

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/30.12.2019.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

«МИНЕРАЛ РЕСУРСЛАР ИНСТИТУТИ» ДАВЛАТ МУАССАСАСИ

АЛМАТОВ ИЛХОМЖОН МИРЗАБЕК ЎҒЛИ

**ЁНУВЧИ СЛАНЕЦ МАЪДАНИ КУЛИДАН ҚИММАТБАХО
КОМПОНЕНТЛАРНИ КОМПЛЕКС АЖРАТИБ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

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

Навоий – 2021

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

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

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

Алматов Илхомжон Мирзабек ўғли

Ёнувчи сланец маъдан кулидан қимматбаҳо компонентларини
комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

Алматов Илхомжон Мирзабек угли

Разработка технологии комплексного извлечения ценных
компонентов из золы руд горючих сланцев..... 21

Almatov Ilkhomjon Mirzabek o'g'li

Technology of integrated extraction of valuable components from ash of
ore of combustible shales of the deposit..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 42

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/30.12.2019.Т.06.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

«МИНЕРАЛ РЕСУРСЛАР ИНСТИТУТИ» ДАВЛАТ МУАССАСАСИ

АЛМАТОВ ИЛХОМЖОН МИРЗАБЕК ЎҒЛИ

**ЁНУВЧИ СЛАНЕЦ МАЪДАНИ КУЛИДАН ҚИММАТБАХО
КОМПОНЕНТЛАРНИ КОМПЛЕКС АЖРАТИБ ОЛИШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

04.00.14 – Фойдали қазилмаларни бойитиш

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

Навоий – 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T1931 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси «Минерал ресурслар институти» давлат муассасасида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: Сағдиева Муяссар Ғайбуллаевна
биология фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: Мухиддинов Баходир Фахридинович
кимё фанлари доктори, профессор

Қурбонов Шамшиддин Камолдинович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: Ислом Каримов номидаги Тошкент
давлат техника университети

Диссертация химояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/30.12.2019.T.06.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил 16 апрел соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шох кўчаси, 127. Навоий давлат кончилик институти мажлислар зали. 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 (70 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Ғалаба шох кўчаси, 127. НДКИ ректорати биноси, 1-қават Тел.: 0(436)223-56-90; факс: 0(436) 223-00-55.

Диссертация автореферати 2021 йил 3 апрел куни тарқатилган.

(2021 йил 3 апрел №31 рақамли реестр баённомаси).



[Signature]

Қ.С. Санақулов

Илмий даражалар берувчи

Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

[Signature]

Ш.Ш. Заиров

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш

илмий котиби, т.ф.д., профессор

[Signature]

И.Т. Мислибаев

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш қошидаги

илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда углеводород хомашёси энергия таъминоти манбалари жиҳатидан энг йирик тармоқ бўлиб, углеводород хомашёси энергия ташувчилар сифатида энг муҳим ўринни нефт эгаллаб турибди. Шу сабабли, дунёнинг етакчи давлатлари ўртасида нефт конларини ўзлаштириш ва бошқариш учун кураш янада кучаймоқда. Жаҳон амалиётида ёнувчи сланец кўп ҳолларда энергетик хом ашё сифатида қаралади. Сланецни қайта ишлашда дунёдаги кўплаб заводларда хом ашё шунчаки ёқиб юборилади ва бу жараёндан олинган газлар электр энергиясини ишлаб чиқариш учун маҳаллий даражада ишлатилади.

Дунёда мавжуд хомашёлардан комплекс фойдаланган ҳолда асосий компонент билан бир қаторда қўшимча қимматбаҳо компонентларни ажратиб олишни ошириш учун самарали технологияларни ишлаб чиқиш, мавжуд технологик схемаларни такомиллаштириш ва ёнувчи сланецдан фойдаланган ҳолда электроэнергия ва кимёвий хомашёни олишдаги қайта ишлаш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, ёнувчи сланец кулини анъанавий бойитиш усулларига мувофиқлигини аниқлаш, ёнувчи сланец маъдани кулини қайта ишлашда гидрометаллургик тадқиқотлар ўтказиш, коннинг ёнувчи сланец маъданида биотехнологик тадқиқотлар ўтказиш, ёнувчи сланец маъдани кулидан қимматбаҳо компонентларни комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш зарур.

