 5-расмда келтирилган. Шу сабабли фильтрланиш жараёнида депрессия ҳудудига томон йўналган оқим чизиғини ташкил қиладиган эритма оқими тизимини ҳосил бўлишини кўришимиз мумкин.



5-расм. Сўриб олувчи қудуқ унумдорлигининг депрессион воронка радиусига боғлиқлиги

Диссертациянинг **«Суст ўтказувчи уран маъданларини ер остида танлаб эритмага ўтказишда технологияни ишлаб чиқиш ва техник-иқтисодий параметрларини асослаш хамда саноатда жорий қилиш»** деб номланган олтинчи бобида НКМК 5-КБнинг Лявлякон ва Кетмончи конларининг қумли маъданли конларида уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш учун реагент сифатида сульфанолни қўллашнинг саноат миқёсидаги тажрибаси келтириб ўтилган. Бунда фильтрланиш коэффициенти 0,5 $м^3/с$ дан кам бўлган қумли маъданларда паст дебитли сўриб олувчи қудуқларнинг унумдорлигини кўтариш бўйича тажриба олиб борилди.

6-расмни таққослаганда эксперимент жараёнида сульфат кислотали эритмага сульфанол қўшилмай юборилган ҳолатда сўриб олувчи қудуқларнинг дебити пасайганини яққол кўриш мумкин ҳамда кольматация жараёни кузатилди. Тажриба майдонида сульфанолни қатлам сувига эритиш учун махсус идиш ўрнатилган. Биринчи 1:1 нисбатда сульфанол аралашмаси тайёрланди, кейин эса 1,5 г/л миқдорида ишчи эритмага қўшилди ва юборучи қудуқлар орқали маъданли қатламга юборилди. Маъдан қатламини оксидлаш сульфат кислотали режимда амалга оширилди. Тажрибанинг бошланғич ойларида қатлам суви сульфат кислотага тўйинтирилди pH=3 (~1,0 г/л H_2SO_4.) Қазиб олиш майдончасининг оксидловчи сифатида сульфанол (1,5 г/л) қўлланилди (2 ой давомида), кейин ҳаво кислородига тўйинтирилган қатлам суви жўнатилди (1 ой давомида).

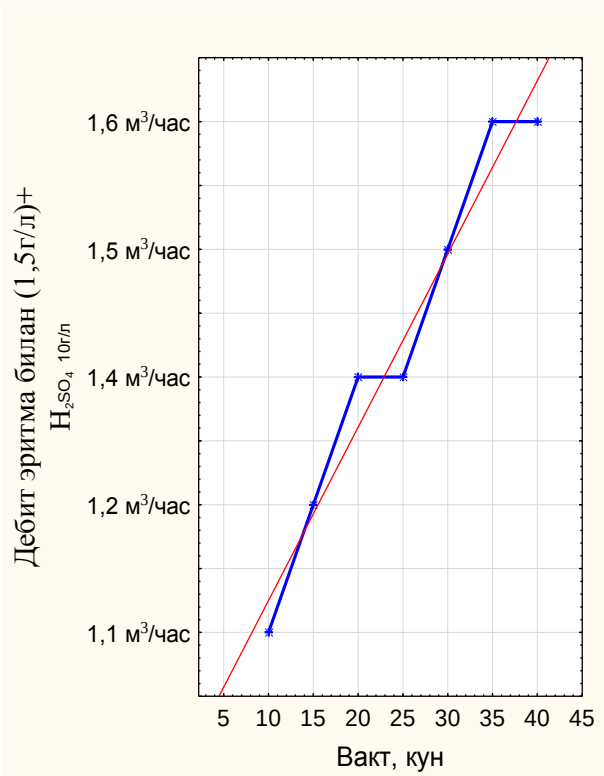


6-расм. Кетмончи (а) ва Лявлякон (б) конида юқори фаоллаштирувчи модда қўшилмаган холда сўриб олувчи қудуқлар дебитининг ўзгариши боғлиқликлари

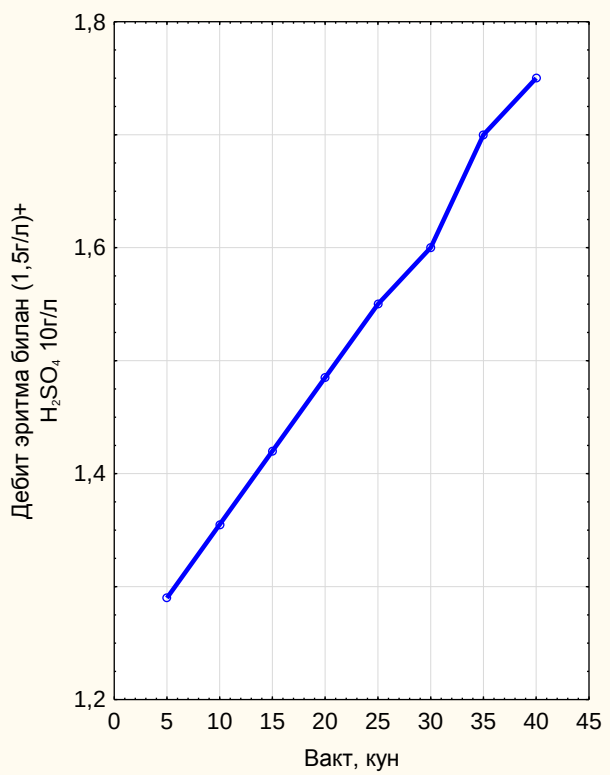
Қатлам суви 10 г/л гача сульфат кислотасига H_2SO_4 (pH≈3) туйинтирилди, қудуқлар орқали сульфанол аралаштирилган ишчи эритма юборилгандан сўнг 2 ойдан ўтиб сўриб олувчи қудуқлар дебити ошгани кузатилди (7 ва 8-расмлар).

Бу эса ўз навбатида юборувчи қудуқлар сиғимининг кескин ошишига олиб келди ва қудуқлар сув сатҳини ҳар куни ўлчаб бориш зарурати туғилди. Қудуқлар сатҳини ўлчаш давомида металл миқдорини аниқлаш учун намуналар олиб турилди.

Тажриба давомида ишқорловчи эритмани ер ости сувлари билан қўшилиб кетмаслигини олдини олиш учун юборилувчи ва сўриб олинувчи эритма миқдори ҳисобга олинди, яъни юборувчи ва сўриб олувчи қудуқлар орасидаги мувозанат назорат қилинди.



7-расм Лявлякон уран конида юқори фаоллаштирувчи модда (1,5 г/л) + H_2SO_4 аралаштирилганда дебит ўзгаришининг боғлиқлиги



8-расм Кетмончи уран конида юқори фаоллаштирувчи модда (1,5 г/л) + H_2SO_4 аралаштирилганда дебит ўзгаришининг боғлиқлиги

Тажриба давомида юқори фаол модданинг фильтрланиш тезлигига таъсири ва сўриб олувчи қудуқлар дебитининг ошиши тадқиқ қилинди. Сульфанолнинг қўлланилиши қатламнинг фильтрацион хусусиятини

оширди. Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатдики, 22-25% юқори фаол модданинг қўлланилиши ғоваклик бўшлиқларида эритма ҳажмини камайтиради. Учаскаларда уранни танлаб эритмага ўтказиш асосан диффузион режимда олиб борилади.

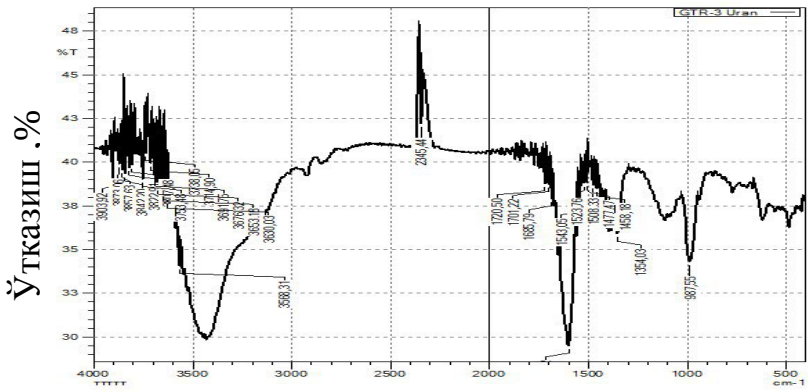
Шундай қилиб, юқори фаол моддани (сульфанол) ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнига киритиш уран маъданларини ишқорлаш жараёнини жадаллаштиради ва маҳсулдор қатламни оксидлаш вақтини камайтирди. Шунга кўра сульфанол қўшилган сульфат кислотали эритма билан маъдани горизонтни оксидлаш фақат сульфат кислотали эритма билан оксидлашга қараганда самарадорлиги анча юқори, тажриба йўли билан ўрнатилан сульфанолнинг миқдори тоғ жинсининг ўтказувчанлигини ошишига ва юборувчи қудуқлар дебитини кўтарилишига олиб келди.

Тажриба қудуғидан сўриб олиш бошланганда (ҳаво кислороди $+H_2SO_4$, фаол режим) насоснинг унумдорлиги ўртача ~1,5 $м^3/с$ бўлганда металлнинг бошланғич миқдори 10 мг/л ташкил қилди. 3 сутка ўтгандан кейин металл миқдори 44-55 мг/л га етди. Тажриба ўтказиш бўйича ишлар сўриб олувчи қудуқларда маҳсулдор аралашма пайдо бўлгунга қадар давом эттирилди, бунда металл миқдори сезиларли даража ошди ва 130 мг/л ни ташкил қилди.

Таҳлил қудуқлардан маҳсулдор эритмани сўриб олиш вақтида pH - 1,67 ни кўрсатди ва маъдандан уранни танлаб эритмага ўтказишнинг жадаллашиши кузатилди. Бундан ташқари маҳсулдор эритмада металл миқдори ва эритмадаги сульфанол миқдори ўртасидаги ўзаро боғлиқлик аниқ кузатилди. Эритмадаги сульфанол миқдори 1,5 г/л бўлганда 30-35 мг/л, сульфанол миқдори эса 2,5 г/л бўлганда 50-60 мг/л гача ошди. Эксплуатацион блоклардаги очиқ захирани қазиб олиш жадаллиги технологик қудуқлар унумдорлигига боғлиқ. Шунга боғлиқ ҳолда тажрибани ўтказиш давомида геотехнологик параметрларни ўзгаришини аниқлаш қудуқлар дебитини ўлчаш билан амалга оширилди. Тажрибани ўтказиш натижасида танланган кимёвий реагент уранни танлаб эритмага ўтказиш жараёнига ижобий таъсир кўрсатиши аниқланди.

9–расмда ИК– спектрида ҳар хил сув ва кислоталарнинг –ОН гуруҳига кирувчи 3568-3350 $см^{-1}$ чегарасида ютилиш чизиқлари кузатилди. Шунинг учун спектрда ютилишнинг қия чизиқлари пайдо бўлди. NO_3^- гуруҳи учун тебраниш частотаси 1354 ва 1710 $см^{-1}$ чегарасида ҳамда $HO\text{-}NO_2$ 1508 $см^{-1}$ чегарасида кузатилди. H_2SO_4 сульфат кислотаси ва SO_4^{2-} ионлари 3568 $см^{-1}$ чегарасида –ОН гуруҳи кислоталари ва ν гуруҳлари (S-0) 987 $см^{-1}$ (S-0) 987 $см^{-1}$ и ν, (S-0), ҳамда 1458 $см^{-1}$ чегарасида мутаносиб ютиниш чизиқлари.

Фосфор учун ютиниш чизиғи P=0, 1477$см^{-1}$ гуруҳлари учун р-Н гуруҳларига кирувчи заиф чўққи 2345 $см^{-1}$ чегарасида пайдо бўлди. Бу эса тадқиқ қилинаётган модда таркибида PO_4^- гуруҳлари мавжудлигидан дарак беради. 580 $см^{-1}$ чегарасида ютиниш чизиғини Re-CI гуруҳидаги рений бирикмасининг CI^-, 596 $см^{-1}$ ионларига киритиш мумкин. Fe^{2+}, Fe^{3+} ионлари 420-496 $см^{-1}$ чегарасидаги ютиниш чизиғи ионлари 420-496 $см^{-1}$ ҳудудида пайдо бўлади.



Тўлқинлар сони, $см^{-1}$

9-расм. Лявлякон конида маҳсулдор аралашманинг ИК-спектри

ИК-спектрда юқорида келтирилган ютиниш чизиқларидан ташқари кимёвий ва масс-спектрометрик таҳлилни талаб қилувчи CH=CH, RCHO гуруҳлари, углеводородлар ҳидлари кабилар органик моддалар аралашмасида миқдорни характерловчи 1685 $см^{-1}$ дан 1523 $см^{-1}$ юқори ҳудудда ютиниш чизиқлари кузатилди.

Тажриба ишлари паст дебитли геотехнологик қудуқларда олиб борилди. Саноат миқёсидаги синов махсус танланган кимёвий раегент ва эритмани қудуқ фильтрларидан эритма оқимининг белгиланган радиусгача етиб боргунга қадар юборишни ўз ичига олди.

Шундай қилиб ИК-спектр таҳлили тадқиқ қилинаётган намуна таркибида юқори миқдорда уран мавжудлигини тасдиқлади. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида юқори фаол модданинг тури аниқланди ва уни ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнининг технологик параметрларига таъсири ўрнатилди.