Республикамизда ёнувчи сланец мойи ва нефт маҳсулотлари билан бир қаторда унинг таркибидаги металлургия хомашёси, кимёвий моддалар, қурилиш соҳаси ва қишлоқ хўжалиги учун ўғитлар ишлаб чиқариш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирларни жорий қилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармонида¹ «саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хом ашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш...» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда ёнувчи сланец маъдани кулидан қимматбаҳо компонентларни комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш катта илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги, 2019 йил 17 январдаги ПФ-4124-сон «Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Фармонлари, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682- сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони // Ўзбекистон Республикаси норматив ҳужжатлар тўплами. – Т., 2017. – 103 б.

амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳукукий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Чикиндисиз технологияни яратишда муҳим муаммо бу унинг ташкилий тамойиллари бўлиб, унда қайта ишлаш усулларини танлаш ва бўлинмаларнинг тузилиши муҳим аҳамият касб этади. Ушбу йўналишда хорижий ва МДХ мамлакатларидаги бир қатор тоғ-кон ва қайта ишлаш корхоналарининг ижобий тажрибалари мавжуд.

Илмий пойдеворни ривожлантириш ва ёнувчи сланец, шунингдек ҳосил бўлган техноген чиқиндиларни (кекларни) қайта ишлаш технологиясини яратишда куйидаги хорижий ва маҳаллий олимлар катта ҳисса қўшдилар: Олимлар Хачатурян В.Г., Стрижакова Ю.А., Писаренко М.В., Назаренко М.Ю., Кондрашева Н.К., Салтыкова С.Н., Meybaum H., Brendow K., Neil L., Chen S.B., Zhu Y.M., Qin Y., Wang H.Y., Hadi N.A., Лузановский А.Г., Юсупходжаев А.М., Исоқов М.У., Санакулов Қ.С., Раимжанов Б.Р., Гуро В.П., Туресебеков А.Х., Сагдиева М.Г., Борминский С.И., Қурбонов Ш.К., Хожиев А. ва бошқалар ёнувчи сланец ва унинг қолдиқларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишда, ёнувчи сланецнинг нефт қисмини, кул қисмидан қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш мақсадида қайта ишлаш тадқиқот усулларини ишлаб чиқишда муҳим ютуқларга эришганлар.

Мавжуд ишларни таҳлил қилиш асосида шуни таъкидлаш керакки, жаҳон тадқиқотчилари ва олимлари ёнувчи сланецнинг таркибидаги қимматбаҳо компонентларнинг миқдори камлиги сабабли фақатгина нефт қисмини ажратиб олишга эътибор беришган. Ёнувчи сланецдан олинадиган кулларни цемент ишлаб чиқариш, чинни буюмлари, уранни ажратиб олиш ва бошқа қўшимчалар сифатида қўлланилишини кўриб чиқишган ва ишлатишган.

Эришилган ютуқларга қарамай бугунги кунда ёнувчи сланецлардан қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш ва қайта ишлаш йўналишларида илмий ҳамда амалий муаммолар мавжудлиги ушбу диссертация иши долзарблигини белгилайди.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти «Минерал ресурслар институти» давлат муассасаси илмий-тадқиқот режасининг 1155-15-сон «Актау конидан ёнувчи сланецнинг геологик намуналарини қисқартирилган лаборатория тадқиқотларини ўтказиш» (2015-2017 йй.), 1400-20-сон «Сангрунтау кони

ёнувчи сланецини қайта ишлаш бўйича тадқиқотлар» (2020 й.) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец маъдани кулидан қимматбаҳо компонентларни комплекс равишда ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