Муаллиф томонидан паст босимли сув қатламларининг уран маъдани захиралари бўйича қазиб олиш технологияси яратилди. Уран маъданларини бир қисми Навоий кон-металлургия комбинатининг сувга кам тўйинган маъдан қатламидир. Шунақа конларни бугунги кун мавжуд технологиялар билан қазиб олиш қийинчиликларга олиб келади айниқса руда қатламининг паст босимли (15 метрдан паст) ёки напорнинг умуман бўлмаслиги бир мунча қийинчиликларга олиб келади.

Сувга кам тўйинган уран маъдани захираларини қазиб олишнинг самарали усулини ишлаб чиқиш. Паст напорли қатламни очиш (илғор ювиш суюқликларни ишлатганда ҳам) жудда мураккаб. Қатламда босимни циркуляция ҳосил қилиш эвазига қатламнинг табиий структураси бузилади, қисман ювувчи эритма йўқотилишга учрайди. Ювувчи эритмани қисман юқолиши қатламга бориб тиқилади уни қатламдан чиқариб олиб бўлмайди.

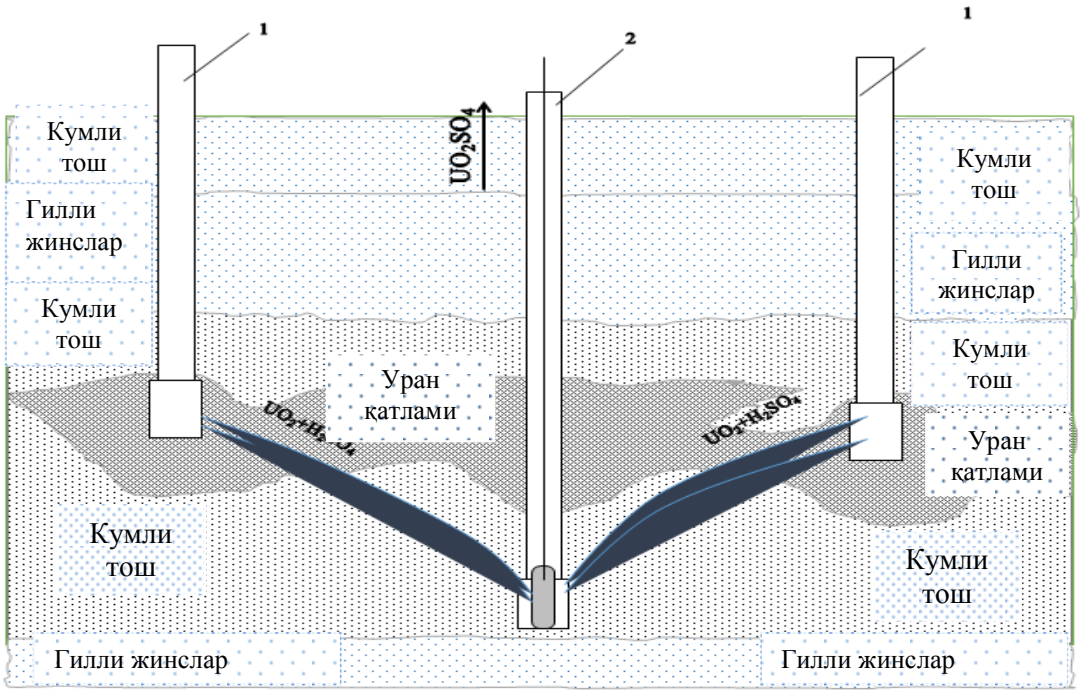
Бурғулаш жараёнида юборувчи қудуқни тажриба сифатида сиқилган ҳаво ёрдамида бурғуланди. Ҳаво ёрдамида бурғулаш учун Шимолий кон-бошқармасининг долотоларидан фойдаланилди. Ўқга таянувчи кучланишни оғир бурғуловчи қурилмаларидан фойдаланилмаган ҳолда.

Қудуқларни бурғулаш учун PDC Ø 215,9 мм долоталар билан амалга оширилади, бурғуловчи трубалар Ø 89 мм ўлчамда бўлади. Бурғулаш жараёнида ҳаво босимининг кузатиш мувафақиятли юқори босимга тенг бўлади, компрессорнинг максимал ифодасига 22,7 бар тенг.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ҳозирги кунда асосий муаммолардан бири қуруқ маъдан қатламига туташган қумли типдаги маъданларни қазиб олишдир, технологик қудуқларни жиҳозланишини тўғри танлай билиш ва руда қатламидаги қазиш майдонини эксплуатация қилишдан иборат.

Ушбу иш Учкудук шаҳри атрофидаги паст босимли маъдан қатламининг юқори қисми билан белгиланган Киндик-тюбе конини қазиб олишга бағишланади. Ер ости сувларининг табиий даражасидан юқорида етган уран конларини қазиб олишда гидродинамик оқимни юқоридан пастга томон йўналишини бошқариш учун депрессион воронкани ҳосил қилиш ҳисобига суғориш технологияси қўлланилди.

Киндик-тюбе маъдан кони ётқизиғини, ер ости сувининг статик сатҳи ер қатлами қирқими бўйича юқори жойлашган, фойдали компонентни эритиш учун 15·15·20 м ўлчамида қудуқлар бурғуланди, сув ўтказувчан тоғ жинси маъдан қатлами очилди. Қудуқлар поршенли тизимида жойлаштирилди иккита сўриб олувчи ва олтита юборувчи қудуқлар маъдан қатламига ўрнатилди. Қатлам қалинлиги маъдан қатлами қалинлигидан фарқ қилади. Юборувчи қудуқлар маъдан қатламига контур бўйича жойлаштирилди. Юборувчи қудуқларнинг фильтр қисми маъдан қатламига, сўриб олувчи қудуқларнинг фильтри маъдан қатламидан пастга жойлаштирилган (10-расм).



1 – юборувчи қудуқ; 2 – сўриб олувчи қудуқ

10-расм. Уранни ер остида танлаб эритмага ўтказишда депрессия воронка ҳосил қилиш эвазига эритиб олишнинг саноат тажриба синови схемаси

Эритмани юборувчи қудуқлар орқали жўнатилди, ушбу эритма маъдан қатлами бўйлаб сўриб олувчи қудуқ томонга ҳаракатланди.

Сувга кам тўйинган уран маъданини эритиб олиш учун ишчи эритмани пастки қатламдаги сув қатлами билан аралашиб кетмаслиги учун фойдаланиладиган тажриба олиб бориладиган майдончада ишчи эритмани йўқотилиш ёки қўшилиб кетиш депрессия воронкасини оптимал худудини аниқланган хисоблари асосида тадқиқотлар ўтказилди. Киндик-тюбе конлари маъданларини қазиб олиш жараёнида ишчи участка атрофида ва чегарасида мустаҳкам депрессион воронка шаклланади. Депрессион воронка маркази ишчи қудуқлар тармоғи юқори жойларга қараб интилади. Босим тушишининг чуқурлиги ва градиенти юборувчи ва сўриб олувчи қудуқлари нисбати ва юбориладиган ҳамда сўриб олинадиган эритма ҳажми билан аниқланади.

Шундай қилиб, заиф намланган уран маъданли гидроген конларини қазиб олиш технологияси ишлаб чиқилди ва асосланди ҳамда қудуқлар орасидаги масофа ва кислота миқдори эритма ҳаракати тезлигига шу билан бирга ишчи участкаларда депрессион воронкаларни ривожланишига сезиларли таъсир кўрсатиши аниқланди.

ХУЛОСА

Диссертация бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Эритмаларни руда қатламидан оқиб ўтишининг назарий тадқиқотлари натижасида физик-кимёвий характеристикаларни ўзгариши танлаб эритувчи эритмаларнинг фильтрланиш тезлигига ва танлаб эритиш зоналарини сўриб олувчи қудуқларга ҳаракатланиш давомийлигига таъсир кўрсатиши аниқланди. Гилли тоғ жинси массаларини фильтрация режими босими градиенти катталигига боғлиқ, шу билан бирга катта босим градиенти жойларида (100-150 м дан юқори) фильтрациянинг чизиқли қонуни белгиланади. Ўтказувчанлик коэффициенти ва гилли тоғ жинсларининг ўтказувчанлиги боғлиқ бўлмаган эркин ўзгармас катталик бўлмай, гидрогеохимик ва термодинамик шароитларга боғлиқ ҳолда ўзгаради.

2. Суст ўтказувчи рудали горизонтларда фильтрация жараёнларини ўзгаришларни ҳамда ер остида танлаб эритмага ўтказиш блокларининг ишлаб чиқилиш даражасини прогноз қилиш мақсадида, математик моделлаш йўли орқали кенгайтирилган блок-схема ва уранни ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнининг компьютер модели хамда танлаб эритувчи эритмаларни фильтрация тезлигини аниқловчи формула яратилган.

3. Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ер остида танлаб эритмага ўтказишда сульфанолни ишлатиш суст ўтказувчан маъданларда танлаб эритувчи эритмаларни чуқурроқ сингишига, филтрация коэффициентини ошишига хамда тезликни интенсификациялашига олиб келди. Тадқиқотлар натижасида сульфанолдан фойдаланишда гилли тоғ жинсларида филтрация

коэффициенти ёрдамида махсулдор эритмаларни тўлиқ тайёр бўлиши кўрсатилди.

4. Биринчи бор изланишлар натижаларига кўра сирт актив моддалар ёрдамида суст ўтказувчи гидроген уран конларини ер остида танлаб эритмага ўтказиш усулида ишлаб чиқишнинг янги самарадор технологияси яратилган. Уранни ер ости танлаб эритишни ярим саноат тадқиқотлари қилиш орқали шулар аниқ бўлдики, агар биз эритмани фильтрланиш тезлиги 1,5 марта ошириб, кольматация ҳодисасини минимум даражагача туширсак, металлни максимал ажратиб олишимиз, 80% даражасида ва захирани қазиб олиш даражаси эса 12-16% да 22-25% гача оширишимиз мумкин эканлиги кўрсатилди.

5. Изланишлар шуни кўрсатадики, ҳозирги кундаги қумли типдаги сувга кам тўйинган (қуруқ) маъдан горизонтларидаги уран конларини қазиб олишдаги асосий муаммо бу технологик қудуқларнинг бурғулаш ва барпо этишдир, хамда табиий структурасини ўзгаришини олдини олишнинг қийинлигидир. Қатламнинг табиий структурасини ўзгаритириб юбормаслик учун бурғулаш жараёнида сиқилган ҳаво орқали қудуқни тозалаш керак бўлади.

6. Сувга тўйинмаган қуруқ горизонтларда эритма ҳаракати, ҳамда тоғ жинсининг фильтрация оқими харакати радиуси ва унинг тўйиниш ҳолати аниқланиб, бунинг натижасида хар ҳил ҳолатлар учун суюқлик сарфи эгри чизиқлари яратилганлиги билан ифодаланади.

7. Стенд синовлари орқали, ер ости танлаб эритишнинг сифат параметрлари, литология қалинлиги, план ва қирқимдаги шакли ҳамда филтр хоссалари, инфилтрацион оқимнинг суғориш қисми аниқланди ва физик моделлаштириш натижалари асосида қатламга катта босимли ва эркин сувлар ёрдамида филтрлаш билан аниқланади.

8. Ер ости танлаб эритишдаги стационар бўлмаган фильтрлаш режими ишлаб чиқилган методология орқали ламинар ва турбулент режимлардаги фильтрлаш коэффициенти аниқланди. Бунда танлаб эритувчи эритмани ва тоғ жинси массивининг физик хоссаларини ҳисобга олиш керак бўлади.

9. Изланишлар жўнатувчи ва сўриб олувчи қудуқлар тизимидаги эритма оқишини (оқим чизиғининг жегараларини) ромб шаклида қабул қилиниши керак эканини, оқиш бурчаги эса ғоваклик ҳажмининг колматация даражасига боғлиқ ҳолда пайдо бўлишини кўрсатади.

10. Суст ўтказувчи ва сувга кам тўйинган уран маъданларини гидроген конларини қазиб олиш бўйича технология ишлаб чиқилиб, асослаб берилган, саноат синовлари ўтказилган. Қудуқлар орасидаги масофа ҳисоблаб чиқилган, кислота концентрацияси сезиларли даражада эритма тезлигига таъсир кўрсатилиши аниқланган. Бундан келиб чиқадики бу ҳодиса ишлаб турган участкада депрессион воронка ҳосил бўлишига ҳам олиб келади.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОИЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ И ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

АЛИКУЛОВ ШУХРАТ ШАРОФОВИЧ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА ИЗ СЛАБОПРОНИЦАЕМЫХ РУД

04.00.10 – Геотехнология (открытая, подземная и строительная)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора технических наук (DSc)

Навои - 2019

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2017.3.DSc/T183.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

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

Научный консультант:	**Санакулов Кувондик** доктор технических наук, профессор, заслуженный работник промышленности Республики Узбекистан
Официальные оппоненты:	**Дуйсебаев Бауржан Оразович** доктор технических наук, профессор
	Тошов Жавохир Буриевич доктор технических наук, доцент
	Эргашев Улугбек Абдурасулович доктор технических наук
Ведущая организация:	**ГП «Институт минеральных ресурсов»**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 года в «___» часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.06.01 (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 127. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com.

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №___). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 127. Здание ректората НГГИ, 1-й этаж. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан «____» _____ 2019 года.

(реестр протокола рассылки №_____ от _____ 2019 года).