турли кимёвий таҳлиллар (силикатли, тўлиқ кимёвий, масс-спектрометрик (ICP-MS)) ва бошқалар ёрдамида Актау, Сангрунтау ва Бойсун конларининг ёнувчи сланец кулларининг кимёвий, моддий, минералогик таркибларини аниқлаш;

ёнувчи сланец кулини анъанавий бойитиш усуллари (гравитация, флотация) мувофиқлигини аниқлаш;

ёнувчи сланец маъдани кулини қайта ишлашда гидрометаллургик тадқиқотлар ўтказиш;

Бойсун конининг ёнувчи сланец маъданида биотехнологик тадқиқотлар ўтказиш;

ёнувчи сланец маъдани кулидан қимматбаҳо компонентларни комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Актау, Сангрунтау ва Бойсун конларининг ёнувчи сланец маъданлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети ёнувчи сланец маъдани кулининг кимёвий ва моддий таркибини аниқлаш, рангли ва ноёб металлларни, шунингдек камёб ер элементларининг комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида тадқиқотнинг лаборатория ва ишлаб чиқариш шароитларида назарий, хронометражли ва тажрибавий тадқиқотлари, тизимли таҳлил ва синтез усуллари, математик моделлаштириш, тадқиқот натижаларини математик статистика ва корреляцион таҳлил қилиш каби усуллардан фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

янги технологик схема ёнувчи сланец маъдани кулини олишда иссиқлик билан ишлов бериш (пиролиз) жараёнига хлорид натрийнинг қўшилиши оптимал режими ишлаб чиқилган;

илк бор ёнувчи сланецини иссиқлик билан ишлов бериш (пиролиз) жараёнига хлорид натрийнинг қўшилиши билан ёнувчи сланец кулидан сульфат кислотаси ёрдамида рангли, нодир металлларни ва камёб ер элементларини (КЕЭ) ажратиб олиниши кўпайиши аниқланган;

сульфат кислотасидан фойдаланган ҳолда гидрометаллургик жараёнларнинг оптимал параметрлари (эритмага ўтказиш, сорбция) аниқланган;

ёнувчи сланец маъдани кулини комплекс қайта ишлаш янги технологияси ишлаб чиқилган ҳамда қимматбаҳо металлларни ва КЕЭ нинг ажратиб олиниши аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конларининг ёнувчи сланец кулини қайта ишлаш параметрларини аниқлаш услуги ишлаб чиқилган;

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец маъданини комплекс қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги тажриба натижаларининг қониқарли мослашиши ва қимматбаҳо компонентларни ёнувчи сланец кулидан ажратиб олиш бўйича илмий-тадқиқот ишларининг асосий ғоясини тасдиқлаган ҳолда кенгайтирилган тажрибалар ва тажриба-саноат синовлари асосида замонавий тадқиқот усуллари, шунингдек лаборатория ва тажриба синовларининг ижобий далолатномалари олинган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ёнувчи сланец маъданининг пиролиз жараёнига хлорид натрий қўшилиши билан асосланади. Бу эса ўрганилаётган конларнинг ёнувчи сланецларидан сульфат кислотаси билан эритиш жараёнида рангли, ноёб металллар ва КЕЭ ни ажратиб олинишини кўпайишига ёрдам бериши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец маъданини комплекс равишда қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган бўлиб, бу сульфат кислотаси билан эритишда рангли, ноёб металллар ва КЕЭ ажратиб олиш даражасини юқорилиги билан тавсифланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ёнувчи сланец маъданлари кулини комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

яратилган ёнувчи сланец маъданлари кулидан қимматбаҳо таркибий қисмларни умумий ажратиб олиш технологияси «Epsilon development company» МЧЖ ХКнинг амалиётига жорий этилган («Epsilon development company» МЧЖ ХКнинг 2020 йил 29 октябрдаги 12/1НА-2108-сон маълумотномаси). Натижада, яратилган технология Сангрунтау кони ёнувчи сланецини қайта ишлашда ДТИА лойиҳасининг иқтисодий кўрсаткичларини ошириш имконини берган;

мураккаб таркибли ёнувчи сланец маъданига натрий хлор қўшиб иссиқлик билан ишлов бериш (пиролиз) жараёнидан кейин қолдиқ кулига кейинчалик сульфат кислотали қайта ишлаш технологияси «Epsilon development company» МЧЖ ХКда амалиётга жорий этилган («Epsilon development company» МЧЖ ХКнинг 2020 йил 29 октябрдаги 12/1НА-2108-сон маълумотномаси). Натижада, Сангрунтау кони ёнувчи сланец маъданидан нефт қисмини, қимматли таркибий қисмларини ажратиб олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг натижалари 1 та республика ва 3 та халқаро илмий-амалий анжуманларда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 8 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон

Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 4 та, жумладан Республика нашрларида 1 та ва хорижий журналларда 3 та мақола нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 116 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги асосланган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси баён этилган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети аниқланган, тадқиқот ишининг фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларига мослиги кўрсатилган ҳамда тадқиқотнинг илмий янгилиги, натижаларнинг ишончлилиги, назарий ва амалий аҳамияти, натижаларнинг амалиётга жорий этилиши, эълон қилинганлиги, ишнинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

«Жаҳондаги сланец саноати ривожланишини таҳлил қилиш ва сланецни комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган биринчи боби, ёнувчи сланецнинг жаҳон хомашё базаси ҳолати, уларни қайта ишлаш технологиялари, шунингдек ушбу хомашё маҳсулотларидан фойдаланиш тенденциялари тўғрисида маълумотларни тақдим этади.

Ёнувчи сланецни жаҳон миқёсида қайта ишлаш учун ишлатилган ва тавсия этилган технологиялар, хусусан, Галотер, Энфинит-280, Кивитер, Фушун, Петросикс, Параҳо, Юнион, Тоссо-2, Шеврон СТБ, Сюзериор оил, Лурги-Лургас ва Алберта-Тасиук жараёнлари тасвирланган.