Б.Р. Раимжанов
И.о. председателя научного совета по присуждению ученой степени доктора наук, д.т.н., профессор

Ш.Ш. Заиров
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученой степени доктора наук, д.т.н., доцент

Ю.Д. Норов
Председатель Научного семинара при научном совете по присуждению ученой степени доктора наук, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире способ подземного выщелачивания (ПВ) имеет ряд преимуществ перед традиционными и дорогостоящими способами добычи полезных ископаемых. Добыча урана методом ПВ постоянно возрастает и в последнее десятилетие она увеличилась с 5 до 34%. Метод ПВ позволяет снизить в 2-4 раза капитальные вложения на строительство предприятий и сократить сроки строительства рудников, повысить в 2-4 раза производительность труда и, соответственно, уменьшить себестоимость готового продукта за счет оптимизации рабочих мест. При таком стремительном росте потребности урана практика горного дела устанавливает задачи перед учеными разработать нетрадиционные технологии. Одной из таких задач является вовлечение в отработку слабопроницаемых и слабообводненных урановых руд. Поэтому отработка запасов слабопроницаемых и слабообводненных урановых руд по новой технологии является важной научно-технической проблемой.

На сегодняшний день во всем мире год за годом усложняется процесс отработки глубоких залежей урановых руд методом ПВ, а также возникают проблемы добычи урана из слабопроницаемых и слабообводненных руд. Одним из решений данной проблемы является разработка новой технологии, управление гидродинамическим режимом подачи раствора в песчаники и увеличение проницаемости пласта путем применения поверхностно-активных веществ (ПАВ). При отработке запасов слабопроницаемых и слабообводненных руд повышается концентрация металла в продуктивных растворах, снижается удельный расход серной кислоты, сокращается время отработки блоков и увеличивается минерально-сырьевая база.

В Республике достигнуты научно-практические результаты по модернизации и увеличению объемов производства крупных предприятий горно-металлургической отрасли, разработке технологий отработки месторождений со слабой проницаемостью рудоносного горизонта и со слабообводненными урановыми рудами. В Постановлении Президента Республики Узбекистан[1] определены важные задачи по «созданию дополнительных условий для привлечения инвестиций в модернизацию производства, повышению конкурентоспособности крупных предприятий горно-металлургической отрасли». В связи с этим важно выполнять задачи по повышению производительности ПВ урана из слабопроницаемых руд, разработке модели управления процессом ПВ при использовании различных систем разработки, управлению параметрами ПВ слабообводненных урановых руд и разработке технологии отработки запасов урановых руд с низконапорными водоносными горизонтами.

[1] Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли»

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

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации[2]. 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 RUCA (Бельгия), Seoul Nation University of Science and technology (Южная Корея), Nuclear Physics Institute (КНДР), University of Cape Town (ЮАР), University of the Witwatersrand (ЮАР), Российском государственном геологоразведочном университете (Российская Федерация), Забайкальском государственном университете (Российская Федерация), Казахском национальном техническом университете (Казахстан), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (Российская Федерация), Центральной научно-исследовательской лаборатории Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК) и Навоийском государственном горном институте (Узбекистан).

В результате исследований по разработке технологии и интенсификации параметров подземного выщелачивания урана, отработке месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта и со слабообводненными урановыми рудами, проведенных в мире, получен ряд научных результатов, в том числе: разработаны методы отработки запасов слабопроницаемых руд (University of Utah, Российский государственный геологоразведочный университет); разработаны методы интенсификации процесса ПВ из слабопроницаемых руд физическим методом (Nuclear Physics Institute); разработаны способы отработки залежей двуярусными залеганиями (University of Nevada, University of the Witwatersrand); разработаны модели управления процессом ПВ при использовании различных систем разработки (Томский политехнический университет); совершенствованы

[2] Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе www.atlasrockbit.com, http://www.varelintl.com, www.dissercat.com,http://vbm.ru, https://www.amazon.com, http://www.mirknigi.ru *и др.* источников.

гидродинамические процессы при ПВ урана (институт высоких технологий Дальневосточного отделения Российской Академии наук, университет Антверпена RUCA и Навоийский государственный горный институт, Узбекистан) и др.

В мире ведется ряд исследовательских работ по следующим приоритетным направлениям, в том числе: улучшение производительности водопроницаемости горных пород в рудном пласте; окисление в кратчайшее время урановых руд; перевод в жидкую фазу первичных минералов путем введения в выщелачиваемую среду различных реагентов с применением ПАВ; управление гидродинамическими режимами ПВ урана и разработка технологии отработки гидрогенных месторождений урана со слабообводненными урановыми рудами.

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие науки и практики добычи урана методом ПВ внесли ученые Аренс В.Ж., Грабовников В.А., Гридин О.М., Истомин В.П., Калабин А.И., Лобанов Д.П., Лунев Л.И., Малухин Н.Г., Мамилов В.А., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Ю.В., Новик-Качан В.П., Осмоловский И.С., Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Толстов Е.А., Фазлуллин М.И., Хчеян Г.Х., Язиков В.Г., Alfoldi L., Anderson J.S., Matis K.A., Ritchie M.J., Salter J.D., Wyatt N.P., Yannopoulos J.C., Young Zaporozec C.P., Kundler A.P. и др.

До настоящего времени интенсификации процесса ПВ путем управления механизмом извлечения полезного компонента из слабопроницаемых и слабообводненных урановых руд и разработке новой технологии препятствовало отсутствие научно-технических основ в этой области. В связи с этим, интенсификация добычи урана путем разработки технологии отработки месторождений со слабой проницаемостью рудоносного горизонта и со слабообводненными урановыми рудами имеет важное научное и практическое значение для горно-металлургической отрасли.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института на темы: БА-А-13-015 – «Разработка технологического режима подземного выщелачивания с применением местных реагентов» (2017-2018 гг.); «Разработка технологии отработки гидрогенных месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта» (2018 г.), «Разработка технологии отработки гидрогенных месторождений урана со слабообводненными урановыми рудами» (2018 г.).

Целью исследования является разработка технологии отработки месторождений со слабой проницаемостью рудоносного горизонта и со слабообводненными урановыми рудами, позволяющая интенсифицировать ПВ урана.

Задачи исследования:

определение физико-химических факторов геотехнологии урана, особенностей фильтрации движения жидкости по рудному пласту, влияющих на производительность блоков ПВ урана;

теоретическое исследование перетекания растворов ПВ урана из слабопроницаемых руд и влияния начального градиента фильтрации на процесс перетекания;

определение скорости фильтрации растворов при ПВ урана и проницаемости глинистых пород, а также режима фильтрации в области больших градиентов напора;

математическое моделирование укрупненной блок-схемы и разработка компьютерной модели управления процессом ПВ при использовании различных систем разработки;

лабораторные исследования по определению геотехнологических показателей процесса ПВ урана из слабопроницаемых руд;

аналитическое обоснование управления гидродинамическими параметрами ПВ слабообводненных урановых руд;

стендовые испытания гидродинамического процесса при ПВ урана;

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

разработка технологии и полупромышленные испытания отработки запасов урановых руд с низконапорными водоносными горизонтами.

Объектами исследования являются урановые месторождения Навоийского горно-металлургического комбината.

Предмет исследования – технология разработки слабообводненных и слабопроницаемых урановых руд.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы комплексные методы исследований, включающие научные и теоретические обобщения теории и практики ПВ слабообводненных и слабопроницаемых урановых руд; методы математического моделирования; методы математического программирования с использованием современной компьютерной техники с целью разработки программ расчета эффективных параметров ПВ урана на языке Borland Delphi 7.0; методы математической статистики и корреляционного анализа; аналитические, стендовые и лабораторные исследования, а также опытно-промышленные испытания.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе изучения закономерностей движения жидкости по рудному пласту разработаны формулы определения скорости и коэффициента фильтрации выщелачивающих растворов из слабопроницаемых урановых руд;

установлено, что скорость фильтрации выщелачивающих растворов зависит от производительности нагнетания выщелачивающих растворов и

сечения фильтруемого пространства, а коэффициент фильтрации – от пористости слоя рудного пласта и диаметра частиц твердого слагающего массива;

разработана математическая модель и алгоритм расчета параметров фильтрации растворов ПВ урана из слабопроницаемых и слабообводненных руд, позволяющая управлять процессом выщелачивания и прогнозировать изменение процесса фильтрации и степень отработки блока ПВ;

для повышения коэффициента фильтрации слабопроницаемых урановых руд выявлен оптимальный тип ПАВ – сульфанол и установлена ее концентрация в выщелачивающих растворах ПВ, которая позволяет интенсифицировать скорость и глубину проникновения выщелачивающих растворов в глинистых плохопроницаемых литологических разностях;

установлено оптимальное влияние ПАВ на коэффициент фильтрации при подземном выщелачивании урана в слабопроницаемых рудах, на основе которого разработана методика определения краевого угла смачивания и установлен угол смачивания горных пород методом проекции капли;

разработаны теоретические основы создания депрессионной воронки с применением оросительной технологии при ПВ слабообводнённых урановых руд.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны научные основы отработки месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта и со слабообводненными урановыми рудами при использовании ПАВ и создании депрессионной воронки;

на основе математического моделирования разработана укрупненная блок-схема и компьютерная модель управления процессом подземного выщелачивания урана для прогнозирования изменений процесса фильтрации в слабопроницаемых рудоносных горизонтах и степени отработки;

разработана методика определения оптимальной концентрации сульфанола в выщелачивающих растворах ПВ, позволяющая значительно увеличить скорость и глубину проникновения выщелачивающих растворов в глинистых плохопроницаемых рудах и повысить коэффициент фильтрации;

стендовыми испытаниями установлены качественные параметры подземного выщелачивания, мощность литологии, формы в плане и разрезе, а также фильтрационные свойства зоны орошения инфильтрационного потока;

разработана эффективная технология отработки гидрогенных месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта с использованием сульфанола при ПВ урановых руд;

разработана технология отработки месторождений со слабообводненными урановыми рудами, позволяющая совершенствовать процесс ПВ урана.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных, стендовых и

промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы по интенсификации добычи урана методом ПВ из слабопроницаемых и слабообводненных руд, положительными результатами внедрения разработанной технологии и методик на объектах ПВ Навоийского горно-металлургического комбината.

Научно-практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования определяется использованием результатов, полученных на основе теоретического обобщения и разработки научных основ отработки месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта и со слабообводненными урановыми рудами, а также разработкой методики определения оптимальной концентрации сульфанола в выщелачивающих растворах ПВ.

Практическая значимость результатов заключается в установлении качественных параметров подземного выщелачивания, мощности литологии, форм в плане и разрезе, фильтрационных свойств зоны орошения инфильтрационного потока, а также в разработке комплексного метода исследования параметров ПВ и технологии добычи урана из слабопроницаемых и слабообводненных руд.

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

формулы определения скорости и коэффициента фильтрации выщелачивающих растворов, а также технология отработки гидрогенных урановых месторождений со слабой проницаемостью рудоносного горизонта внедрены в рудоуправлении №5 Навоийского горно-металлургического комбината при подземном выщелачивании урана (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-04/11702 от 18.09.2018 г.). В результате получены кондиционные растворы, увеличена интенсивность отработки запасов в 1,5 раза, сокращено время отработки на 15%, повышен коэффициент извлечения на 20%, сокрашено время предварительного окисления урана на 20%, снижена себестоимость его добычи на 5% и достигнута рентабельная эксплуатация;

внедрены технология отработки гидрогенных урановых месторождений со слабообводненными рудами и способ создания депрессионной воронки при выщелачивании инфильтрационного потока на месторождениях Северного рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината акт № 02-06-04/11702 от 18.09.2018 г.). В результате усовершенствован процесс ПВ урана, увеличена скорость и глубина проникновения выщелачивающих растворов;

внедрена методика отработки запасов урановых руд с низконапорными водоносными горизонтами на месторождении Кендык-Тюбе Северного рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината при подземном выщелачивании урана (справка Навоийского горно-

металлургического комбината акт № 02-06-04/11702 от 18.09.2018 г.). В результате в отработку вовлечены слабообводненные урановые руды и повышена производительность добычи.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования произведена на 2 республиканских и 15 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 47 научных работ, из них 1 монография, 15 статей в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 7 из которых в республиканских и 8 в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе «**Основные тенденции развития физико-химической геотехнологии и современное состояние добычи урана»** исследован комплексный подход к отработке урановых руд на месторождениях Кызылкумского региона методом ПВ.

Применение современных технических средств при ПВ позволяет совершенствовать технологию отработки, эффективность которой во многом зависит от природных условий месторождений, каждое из которых уникально и имеет свои особенности.

На основе изучения закономерностей движения жидкости по рудному пласту разработаны формулы определения скорости и коэффициента фильтрации выщелачивающих растворов из слабопроницаемых урановых руд. Установлено, что скорость фильтрации зависит от производительности нагнетания выщелачивающих растворов и сечения фильтруемого пространства, а коэффициент фильтрации – от пористости слоя рудного пласта и диаметра частиц твердого слагающего массива.

В условиях современной рыночной экономики рациональные технологии добычи полезных ископаемых являются основным решающим фактором, определяющим экономическую целесообразность проведения горных работ. В работе отражены основные направления проводимых работ

по комплексному подбору технологии отработки запасов, а также оценен экономический эффект применения на начальной стадии отработки различных технологий.

Слабопроницаемые и слабообводненные руды урановых месторождений НГМК долгое время были занесены в технологический забаланс, поскольку высокая реагентоемкость пород и интенсивная кольматация не позволяли эффективно отрабатывать запасы традиционным сернокислотным способом. В связи с этим в начальном этапе исследовались геологические и технологические особенности добычи урана из слабопроницаемых и слабообводненных руд.

Слабопроницаемые руды на урановом месторождении Кетменчи отделены Кишарским разломом и с запада ограничен Большим Кетменчинским разломом. Отличается наибольшей «разбросанностью» рудных тел и наличием мелких залежей. В первом слабопроницаемом рудном узле, где расположена залежь, проводились опытные работы по выщелачиванию урана.

В процессе исследований проработана имеющаяся архивная документация и проведено дополнительное изучение месторождений урана Северного рудоуправления НГМК, характеризующихся низким напором на кровлю или «сухим» горизонтом. На основании проведенных исследований рекомендуется теоретическая модель системы разработки залежей урана с «сухими» горизонтами для применения способа ПВ, которая позволит достигнуть технологической полноты извлечения полезного компонента из недр.

Во второй главе **«Теоретические исследования перетекания растворов по рудному пласту при ПВ урана из слабопроницаемых руд»** установлено, что перетекание в смежные горизонты может сильно уменьшаться, если глинистые разделяющие водоупорных пластов плотны. Фильтрация в разделяющих плотных глинистых пластах может начаться только в том случае, если напорный градиент достигает определенной величины, называемой начальным градиентом J_0. При градиентах меньше J_0 фильтрации не будет, хотя коэффициент фильтрации пород и не равен нулю.

Проведенные исследования подтверждают, что на изменение значений коэффициентов фильтрации в результате развития процессов ПВ урана из слабопроницаемых руд оказывают влияние как природные условия пород, так и физико-химические (технологические) свойства фильтруемых растворов. На практике определение изменения величин этих показателей представляется довольно сложной и трудоемкой задачей.

Таким образом, фильтрационное сопротивление пород прифильтровой зоны нагнетательных скважин, формируемое в процессе кольматации порового объема, необходимо оценивать как интегральный коэффициент, значение которого пропорционально величине гидравлического напора, создаваемого при подаче выщелачивающих растворов и обратно пропорционально производительности скважины.

В рассмотренных работах аналитические зависимости расчета параметров гидродинамического режима используются, в основном, для условий установившейся фильтрации (законы Дарси, Дюпюи). Для совершенствования технологии ПВ урана необходимо изучение процесса фильтрации растворов по рудному пласту, непосредственно влияющего на снижение параметров фильтрации во времени и в объеме пород по пути движения выщелачивающих растворов, а также влияние изменения их физико-химических характеристик (плотность, минерализация, вязкость и т.д.) на гидродинамический режим.

Недостаточное наличие необходимой информации не позволяет научно обосновать и детализировать влияние процессов кольматации на технологию ПВ урана. Поэтому изучение этой области процесса скважинного выщелачивания выдвигает необходимость постановки соответствующих аналитических исследований.

В третьей главе **«Теоретические исследования отработки запасов урановых руд с низконапорными водоносными горизонтами»** исследовано движение растворов в необводненных сухих горизонтах и дана теория движения жидкостей в осущенных продуктивных пластах, которыми можно пользоваться при расчетах гидродинамических параметров способом ПВ.

В результате исследований установлена зависимость влияния гидравлических свойств орошаемой породы на радиус фильтрационного потока и характер его насыщения. Выявленные в результате экспериментальных исследований закономерности формирования фильтрационного потока при нагнетании растворов в необводненные породы положены в основу разработанного метода. Обоснована и разработана методология нестационарного режима фильтрации при подземном выщелачивании. Установлено движение растворов в необводненных сухих горизонтах и исследовано влияние гидравлических свойств орошаемой породы на радиус фильтрационного потока и характер его насыщения. На основе полученных данных построены кривые расхода жидкости для различных расстояний от оси источника.

Разработанной методологией нестационарного режима фильтрации при подземном выщелачивании определены коэффициенты фильтрации в ламинарном и турбулентном режимах, при этом необходимо учитывать физические свойства как породного массива, так и фильтруемых выщелачивающих растворов.

Исследованиями установлено, что форму растекания растворов в системе взаимодействия нагнетательной и разгрузочной скважин (краевые границы линии тока) необходимо рассматривать как ромб, при этом угол растекания формируется в зависимости от степени кольматации порового объема.

В четвертой главе **«Математическое моделирование фильтрации растворов при ПВ урана из слабопроницаемых и слабообводненных руд»**

разработана модель процесса ПВ, в которую входят зависимости, определяющие гидродинамику процесса и кинетику растворения, конвективного и диффузионного распространения растворимых компонентов.

Современный уровень знаний о процессах ПВ не позволяет дать однозначную математическую зависимость извлечения урана из недр от времени, пригодную для месторождений различных генетических типов и различных гидродинамических схем. Существующие теории лишь частично описывают динамику процессов фильтрационного выщелачивания урана.

На основе математического моделирования разработана укрупненная блок-схема и компьютерная модель управления процессом ПВ урана для прогнозирования изменений процесса фильтрации в слабопроницаемых рудоносных горизонтах и степени отработки. Обосновано математическое моделирование в опытном блоке гидродинамического режима растекания растворов для формирования мигрирующих потоков в рудном теле слабообводненных горных пород при ПВ урана.

Общая технологическая схема математической модели приведена на (рис. 1), где изложено практическое применение моделей и алгоритмов, построенных для управления разработкой месторождений полезных ископаемых способом ПВ из слабопроницаемых руд, для поддержки принятия технологических решений.

В этом случае основное внимание уделено на визуализацию численных данных в двумерном и трехмерном графическом виде, чтобы прогнозировать геотехнологические показатели ПВ урана из слабопроницаемых руд. Результаты подтверждают достоверность разработанных алгоритмов ПВ и программного обеспечения для принятия решений в управлении физико-химическими параметрами ПВ урана. На модели показаны общие технологические данные об урановых месторождениях НГМК. Компьютерная модель позволяет импортировать исходные данные по технологическим объектам и структуре добычного комплекса ПВ, вводить и обрабатывать исходные данные, рассчитывать на основе результатов моделирования геотехнологические показатели.

В пятой главе «**Лабораторные исследования и стендовые испытания процесса ПВ урана из слабопроницаемых и слабообводненных руд»** разработана методика проведения лабораторных исследований процесса ПВ урана из слабопроницаемых и слабообводненных руд, которые проводились на образцах керна – монолитов в количестве 16 шт. с ненарушенной структурой и в групповых пробах руд.

Исследование влияния ПАВ на коэффициент фильтрации проводилось на слабопроницаемом керновом материале (монолите). Для этого выбран участок уранового месторождения Кетменчи с низкой проницаемостью рудного горизонта и проведено геологоразведочное бурение с целью изучения литологического состава земной коры. Глубина

геологоразведочной скважины составляла 100 м и в ней осуществлялся полный отбор 16 кернов.

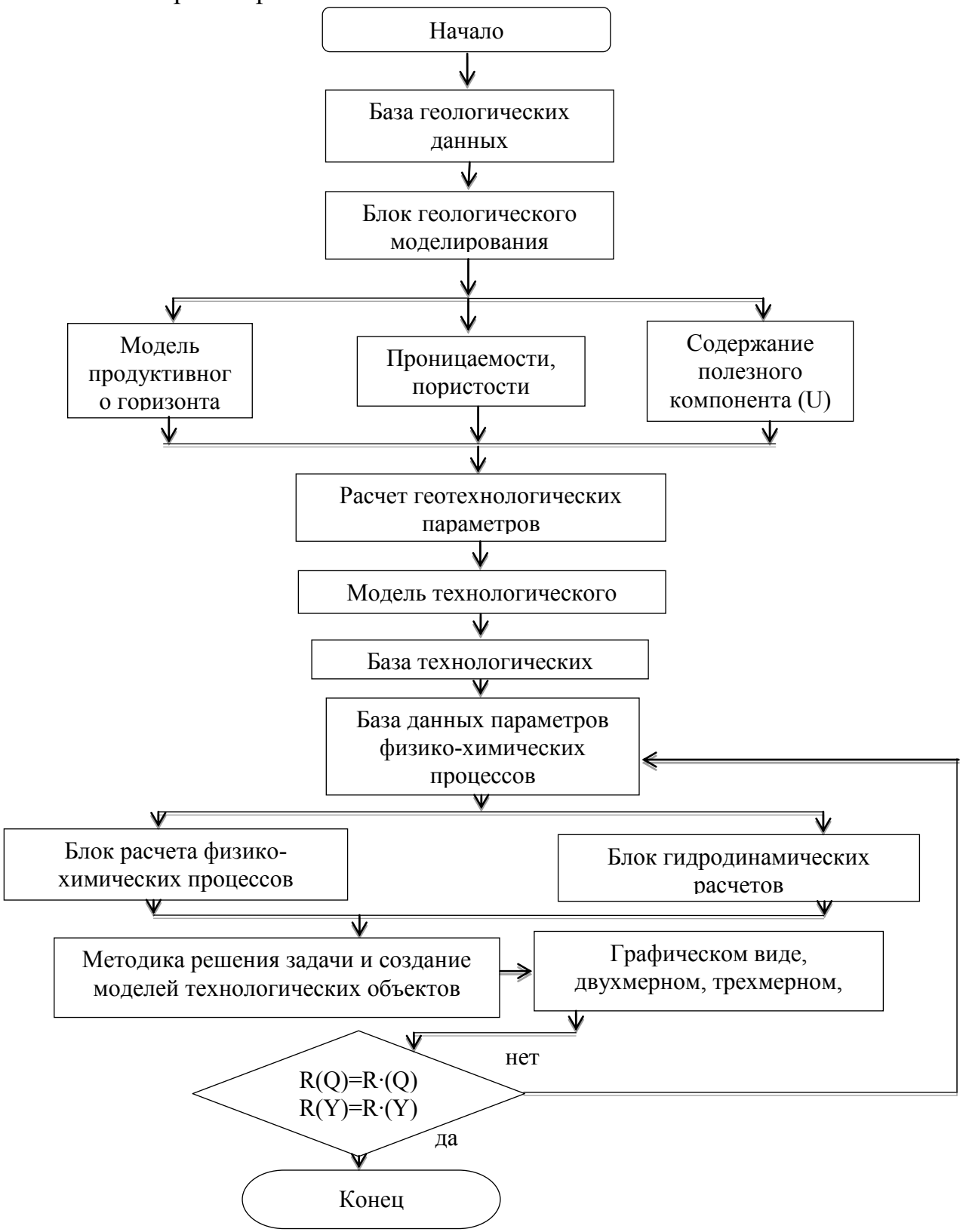


Рис. 1. Укрупненная блок-схема и компьютерная модель управления процессом ПВ урана для прогнозирования изменения процесса фильтрации

Для проведения лабораторных экспериментов использованы следующие типы ПАВ: СДж-1, Сдж-2 (на основе поликарбоксилатов), СДж-3 (на основе фосфорорганических соединений), полиакриламид (производства АО «Навоиазот»), ОП-10 и сульфанол. Проведены опытные работы по установлению оптимального расхода ПАВ и изучено его влияние на снижение вязкости рабочих растворов. Дальнейшие испытания проводились с учетом полученных результатов и установлена оптимальная концентрация ПАВ в рабочих растворах.

При изучении влияния ПАВ на выщелачивание металла, лабораторная колонка заполнялась керновой пробой. Перед исследованиями отбиралась средняя проба руды с целью определения влажности и содержания полезного компонента. Коэффициент фильтрации определялся с использованием прибора КФ-00М при гидравлическом градиенте *i*=1 с помощью винтов и резиновых прокладок и достигалась плотная герметизация колонки. Осуществлялся отбор проб жидкости для определения содержания извлекаемого компонента, pH, ОВП. Отбор пробы раствора осуществлялся до достижения Ж:Т=1:1-2-3 и т.д. Опыты продолжались до достижения содержания полезного компонента в растворах на максимальном уровне. Результаты выщелачивания приведены на рис. 2. Исходя из полученных результатов для определения коэффициента фильтрации растворов (рис. 3) принималось решение о получении необходимой оптимальной концентрации сульфанола. Дальнейшие испытания проводились с учетом полученных результатов с установлением оптимальной концентрации сульфанола в рабочих растворах.