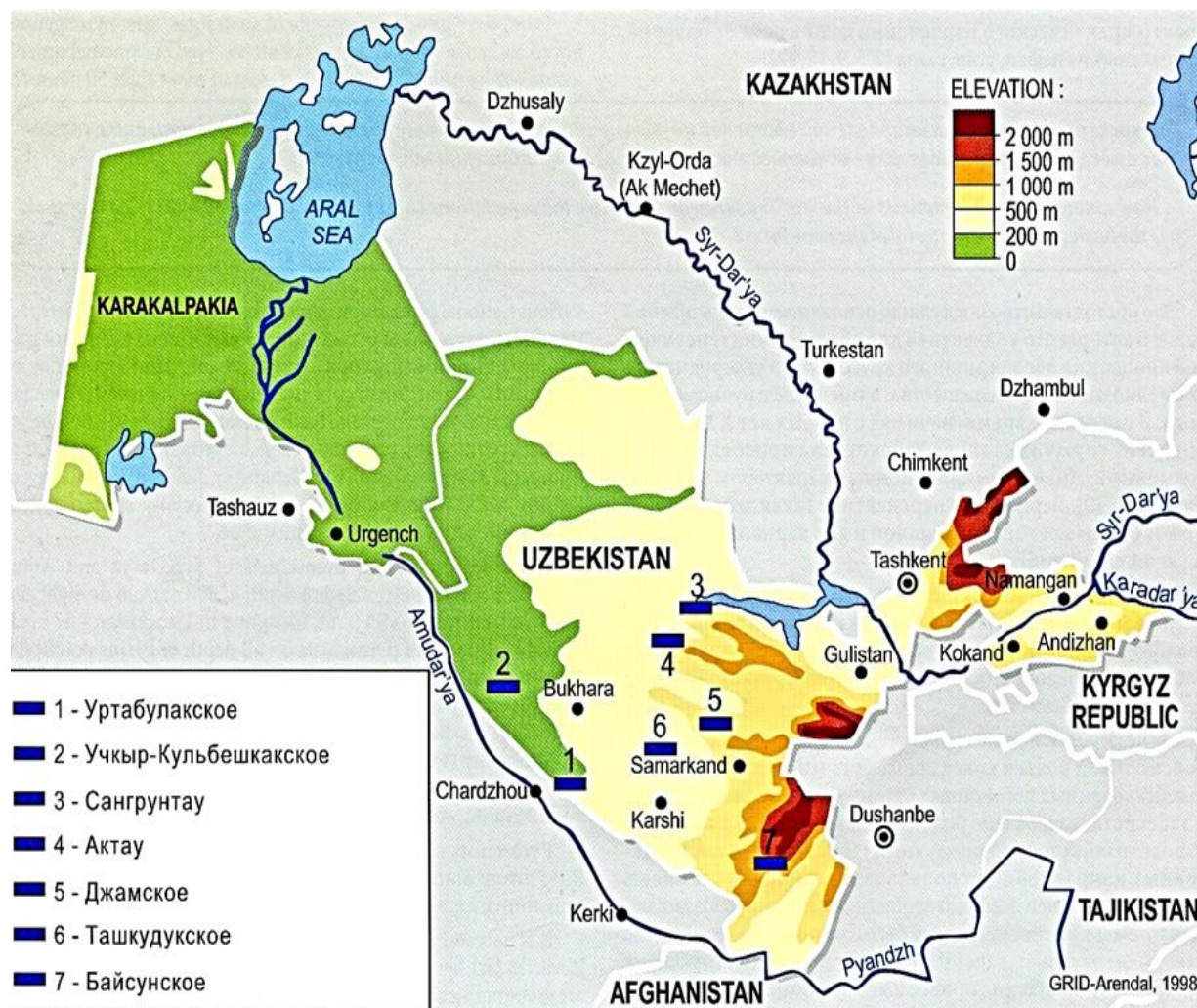
Кейинги чиқиндиларни ишлатиш билан қимматбаҳо металлларни ажратиб олиш мақсадида ёнувчи сланец кулини қайта ишлаш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари тақдим этилган, яъни чиқиндисиз ишлаб чиқаришни ривожлантириш назарда тутилган.

Шундай қилиб, мураккаб таркибли ёнувчи сланец кулини қайта ишлашнинг ҳозирги аҳволи шуни кўрсатадики, мураккаб таркибли ёнувчи сланец кулидан қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш фан ва техниканинг долзарб вазифаси бўлиб ҳисобланади.

«Тадқиқот объектларини асослаш, ёнувчи сланец маъдани кулидан қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича тажрибалар ўтказиш услуби» деб номланган иккинчи бобда тадқиқот объекти ўрганилган, бунда Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец маъдани 1-расмда тавсиф этилган.

Ўрганилаётган конларнинг маъданлари ва кулларининг минералогик, кимёвий ва моддий таркибини аниқлаш учун, қуйидагилар қўлланилди:

минералогик, тўлиқ кимёвий, силикатли ва масс-спектрометриқ ICP-MS таҳлиллари шулар жумласидандир.



1-расм. Ўзбекистоннинг металга бой ёнувчи сланец конлари ва намоёндалари

Ёнувчи сланец кулини олиш учун иссиқлик билан ишлов бериш (пиролиз), оксидлаш, намлик ва кул таркибини аниқлашнинг кимёвий усуллари ишлатилган. 100 г оғирликдаги намунада термик парчаланиш дастлабки лаборатория аппарати «Реторт Фишер» да амалга оширилди. Ёнувчи сланец кулини бойитиш учун гравитация ва флотация жараёнидан фойдаланилди. Гравитация 30КС маркасидаги лаборатория концентрацион столида куйидаги режимда олиб борилди: тебраниш частотаси - дақиқасига 110 марта; тебраниш амплитудаси - 11 мм; пастки қисмнинг кўндаланг қиялиги - 20 мм/м; ювувчи сув сарфи - 4,45 л/мм.