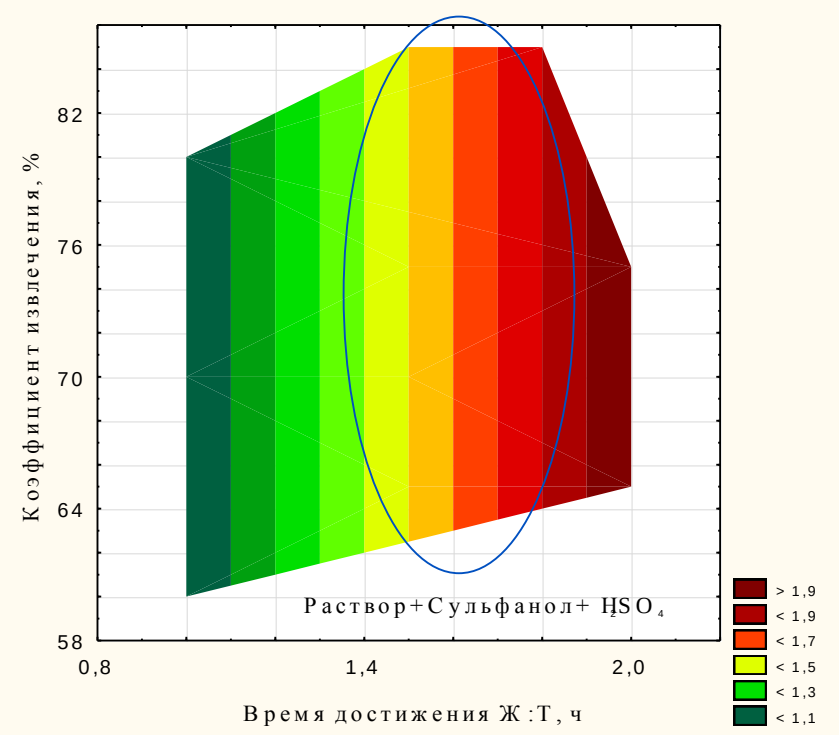


Рис. 2. Зависимость степени извлечения урана от продожительности процесса выщелачивания

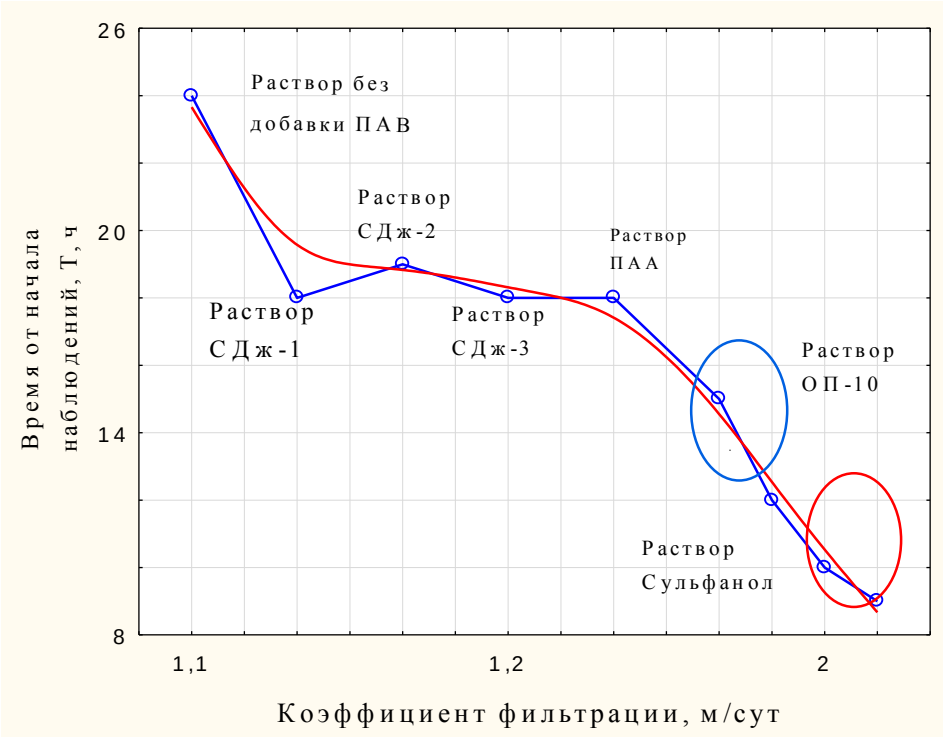


Рис. 3. Зависимость коэффициента фильтрации от начала наблюдений во времени

Проведенное исследование показало, что применение в технологии ПВ урана сульфанола значительно интенсифицирует скорость и глубину проникновения выщелачивающих растворов в глинистые плохо проницаемые руды и увеличивает коэффициент фильтрации (более 2 м/сут.).

Химическая природа реагента и его концентрация являются основными факторами, определяющими скорость протекания химического процесса, в том числе и ПВ.

С ростом концентрации реагента увеличивается содержание полезного компонента в растворах, сокращаются их общий объем и время выщелачивания. Использование в качестве реагента сульфанола вместе с серной кислотой показало, что они оказывают наибольшее положительное влияние на геотехнологические показатели и на процесс выщелачивания в том случае, когда концентрация серной кислоты повышена до максимального уровня. Во время эксперимента сульфанол показал себя наиболее приемлемым для сернокислотного выщелачивания урана.

Измерение краевых углов смачивания производилось гониометрическим методом. Установлен краевой угол смачивания горных пород методом проекции капли. Каплю жидкости на горизонтальной исследуемой поверхности проецировали на экран и по фотографии определяли угол между касательной к капле в точке соприкосновения трех фаз и поверхностью образца.

На основе проведенных лабораторных исследований установлено, что для снижения вязкости растворов необходимо добавлять реагент сульфанол. При этом нахождение краевого угла смачивания и установление угла смачивания горных пород методом проекции капли позволяют определить

оптимальность влияния ПАВ на проницаемость горных пород при ПВ урана в слабопроницаемых рудах. На рис. 4 приведена зависимость значения угла смачивания от значения радиуса капли смачивающих растворов, которая показывает, что с увеличением радиуса капли ($r_к$) уменьшается значение угла смачивания (cosθ) горных пород.

С целью изучения гидрогеологических параметров ПВ, а именно проницаемости, фильтрационных свойств и геометрии «депрессионной воронки», проведено физическое моделирование процесса ПВ напорным и свободным наливом выщелачивающего раствора в рудоносный горизонт. Моделирование производилось на экспериментальном стенде. Стенд длиной 2 м, высотой 1 м и шириной 40 см сделан из органического стекла с металлическим каркасом. В стенде создана четырёхслойная засыпка горных пород, что является моделью литологии месторождения Кендык-Тюбе. Модельный разрез представлен в виде нижнего хорошо проницаемого песчаникового слоя мощностью 30 см и верхнего мелкозернистого песка, водопроницаемость которого (коэффициент фильтрации около 2 м/сут) меньше ввиду наличия непроницаемых глинистых отложений. Мощность верхнего слоя 30 см. Нагнетание рабочего раствора в стенде производилось через закачные скважины с диаметром фильтра 35 мм, откачка раствора осуществлялась через откачную скважину с диаметром фильтра 70 мм. Скважинные фильтры были сделаны из перфорированной трубки из нержавеющей стали с диаметром отверстий 0,6-0,8 мм.

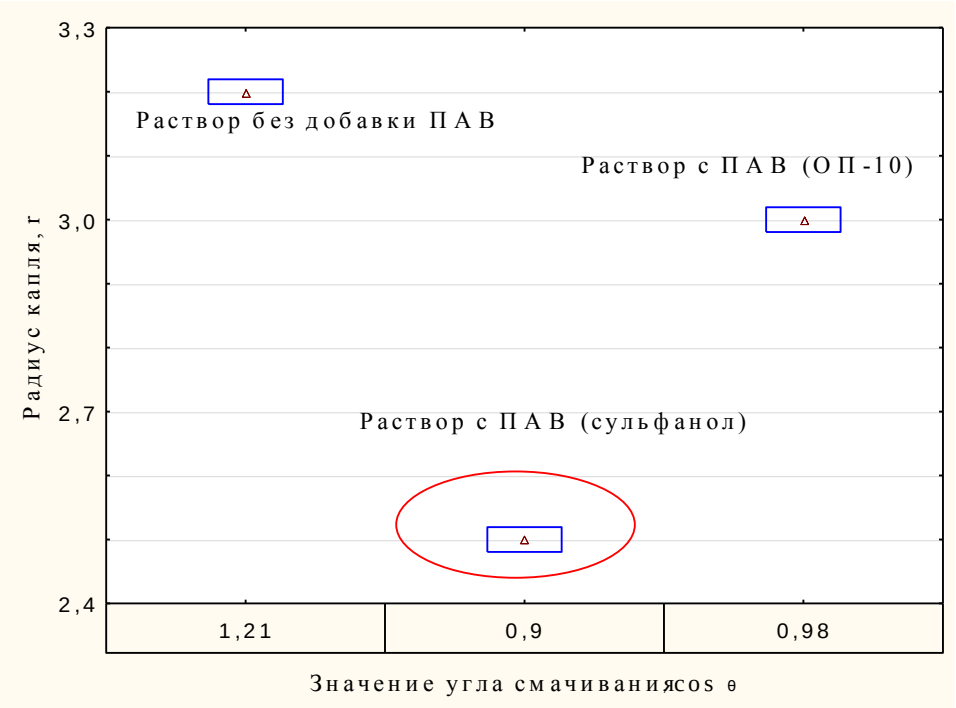


Рис. 4. Зависимость значения угла смачивания от значения радиуса капли смачивающих растворов

В результате откачки наблюдалось образование «депрессионной воронки», направленной к фильтровой части откачной скважины. Для

фиксирования линий тока фильтрационного потока к одной из стенок стенда в отдельные точки области фильтрации были подведены гибкие пластмассовые трубки диаметром 1 см, через которые подавался краситель (чернила). Исходя из полученных результатов выявлено, что радиус депрессионной воронки меняется в зависимости от производительности откачки продуктивного раствора, результаты которых представлены на рис. 5. Вследствие этого, на стенде можно было увидеть образование системы потока раствора, которые в процессе фильтрации составляли линию тока к зоне депрессии (разгрузки пластового давления).

В шестой главе **«Промышленное испытание и технико-экономическое обоснование разработанной технологии и параметров ПВ урана из слабопроницаемых руд»** проведено промышленное испытание с использованием в качестве реагента сульфанола при ПВ урана на песчаниковых рудах месторождений Лявлякан и Кетменчи рудоуправления №5 НГМК. Проведены опытные работы по повышению производительности низкодебитных откачных скважин, сооруженных на песчаниковых рудах с низким коэффициентом фильтрации (менее 0,5 м^3/ч). На опытной площади установлена буферная ёмкость для растворения сульфанола с пластовой водой. В соотношении 1:1 из расчета концентрации сульфанол был дозирован в рабочий раствор в концентрации 1,5 г/л.

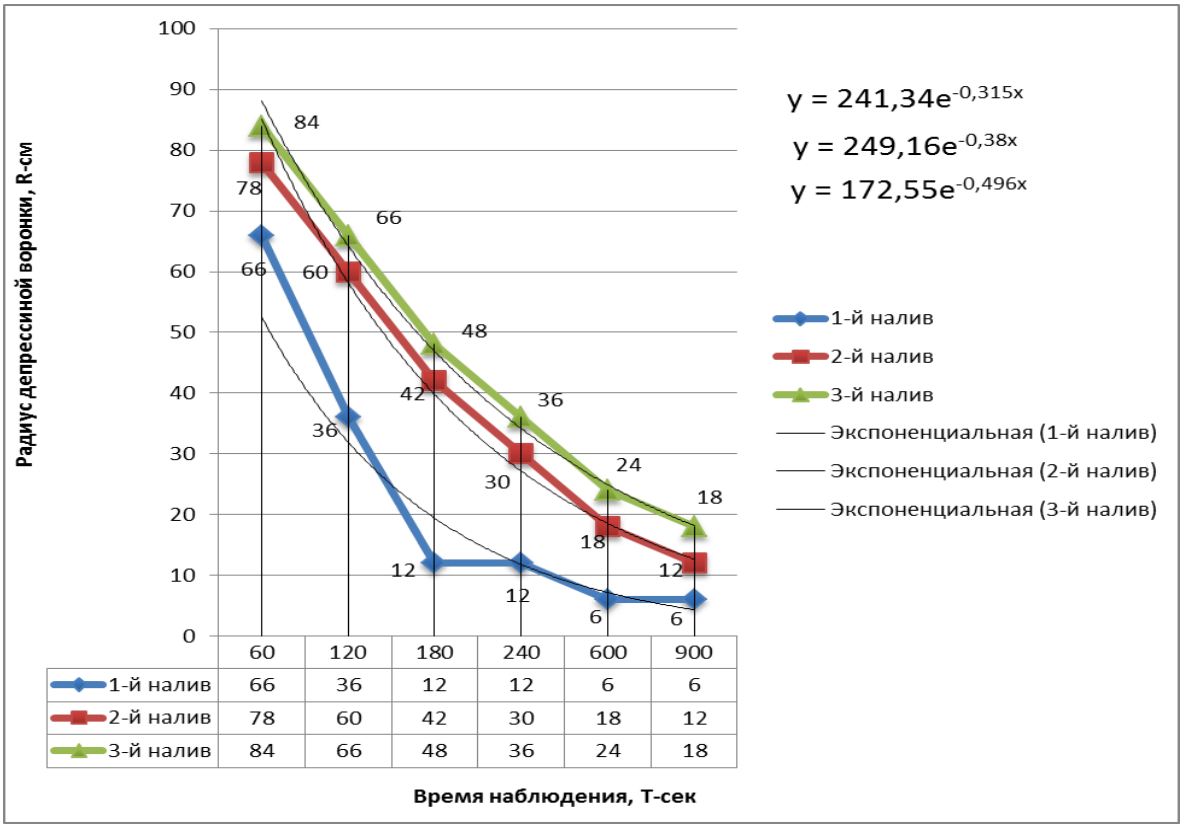


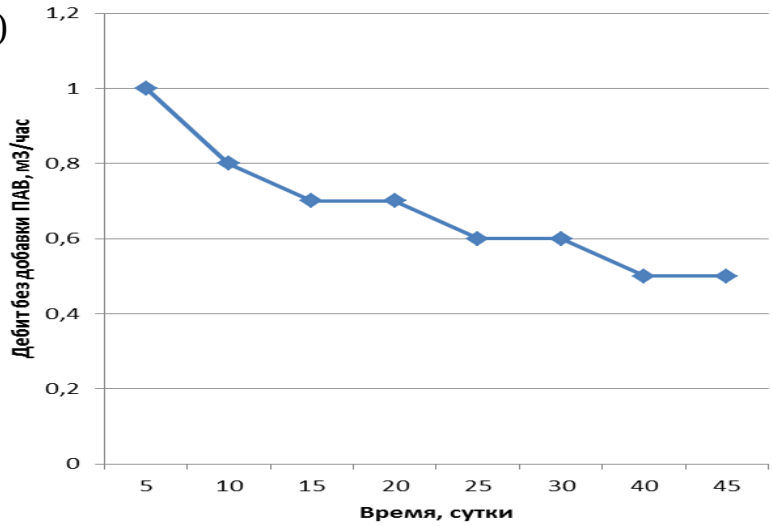
Рис. 5. Зависимость радиуса депрессионной воронки от производительности откачки продуктивного раствора

В емкость-смеситель подавался сернокислый раствор (с концентрацией по H_2SO_4 10 г/л) и расчетный объем раствора сульфанола (с концентрацией

1,5 г/л). Окисление рудного горизонта предусматривалось по сернокислотной схеме. Сульфанол подавался вместе с серной кислотой концентрацией 8-10 г/л в закачные скважины.