Гидрометаллургияк тадқиқотлар сульфат кислотаси ёрдамида олиб борилди. Биотехнологияк тадқиқотлар уюмли эритма билан амалга оширилди. Тадқиқот объекти -10+0 мм ўлчамдаги майдаланган технологияк намунадир.

Сульфат кислотаси самарали эритмаларидан уран, ванадий, молибден, рух ва КЕЭ ажратиб олиш учун «Purolite» компанияси ионалмашинувчи катронлардан фойдаланилди.

«Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец маъдани кулидан қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш технологик параметрларини аниқлаш ва тадқиқ қилиш усулларини аниқлаш» номли учинчи бобда Актау, Сангрунтау ва Бойсун конларининг ёнувчи сланец маъданлари ўрганилиб, ўрганишлар натижасида ёнувчи сланец маъданлари кулини комплекс қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилди.

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини кимёвий, моддий ва минералогик таркибини аниқлаш турли кимёвий усулларда бажарилди.

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конларининг ёнувчи сланец маъданларида ва кулида, тўлиқ кимёвий ва масс-спектрометрик таҳлиллар қилинди. Натижалар 1 ва 2 жадвалларда келтирилган.

1-жадвал

Ёнувчи сланец кулининг тўлиқ кимёвий таҳлил натижалари

Компонентлар	Актау	Сангрунтау	Бойсун
	Микдори, %		
SiO ₂	62,98	49,9	41,2
Fe ₂ O ₃ общ.	5,64	4,64	4,49
TiO ₂	0,62	0,54	0,46
MnO	0,08	0,04	0,02
Al ₂ O ₃	14,9	11,25	10,19
CaO	7,76	2,76	4,63
MgO	3,02	1,88	2,82
Na ₂ O	0,97	0,71	0,52
K ₂ O	1,42	1,6	1,62
P ₂ O ₅	1,00	0,65	0,53
S _{сульф.}	0,83	0,9	1,2
S _{жам}	1,62	1,83	2,38
КЖИ	23,47	23,72	30,37
Сумма	101,86	100,62	100,43
CO ₂	0,35	1,76	1,92
H ₂ O гигроск.	0,44	6,0	3,4

Жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики (1-жадвал), Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец куллари таркибининг асосий таркиби, %: S_{сульфид} 0,83; 0,9 ва 1,2; SiO₂ 62,98; 49,9 ва 41,2; Al₂O₃ 14,9; 11,25 ва 10,19 ва бошқалар.

Жадвалдаги маълумотларга асосланиб (2-жадвал) Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец қимматбаҳо компонентларнинг таркиби солиштирилганда ёнувчи сланец кулининг таркибидаги компонентларнинг сезиларли даражада ошиши кузатилади. Бунда, г/т: ванадий 880-915; 860-895 ва 1600-1750; молибден 360-397; 270-330 ва 1100-1240; КЕЭ 131,9-203,2; 167,3-213,11 ва 150,04-176,0, шунингдек рух 130-149; 160-168,4 ва 190-205.

Ўрганилаётган конларнинг ёнувчи сланец маъдани ва кулининг элементлар таркиби (г/т)