На рис. 6 приведены зависимости изменения дебита откачных скважин без добавки сульфанола на месторождениях Кетменчи и Лявлякан.

а)



б)

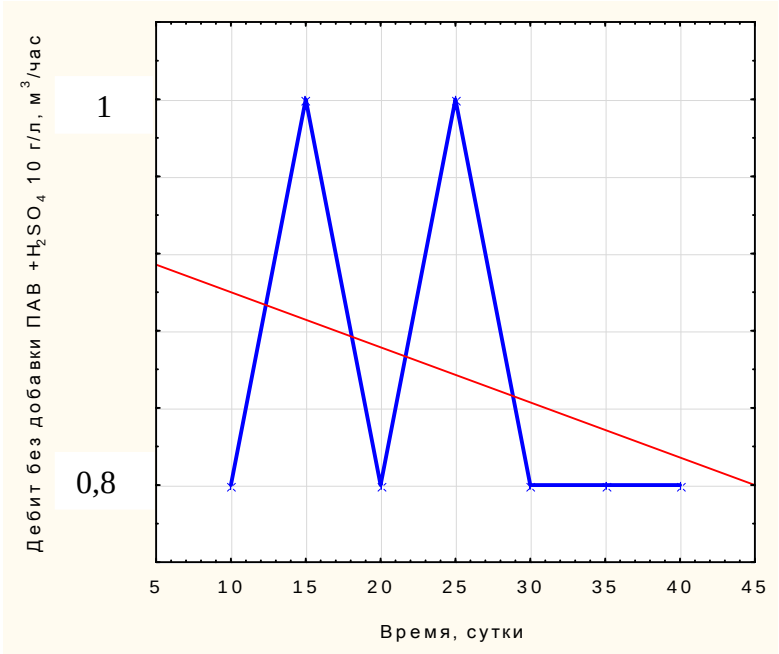


Рис. 6. Зависимости изменения дебита откачных скважин без добавки сульфанола на месторождении Лявлякан (а) и Кетменчи (б)

Сравнение полученных зависимостей показывает, что в процессе эксперимента в ячейке в сернокислотном режиме выщелачивания урана без добавления сульфанола снижается дебит откачных скважин и ярко наблюдается процесс кольматации. В ячейке ПВ в качестве окислителя первоначально (в течение 2 мес.) применялся раствор ПАВ (1,5 г/л), затем пластовая вода, насыщаемая эжекционным способом атмосферным воздухом

(1 мес.), при этом с начала месяца вода подкислялась серной кислотой до pH=3 (~1,0г/л H_2SO_4). В ячейке ПВ пластовая вода насыщалась техническим кислородом и изредка (при отсутствии кислорода) – атмосферным воздухом. С начала месяца здесь также производилось подкисление воды до 10 г/л H_2SO_4 (pH≈3). Через 2 мес., после подачи выщелачивающего раствора ПАВ (сульфанола) в скважины, наблюдалось увеличение дебита откачных скважин (рис. 7 и 8).

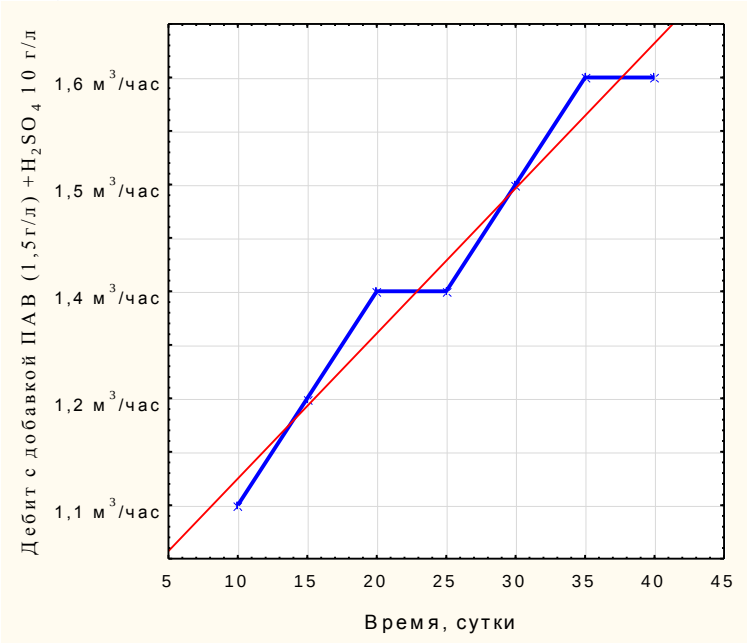


Рис. 7. Зависимость изменения дебита откачных скважин при добавке ПАВ (1,5 г/л) +H_2SO_4 на месторождении Лявлякан

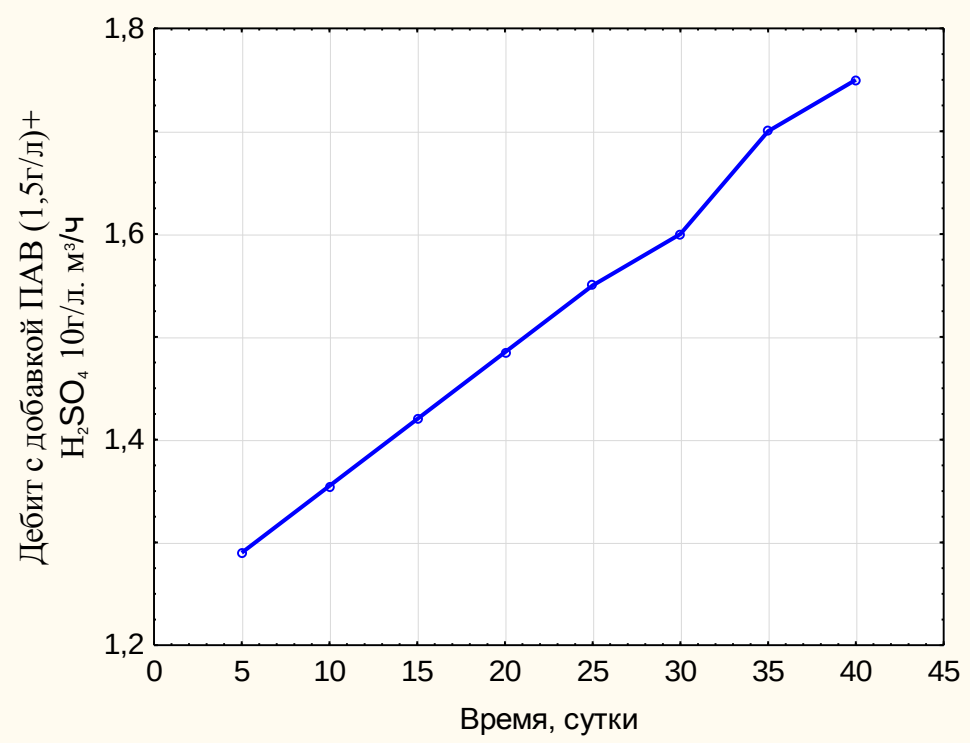


Рис. 8. Зависимость изменения дебита откачных скважин при добавке ПАВ (1,5 г/л) +H_2SO_4 на месторождении Кетменчи

Это вызывало резкое увеличение приемистости закачных скважин и возникла необходимость каждый день замерять уровень скважины. Во время замеров из скважин отбирались пробы на содержание металла. В процессе эксперимента учитывалось количество закачанных и откачанных растворов в целях предотвращения перемешивания выщелачивающих растворов с подземными водами, т.е. контролировался баланс откачки и закачки.

В процессе проведения экспериментов исследовано влияние ПАВ на скорость фильтрации и увеличение дебита откачных скважин. Применение сульфанола с определенной концентрацией увеличивает фильтрационные свойства пласта.

Во время ведения эксперимента контролировался дебит откачных скважин. В ходе исследования выявлено повышение скорости выщелачивающих растворов, уменьшение расхода серной кислоты в 1,6-1,7 раза, увеличение извлечения урана на 10-12% и повышение содержания металла в продуктивном растворе.

Анализ полученных результатов показывает, что применение ПАВ на 22-25% уменьшает объем растворов в поровом пространстве. Выщелачивание урана на участках зон происходит, в основном, в диффузионном режиме, скорость выщелачивания которого несравнима (на несколько порядков ниже) со скоростью фильтрации.

Таким образом, введение в процесс выщелачивания ПАВ (сульфанола) привело к интенсификации процесса выщелачивания урановых руд и к сокращению времени окисления продуктивного пласта. Следовательно, использование только сернокислых растворов для окисления продуктивного пласта менее эффективно, чем предварительное окисление рудного горизонта раствором серной кислоты с добавлением ПАВ (сульфанола). Установленная опытным путем концентрация ПАВ предшествует увеличению проницаемости горных пород и обеспечивает повышение дебита откачных скважин.

Вначале откачки по опытной скважине (кислород воздуха+H_2SO_4, активный режим) наблюдался незначительный рост металла. Начальная концентрация металла составила 10 мг/л при производительности насоса в среднем ~1,5 $м^3$/ч. Затем, по истечении 35 сут., концентрация металла достигла 45-55 мг/л. В опытной скважине (сернокислотное, H_2SO_4 10-15 г/л) наблюдался заметный рост концентрации металла, который стабилизировался на уровне 40-45 мг/л. Работы в опытной скважине были продолжены с применением H_2SO_4+сульфанол до появления в откачных скважинах продуктивного раствор. При этом наблюдался значительный рост металла, максимальная концентрация которого составила 130 мг/л.

Анализ показал, что за весь период работы откачиваемые из скважин растворы имели pH – 1,67 и в процессе отработки наблюдалось интенсивное выщелачивание урана из руд. Кроме того, четко прослеживалась взаимосвязь между равновесной концентрацией сульфанола в растворах и концентрацией металла в продуктивном растворе. При равновесной концентрации

сульфанола в растворе 1,5 г/л концентрация Ме составляла 30-35 мг/л, а при концентрации сульфанола 2,5 г/л она повышалась до 50-60 мг/л.

Интенсивность отработки вскрытых запасов эксплуатационных блоков зависит от производительности добычных скважин по продуктивному пласту и содержанию урана в растворе с учетом коэффициента использования скважин. В связи с этим для уточнения данных и определения изменения геотехнологических параметров скважин во время проведения экспериментальных работ производился замер дебита скважин. В результате проведенных экспериментальных работ установлено, что подобранные химические реагенты положительно влияют на процессы выщелачивания урана.

Таким образом, введение в процесс выщелачивания сульфанола привело к интенсификации процесса выщелачивания урановых руд и сокращению времени окисления продуктивного пласта. Следовательно, использование только сернокислых растворов для окисления пласта является менее эффективным, чем предварительное окисление рудного горизонта раствором серной кислоты и сульфанола. Установленная опытным путем концентрация ПАВ предшествует увеличению проницаемости горных пород и обеспечивает повышение дебита откачных скважин.

Как видно из рис. 9 в ИК-спектрах наблюдаются следующие полосы поглощения в области 3568-3350 см$^{-1}$, относящиеся к -OH группы различных кислот и воды. Поэтому в спектре появляются пологие полосы поглощения, а характерные частоты колебания для NO_3^- группы наблюдаются в области 1354 и 1710 см$^{-1}$, а также -HO NO_2 в области 1508 см$^{-1}$.

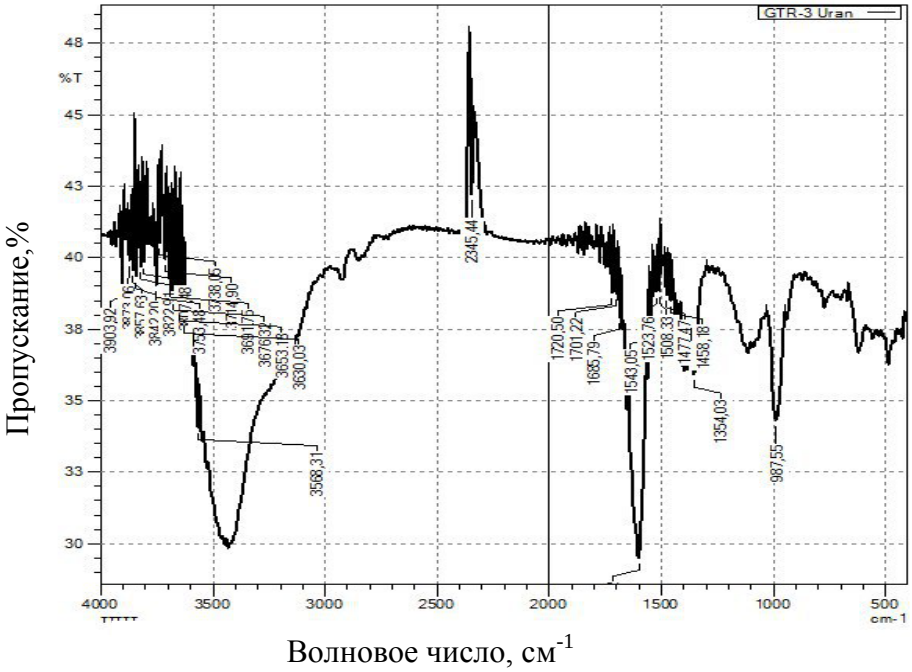


Рис. 9. ИК-спектры в продуктивном растворе на урановом месторождении Лявлякан

Для серной кислоты H_2SO_4 и ионов SO_4^{2-} в области 3568 $см^{-1}$ -OH групп кислоты и группы ν, S-0 987 $см^{-1}$ и ν, (S-0) в 1458 $см^{-1}$ появляются соответствующие полосы поглощения. Характерные полосы поглощения для фосфора появляется в области 2345 $см^{-1}$ – слабый пик, относящийся к pH группам, а для группы P=0 – 1477 $см^{-1}$, что свидетельствует о присутствии PO_4^- групп в составе исследуемого вещества.