№	Элементлар	Актау		Сангрунтау		Бойсун	
		Маъдан	Кул	Маъдан	Кул	Маъдан	Кул
1	Li	23,0	26,4	29,0	31,9	29	30,1
2	Be	1,4	1,89	2,2	2,6	1,7	1,9
3	Na	7 800	12 800	5 500	9 650	1900	3450
4	Mg	17 000	14 800	16 000	15 200	9200	8600
5	Al	63 000	66 600	69 000	71 500	39000	37800
6	K	13 000	15 400	16 000	18 600	10000	12400
7	Ca	66000	47 600	31 000	26 530	66000	54900
8	Sc	12,0	11,6	15,0	13,5	8,4	7,5
9	V	880,0	915,0	860,0	895,0	1600	1750
10	Cr	95,0	178,0	150,0	174,0	120	138
11	Mn	610,0	528,0	230,0	200,0	600	545
12	Fe	33000	35 200	42 000	44 800	37000	39400
13	Co	13,0	13,2	15,0	15,4	26	26,7
14	Ni	220,0	131,0	190,0	155,0	500	426
15	Cu	77,0	79,8	100,0	104,2	180	189
16	Zn	130	149	160,0	168,4	190	205
17	As	7,3	0,2	16,0	0,3	9,9	0,4
18	Se	8,7	9,3	15,0	16,8	10	12,1
19	Sr	320,0	361,0	300,0	330,5	860	890
20	Y	26,0	31,1	37,0	41,2	38	44,2
21	Nb	7,3	7,18	9,3	8,6	4,9	4,2
22	Mo	360,0	397,0	270,0	330,0	1100	1240
23	Cd	21,0	5,94	32,0	14,6	25	16,8
24	Sn	2,5	0,88	2,6	1,3	2,7	1,6
25	Sb	7,2	0,8	5,5	2,3	22	11
26	Te	0,36	0,18	1,6	1,1	0,66	0,42
27	Ba	860,0	831,0	420,0	326,0	780	640
28	La	21,0	34,9	28,0	35,1	28	32,1
29	Ce	32,0	56,9	36,0	44,6	34	36
30	Pr	3,7	9,4	4,6	8,8	2,9	6,7
31	Nd	16,0	33,6	20,0	38,5	16	22
32	Sm	4,7	4,6	6,0	6,2	4,9	5,1
33	Eu	1,6	1,27	1,7	0,9	1,5	1,1
34	Gd	3,4	6,29	4,1	7,25	3,7	6,58
35	Tb	0,68	0,784	0,79	0,84	0,71	0,82
36	Dy	3,6	5,07	4,9	6,3	3,8	5,2
37	Ho	0,89	1,4	1,2	1,8	1,1	1,5
38	Er	2,6	2,49	3,0	3,1	2,8	3,0
39	Tm	0,4	0,341	0,65	0,52	0,55	0,41
40	Yb	3,1	3,16	3,9	4,0	3,3	3,4
41	Lu	0,27	0,291	0,46	0,50	0,38	0,39
42	ΣКЕЭ	131,9	203,2	167,3	213,11	150,04	176,0
43	W	1,5	3,05	0,67	1,85	1,5	2,3
44	Tl	12,0	33,1	2,3	6,4	1,1	2,4

45	Pb	14,0	11,0	16,0	14,3	22	18
46	Th	8,6	4,5	9,7	5,4	6,3	4,5
47	U	54,0	52,0	33,0	30,0	100	88

Ўрганилаётган ёнувчи сланец маъданлари таркибидаги намлик ва кул миқдори ҳар хил ўлчамдаги синфларда аниқланди. Ўрганилаётган конларнинг намуналари намлиги, %: 5,12 дан 5,71 гача, кул миқдори, %: 70,68 дан 78,85 гача.

Ёнувчи сланец кулини анъанавий бойитиш усуллари (гравитация, флотация) мувофиқлигини аниқлаш 3 ва 4-жадвалларда келтирилган.