Полосы поглощения в области 580 $см^{-1}$ можно отнести к ионам CI^-, 596 $см^{-1}$ – соединение рения группы Re-CI. Характерные полосы поглощения для ионов Fe^{2+}, Fe^{3+} появляется в области 420-496 $см^{-1}$.

В ИК-спектрах, кроме вышеописанных полос поглощения, наблюдаются еще и полосы поглощения в области от 1685 до 1523 $см^{-1}$, характеризующие о содержании в смеси органических веществ, таких как CH=CH, ароматические углеводороды, RCHO группы, которые требуют дополнительного химического или масс-спектрометрического анализа.

Таким образом, результаты ИК-спектрального анализа подтверждают, что состав исследуемого образца имеет высокое содержание урана.

Экспериментальные работы проводились на низкодебитных геотехнологических скважинах. Полупромышленные испытания включали подачу (нагнетание) специально подобранных химических реагентов и выщелачивающих растворов в продуктивный пласт до достижения расчетного радиуса растекания растворов от фильтра скважин. После подачи необходимого количества химических реагентов и выщелачивающих растворов, на добычных полигонах через насосы в нагнетательные скважины под давлением подавали выщелачивающий раствор. Подбор химических реагентов осуществлялся по характеристикам сложных горно-геологических условий сернокислотного выщелачивания урана.

Таким образом, в результате проведенных исследований определен оптимальный тип ПАВ – сульфанол и установлено его влияние на технологические параметры подземного выщелачивания урана, что значительно интенсифицировал процесс ПВ.

Разработана технология отработки запасов урановых руд с низконапорными водоносными горизонтами. Часть запасов гидрогенных месторождений урана, отрабатываемых на урановых рудниках НГМК, локализовано в слабообводненных (сухих) рудных горизонтах песчаникового типа. Отработка таких запасов по существующим технологиям на сегодняшний день не представляется возможным ввиду низкого (менее 15 м) или отсутствия напора на кровлю.

Вскрытие пластов с низким напором (даже при использовании прогрессивных промывочных жидкостей) существенно осложняется за счет частичного поглощения промывочной жидкости. При частичном поглощении промывочной жидкости фильтрат со шламом и другими примесями проникает на такую глубину, откуда извлечь его невозможно.

В процессе бурения опытной закачной скважины сжатым воздухом принято решение использовать долото, отработавшее свой ресурс согласно

установленным нормам Северного рудоуправления НГМК с пониженной осевой нагрузкой на долото, т.е. без использования утяжеленных бурильных труб. Бурение производилось долотом PDC Ø 215,9 мм с использованием бурильных труб Ø 89 мм. В процессе бурения скважины велись наблюдения за давлением воздуха в рессивере компрессора, максимальное значение которого составило 22,7 бар.

В настоящее время основной проблемой для определения методики отработки месторождений урана, локализованных в слабообводненных (сухих) рудных горизонтах песчаникового типа, является подбор способа сооружения технологических скважин.

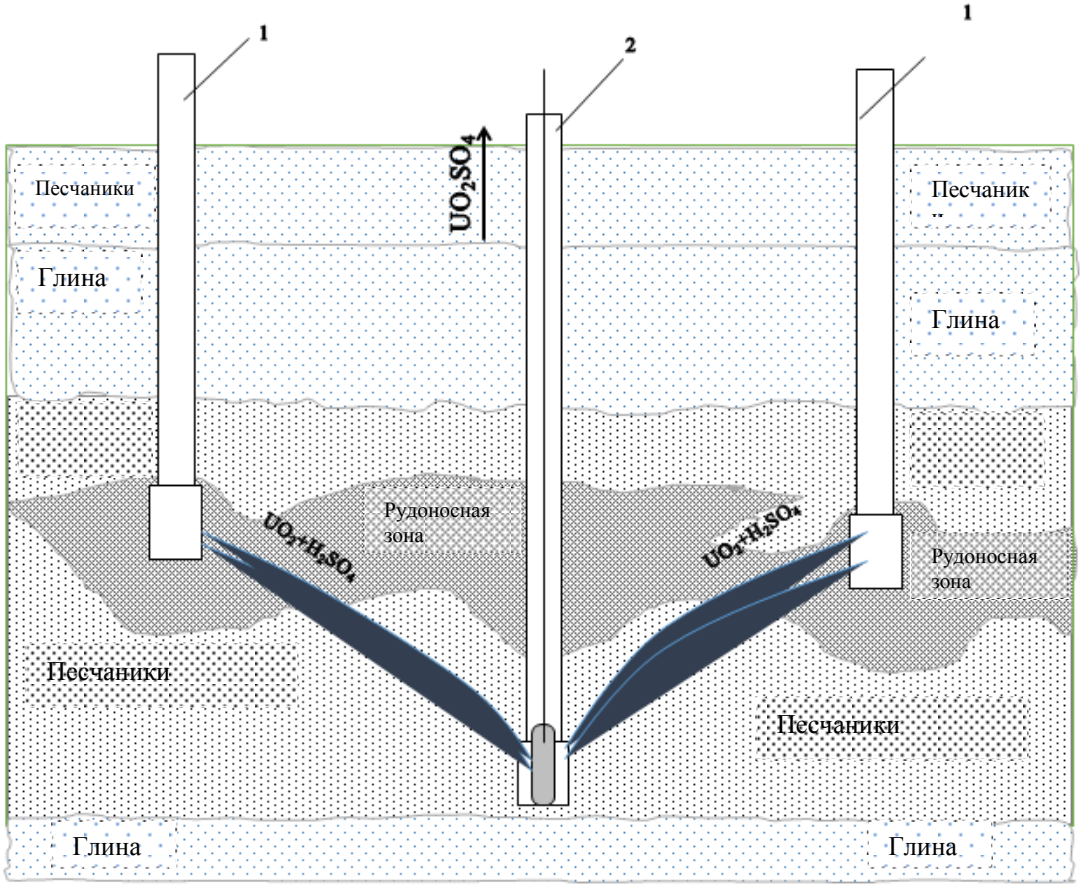
При разработке урановых месторождений, залегающих выше естественного пониженного уровня подземных вод, для управления гидродинамическим потоком сверху вниз применялась оросительная технология за счет создания депрессионной воронки, которая ранее применялась для скальных руд в технологии выщелачивания урана.

На западном фланге месторождения Кендык-Тюбе, в рудной залежи, расположенной в верхней части разреза выше статического уровня подземных вод, с поверхности были пробурены скважины-оросители сеткой 15х15х20 м, вскрывающие лишь верхнюю часть водопроницаемых вмещающих залежь пород. Скважины размещали по поршневой системе с установлением 6 закачных и 2 откачных скважин. Мощность горизонта отличалась от мощности рудоносной зоны, также их границы были различны. Фильтры нагнетательных скважин распологались в рудоносной зоне, а фильтр откачной скважины – ниже рудоносной зоны (рис. 10).

Выщелачивающий раствор подавали через закачные скважины, который, продвигаясь по рудоносной зоне, выщелачивал урановые руды и двигался в сторону откачных скважин.

Трудность состояла в своевременном определении оптимального размера депрессионной воронки и обеспечении условий, которые исключили бы превышение установленного оптимума, тем самым ограничился бы приток законтурных пластовых вод в эксплуатационный блок и сохранилось бы на минимальном уровне разубоживание или растекание растворов.

В процессе отработки эксплуатационных участков рудной залежи месторождения Кендык-Тюбе выявлено, что в пределах и в окрестности каждого работающего участка неизбежно формируется устойчивая депрессионная воронка, центр которой обычно локализуется там, где плотность сети работающих скважин максимальна. Глубина и градиенты падения напоров определяются соотношением числа нагнетательных и разгрузочных скважин и объемом закачки и откачки. При этом, с уменьшением отношения количества работающих нагнетательных скважин к количеству работающих разгрузочных скважин на действующем участке, размеры депрессионной воронки возрастают. Существенное влияние на размеры депрессионной воронки оказывает также дебаланс в объемах откачиваемых и закачиваемых растворов.



1 –закачная скважина; 2 – откачная скважина

Рис. 10. Схема полупромышленного опыта определения создания депрессионной воронки при ПВ урана

Разработанные технологии отработки гидрогенных месторождений урана со слабопроницаемыми и слабообводненными рудами внедрены на месторождениях Лявлякан, Кетменчи и Кындык-Тюбе НГМК с получением фактического годового экономического эффекта в размере 3,075 млрд. сум на долю добытого урана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации получены следующие результаты:

1. В результате теоретических исследований перетекания растворов по рудному пласту при ПВ урана из слабопроницаемых руд установлено, что изменение физико-химических характеристик оказывает влияние на скорость фильтрации выщелачивающих растворов и продолжительность продвижения зоны выщелачивания к откачным скважинам. Режим фильтрации глинистых горных пород зависит от величины градиента напора, при этом в области больших градиентов напора (свыше 100-150 м) отмечается линейный закон фильтрации. Независимость коэффициента проницаемости от величины градиента проницаемости глинистых горных пород не является постоянной

величиной и он может изменяться в зависимости от гидрогеохимических и термодинамических условий.

2. Методом математического моделирования разработана укрупненная блок-схема и компьютерная модель управления процессом ПВ урана с целью прогнозирования изменений в процессах фильтрации слабопроницаемых рудоносных горизонтов и степеней отработки блоков ПВ. Получена формула, позволяющая определить скорость фильтрации выщелачивающих растворов.

3. Проведенные исследования показали, что применение при ПВ урана сульфанола значительно интенсифицирует скорость и глубину проникновения выщелачивающих растворов в глинистых плохопроницаемых рудах и увеличивает коэффициент фильтрации. Исследованиями выявлены закономерности изменения коэффициента фильтрации из глинистых горных пород при использовании сульфанола, который обеспечивает полноту формирования продуктивных растворов.

4. Впервые на основе исследований разработана новая эффективная технология отработки гидрогенных месторождений урана со слабой проницаемостью рудоносного горизонта с использованием сульфанола при ПВ урановых руд. При увеличении скорости фильтрации растворов в 1,5 раза и уменьшении до минимума кольматационных явлений достигается максимальное извлечение металла на уровне 80% и увеличение степени отработки запасов от 12-16 до 22-25%.

5. Исследованиями установлено, что в настоящее время основной проблемой для определения методики отработки месторождений урана, локализованных в слабообводненных (сухих) рудных горизонтах песчаникового типа, является подбор способа сооружения технологических скважин, который позволит исключить изменение естественной структуры. Для сохранения естественной структуры пласта необходимо бурение скважин с продувкой сжатым воздухом.

6. Установлено движение растворов в необводненных сухих горизонтах, а также влияние орошаемой породы на радиус фильтрационного потока и характер его насыщения, в результате которого построены кривые расхода жидкости для различных расстояний.

7. Стендовыми испытаниями установлены качественные параметры ПВ, мощность литологии, формы в плане и разрезе, а также фильтрационные свойства зоны орошения инфильтрационного потока. На основе полученных результатов физическим моделированием создана фильтрация растворов высоконапорным и свободным наливом на пласт.

8. Разработана методология нестационарного режима фильтрации при ПВ и определены коэффициенты фильтрации в ламинарном и турбулентном режимах, в которой необходимо учитывать физические свойства как породного массива, так и фильтруемых выщелачивающих растворов.

9. Исследованиями установлено, что форму растекания растворов в системе взаимодействия нагнетательной и разгрузочной скважины (краевые границы линии тока) необходимо рассматривать как ромб, при этом угол

растекания формируется в зависимости от степени кольматации порового объема.

10. Разработана и промышленно испытана технология отработки гидрогенных месторождений урана со слабообводненными урановыми рудами. Установлено расстояние между скважинами и концентрация кислоты, которые оказывают существенное влияние на скорость движения растворов и развитие депрессионной воронки в недрах действующего добычного участка.

SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF DSc.27.06.2017.T.06.01 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE AND TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED ISLAM KARIMOV

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

ALIKULOV SHUKHRAT SHAROFOVICH

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND INTENSIFICATION OF PARAMETERS OF THE UNDERGROUND LEACHING OF URANIUM FROM LOW-PERPETABLE ORES

04.00.10 – Geotechnology (opencast, underground and construction)

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

Navoi – 2019

The theme of dissertation doctor of sceinces (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № 2017/B2017.3.DSc/T183.

The dissertation has been carried out at the Navoi State Mining Institute.

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

Scientific Consultant:	**Sanakulov Kuvandik** Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Industry of the Republic of Uzbekistan
Official opponents:	**Duysebayev Baurzhan Orazovich** Doctor of Technical Sciences, Professor
	Toshov Javokhir Buriyevich Doctor of Technical Sciences, associate professor
	Ergashev Ulugbek Abdurasulovich Doctor of Technical Sciences
Leading organization:	**State Enterprise «Institute of Mineral Resources»**

The defence of the dissertation will be held on «___»_____2019 at ____ at the meeting of of single of the Scientific council of scientific degrees DSc.27.06.2017.T.06.01 at the Navoi State Mining institute. Address: 210100, Navoi, Galaba street, 127. Phone:0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-00-55; e-mail: info@ndki.uz. nsmi@gmail.com.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No __ Adress: 210100, Navoi, Galaba street, 127. Phone: 0 (436) 223-56-90; fax: 0 (436) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on «___» _____ 2019.

Protocol at the register No _____dated «___»____ _____ 2019).

B.R. Raimjanov
Chairman of the scientific council for awarding the scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

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

Yu.D. Norov
Chairman of the scientific seminar under scientific council for awarding the scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

The aim of research work is the development of technology for mining of deposits with low permeability of the ore-bearing horizon and with weakly watered uranium ores allowing to intensify the underground leaching of uranium.

The object of the research work are the uranium deposits of the Navoi Mining and Metallurgical Combine.

The scientific novelty of the research is as follows:

Formulas for determining the velocity and filtration coefficient of leaching solutions from low-permeable uranium ores have been developed on the basis of studying the patterns of fluid movement in the ore formation;

It was established that the filtration rate of leaching solutions depends on the capacity of injection of leaching solutions and the cross-section of the filtered space, and the filtration coefficient depends on the porosity of the ore formation layer and the particle diameter of the solid component array;

a mathematical model and algorithm for calculating the filtration parameters of UL uranium solutions from low-permeable and weakly watered ores have been developed, which allows to manage the leaching process and predict the change in the filtration process and the degree of mining of the UL block;

To increase the filtration coefficient of low-permeable uranium ores, the optimum type of surfactant - sulfanol was revealed and its concentration in leaching solutions of UL was established, which allows to intensify the rate and depth of penetration of leaching solutions in clay permeable lithological differences;

the optimal effect of surfactants on the filtration coefficient during underground leaching of uranium in low-permeable ores was established, on the basis of which a method was developed for determining the wetting angle and the wetting angle of rocks was established by the drop projection method;

theoretical foundations have been developed for creating a depression crater using the irrigation technology in the explosives of weakly irrigated uranium ores.

Implementation of the research results. Based on the development of technology and the intensification of parameters for the underground leaching of uranium from low-permeable ores:

The formulas for determining the rate and filtration coefficient of leaching solutions, as well as the technology for mining hydrogenous uranium deposits with a weak permeability of the ore-bearing horizon, are introduced in the Mine Administration No. 5 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine for underground leaching of uranium (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine Act No. 02-06-04/11702 dated 09.18.2018). As a result, conditional solutions were obtained, the reserve mining intensity was increased by 1.5 times, the mining time was reduced by 15%, the recovery rate was increased by 20%, the time for preliminary oxidation of uranium was reduced by 20%, the cost of its production was reduced by 5% and profitable operation was achieved ;

the technology of mining hydrogenogenic uranium deposits with weakly watered ores and a method of creating a depression crater when leaching the

infiltration flow at the fields of the Northern Mine Administration of the Navoi Mining and Metallurgical Combine were implemented (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine Act No. 02-06-04/11702 dated 09.18.2018). As a result, the UL process of uranium was improved, the rate and depth of penetration of leaching solutions were increased;

A method of mining uranium ore reserves with low-pressure aquifers was introduced at the Kendyk-Tube deposit of the Northern Mine Administration of the Navoi Mining and Metallurgical Combine for the underground leaching of uranium (certificate of the Navoi Mining and Metallurgical Combine Act No. 02-06-04/11702 dated 09.18.2018). As a result, weakly watered uranium ores are involved in mining and production efficiency is increased.

The structure and volume of the thesis. The structure of the thesis consists of an introduction, six chapters, conclusion, list of references, applications. The volume of the dissertation is 200 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST of PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Маркелов С.В., Насиров У.Ф., Аликулов Ш.Ш. Совершенствование гидродинамического режима подземного выщелачивания урана с учетом кольматации руд // Монография. – Навои, 2015. – 121 с.
2. Аликулов Ш.Ш., Нажимов Ф.Ф. Анализ базовой модели подземного выщелачивания урана к природным условиям месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2015. – №1. – С. 98-104 (05.00.00; №29).
3. Аликулов Ш.Ш. Управление состоянием горного массива для интенсификации подземного выщелачивания // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №2. – С. 80-82 (05.00.00; №7).
4. Аликулов Ш.Ш. Интенсификации гидродинамического режима подземного выщелачивания урана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №3. – С. 64-66 (05.00.00; №7).
5. Аликулов Ш.Ш., Каримов И.А. Исследование сорбционных свойств ионита на основе активированного угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск. – Москва, 2016. – С. 140-143 (05.00.00; №29).
6. Аликулов Ш.Ш. Исследования кинетики формирования продуктивных растворов при подземном выщелачивании руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №3. – С. 75-77 (05.00.00; №7)
7. Аликулов Ш.Ш., Шодиев А.Н. Теоретические основы кольматации пород прифильтровой зоны пласта // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург, 2016. – №5.– С. 75-78 (05.00.00; №34).
8. Аликулов Ш.Ш. Интенсификация технологических процессов подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург, 2017. – №1. – С. 78-81 (05.00.00; №34).
9. Alikulov Sh.Sh. Methods of technological processes' intensification of in situ leaching of uranium from low-penetrating ores // European science review. – Austria, Vienna. – 2017.– P. 101-103 (05.00.00; №3).
10. Санакулов К.С., Аликулов Ш.Ш. Обоснование методологии нестационарного режима фильтрации при подземном выщелачивании урана из слабопроницаемых массивов // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2017. – №2. – С. 19-23 (05.00.00; №7).
11. Аликулов Ш.Ш. Математическое моделирование фильтрации растворов подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд. // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург, 2017. – №5. – С. 45-51 (05.00.00; №34).

12. Петухов О.Ф., Аликулов Ш.Ш. Лабораторные исследования по определению геотехнологических параметров подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. – №4. – С. 77-82 (05.00.00; №7).

13. Аликулов Ш.Ш., Собиров Ж., Хайдарова М.Э. Исследование и внедрение способов ограничения растекания продуктивных растворов и интесификации технологических процессов подземного выщелачивания // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург, 2018. – №3. – С. 77-82 (05.00.00; №34).

14. Alikulov Sh.Sh. The research of intensification of the technological processes of in situ leaching of uranium // European science review. – Austria, Vienna, 2018. – P. 239-242 (05.00.00; №3).

15. Аликулов Ш.Ш., Курбанов М.А., Шарафутдинов У.З., Халимов И.У. Исследование гидродинамических параметров при подземном выщелачивании путем физического моделирования // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №1. – С. 77-82 (05.00.00; №7).

16. Санакулов К.С., Курбанов М.А., Аликулов Ш.Ш. Обоснование технологии отработки запасов урановых руд с низконапорными водоносными горизонтами // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №1. – С. 77-82 (05.00.00; №7).

II бўлим (II часть; part II)

17. Аликулов Ш.Ш., Каримов И.А., Бекпулатов Ж.М. Оценка гидродинамических параметров при подземном выщелачивании руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №4. – С. 46-52 (05.00.00; №7).

18. Аликулов Ш.Ш., Каримов И.А., Бекпулатов Ж.М. Повышение эффективности и увелечение производительности при подземном выщелачивании руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №4. – С. 52-54 (05.00.00; №7).

19. Малухин Н.Г., Маркелов С.В., Аликулов Ш.Ш., Баймурзаев Х.Р. Кинетика формирования растворов при выщелачивании урана из карбонат сульфидсодержащих руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №3. – С. 42-47 (05.00.00; №7).

20. Аликулов Ш.Ш. Особенности фильтрации растворов выщелачивании на границе твердое тело-жидкость // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №3. – С. 57-60 (05.00.00; №7).

21. Насиров У.Ф., Аликулов Ш.Ш., Амиркулов К.С., Абдуалимова Ю.А. Водопроницаемость пород в процессах кольматации прискважинной зоны // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №2. – С. 35-38 (05.00.00; №7).

22. Назаров З.С., Аликулов Ш.Ш., Мадаминов Ш.А., Амиркулов К.С. Механизм изменения гидродинамических параметров блока // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2013. – №2. – С. 80-82 (05.00.00; №7).

23. Аликулов Ш.Ш., Салимов Р.С. Обоснование рациональной области применения способа подземного выщелачивания урана из глинистых руд // Горный журнал. – Москва, 2013. – №8. – С. 54-57 (05.00.00; №28).

24. Каримов И.А., Худайбердиев О.М., Атавуллаев А.К. Разработка лабораторной установки для определения коэффциента фильтрации // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №1. – С. 98-101 (05.00.00; №7).

25. Аликулов Ш.Ш., Назаров З.С., Муминов Б.М., Бабаев В.К., Норов А.Ю., Абдукаримов И.А. Причины уменьшения производительности технологических скважин // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. –№1. – С. 98-101 (05.00.00; №7).

26. Аликулов Ш.Ш., Пулатов М.К. Воздействие процессов кольматации на производительности блоков подземного выщелачивания // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №2. – С. 64-66 (05.00.00; №7).

27. Alikulov Sh.Sh. Research and increase of efficiency of underground lixiviating // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. – San Francisco, California. – 2015. – P. 60-63.

28. Аликулов Ш.Ш., Нажимов Ф.Ф. Моделирование миграции площадей застойных зон для повышения гидродинамической проработки рудного пласта // Доклады XII Международной научно-практической конференции: Новые технологии в науках о Земле. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет, 8-10 апреля 2015 г. – С. 32.

29. Аликулов Ш.Ш., Петухов О.Ф., Хасанов А.С. Отработка уранового месторождения методом скважинного подземного выщелачивания // VIII Международная научно-техническая конференция на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 181.

30. Маркелов С.В., Аликулов Ш.Ш. Оценки эффективности выщелачивания по величине свободной энергии // VIII Международная научно-техническая конференция на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 127.

31. Аликулов Ш.Ш., Хайдарова М.Э. Роль показателей водопроницаемости пород в процессах подземного выщелачивания урана // VIII Международная научно-техническая конференция на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 128.

32. Аликулов Ш.Ш., Хайдарова М.Э. Исследование сорбционных свойств ионита на основе активированного угля // Международный научный журнал «Молодой ученый». – Казань, июль, 2016. – №14. – С. 189-192.

33. Аликулов Ш.Ш., Хайдарова М.Э. Обоснование схемы вскрытия и эксплуатации урановых месторождений методом подземного выщелачивания

// Международный научный журнал «Молодой ученый». – Казань, июль, 2016. – №14. – С. 192-195.

34. Аликулов Ш.Ш. Исследование геотехнологических факторов, влияющих на процессы кольматации скважин // «Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энергия тежамкор ва инновацион ечимлари» мавзусидаги илмий-амалий анжуман маърузалари тўплами. – Фарғона: Фарғона политехника институти, 2016.

35. Аликулов Ш.Ш. Исследование кинетики продуктивных растворов при подземном выщелачивании урана // Материалы XXV Международного научного симпозиума «Неделя горняка-2017». Отдельный выпуск. – Москва, 23-27 января 2017 г. – С. 140-143.

36. Санакулов К.С., Петухов О.Ф., Аликулов Ш.Ш. Интенсификация процесса движения растворов в продуктивный пласт подземного выщелачивания урана // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – С. 62.

37. Санакулов К.С., Аликулов Ш.Ш. Виды кольматации порового объема и условия ее формирования при подземном выщелачивании урана // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – С. 66.

38. Хужаев Ж.Э., Халимов И.У., Аликулов Ш.Ш. Влияющие депрессанты на процесс сорбции и десорбции урана // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – С. 90.

39. Аликулов Ш.Ш., Шодиев А.Н., Изучение процессов колматации на производительности блоков подземного выщелачивания урана // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – С. 95.

40. Аликулов Ш.Ш., Мардонов Р.Х. Обоснование технологии подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд // Материалы IX Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – С. 106.

41. Sanakulov K.S., Alikulov Sh.Sh. Investigations of fluid movement filtration of solutions in elastic regime of the plaster // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshon region: achievements, challenges and prospect. 2017 y. – p. 35.

42. Санакулов К.С., Аликулов Ш.Ш. Определение скорости фильтрации растворов подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд // Свидетельство об официальной регистрации

программы для ЭВМ №DGU 04568. Заявка № DGU 20170352 от 31.05.2017 г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан.

43. Санакулов К.С., Аликулов Ш.Ш. Уринов Ш.Р. Программа для расчета депрессионой воронки при подземном выщелачивании слабообводненных урановых руд // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 05730. Заявка №DGU 20180725 от 20.09.2018 г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан.

44. Аликулов Ш.Ш., Шодиев Н.А., Хамидов С.Б., Хамидов М.Б. Основные реагенты, используемые в подземном выщелачивании урана // «Инновацион тараққиётни амалга оширишда фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясининг аҳамияти» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тщплами. – Қарши, 18-19 апрель 2018 й. – 28 б.

45. Санакулов К.С., Аликулов Ш.Ш. Разработка технологии отработки урановых месторождений методом подземного выщелачивания на сухих продуктивных горизонтах на примере Северного рудоуправления НГМК // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 3.

46. Аликулов Ш.Ш. Определение степени просачивания различных видов растворов в глинистых породах // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 31.

47. Аликулов Ш.Ш. Способ отработки урановых месторождений методом подземного выщелачивания из слабопроницаемых руд // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 33.

Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналидан таҳрирдан ўтказилди.

Бичими 60x84 $^{1}/_{16}$. «Times New Roman» гарнитураси. Рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма № 63.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.