3-жадвал

Ёнувчи сланец кулини гравитация усули билан бойитиш натижалари

Бойитиш маҳсулотлари	Маҳсулотлар чиқиши, %	Миқдори, %				Ажралиши, %			
		Mo	U	Zn	V	Mo	U	Zn	V
Актау									
Бойитма	4,8	0,061	0,74	0,058	0,049	3,46	1,91	3,66	5,22
Оралик маҳсулот	42,9	0,060	1,71	0,057	0,057	30,21	39,33	31,99	57,47
Чиқинди	52,3	0,108	2,10	0,094	0,03	66,33	58,76	64,35	37,01
Дастлабки маъдан	100	0,085	1,87	0,08	0,04	100	100	100	100
Сангрунтау									
Бойитма	2,5	0,05	1,04	0,101	0,067	1,25	1,30	4,24	5,13
Оралик маҳсулот	30,2	0,09	1,75	0,056	0,041	24,08	26,07	28,22	37,79
Чиқинди	67,3	0,12	2,18	0,06	0,028	74,67	72,63	67,53	57,08
Дастлабки маъдан	100	0,11	2,02	0,06	0,03	100	100	100	100
Бойсун									
Бойитма	5,5	0,059	0,89	0,06	0,056	3,20	2,82	4,42	5,51
Оралик маҳсулот	40,1	0,062	1,56	0,059	0,052	24,47	35,92	31,60	37,20
Чиқинди	54,4	0,135	1,96	0,088	0,059	72,33	61,26	63,98	57,29
Дастлабки маъдан	100	0,102	1,74	0,07	0,06	100	100	100	100

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини гравитация бойитиш усулидан фойдаланилди ва концентрат олинди. Натижалар 3-жадвалда келтирилган, концентратдаги қимматбаҳо металлларнинг ажралиши қуйидагича, %: молибден 3,46; 1,25 ва 3,20; уран 1,91; 1,30 ва 2,82; ванадий 5,52; 5,13 ва 5,51 ва рух 3,66; 4,24 ва 4,42, маҳсулот бўйича, %: 4,8; 2,5 ва 5,5.

4-жадвал

Ёнувчи сланец кулини флотацион бойитиш натижалари

Бойитиш маҳсулотлари	Маҳсулотлар чиқиши, %	Миқдори, %				Ажралиши, %			
		Mo	U	Zn	V	Mo	U	Zn	V
Актау									
Бойитма	3,74	975	5,13	330	1 340	6,41	3,31	4,51	4,77
Чиқинди	96,26	553	4,22	375	1 040	93,59	96,69	95,49	95,23
Дастлабки маъдан	100	568,78	4,25	373,32	1 051	100	100	100	100
Сангрунтау									
Бойитма	4,38	873	5,7	451	1 180	8,74	5,9	4,75	5,49

Чиқинди	95,62	418	4,17	415	932	91,26	94,1	95,25	94,51
Дастлабки маъдан	100	437,95	4,24	416,58	942,87	100	100	100	100
Бойсун									
Бойитма	5,45	903	7,2	389	1 100	9,39	5,67	5,18	6,03
Чиқинди	94,55	502	6,9	410	988	90,61	94,33	94,82	93,97
Дастлабки маъдан	100	523,85	6,92	408,86	994,1	100	100	100	100

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини флотацион бойитиш усулида олинган натижалар 4-жадвалда келтирилган. Бунда фойдали компонентлар куйидагиларни кўрсатади, %: молибден 6,41; 8,74 ва 9,39; уран 3,31; 5,90 ва 5,67; ванадий 4,77; 5,49 ва 6,03, шунингдек рух 4,51; 4,75 ва 5,18, маҳсулот бўйича, %: 3,74; 4,38 ва 5,45.

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини гравитация ва флотация бойитиш усуллари ўрганиш натижаларига кўра, бойитиш мақсадга мувофиқ эмас, тақдирлаб ўтиш керакки фойдали компонентларни максимал ажралиш кўрсаткичлари 10% дан юқори эмас.

Гидрометаллургик сульфат кислотасидан фойдаланган холда оптимал параметрлар аниқланди. Бунда: иссиқлик билан ишлов бериш жараёнига 10% ли хлорид натрий кўшиш, -10+0 мм ўлчамдаги кул, С:Қ=1:3, хона ҳароратида, 130 г/л сульфат кислотаси. Шу билан бирга параллел равишда ёнувчи сланецга хлорид натрий кўшилмасдан назорат тариқасида тадқиқотлар амалга оширилди. Тадқиқот натижалари 5-жадвалда келтирилган.

5-жадвал

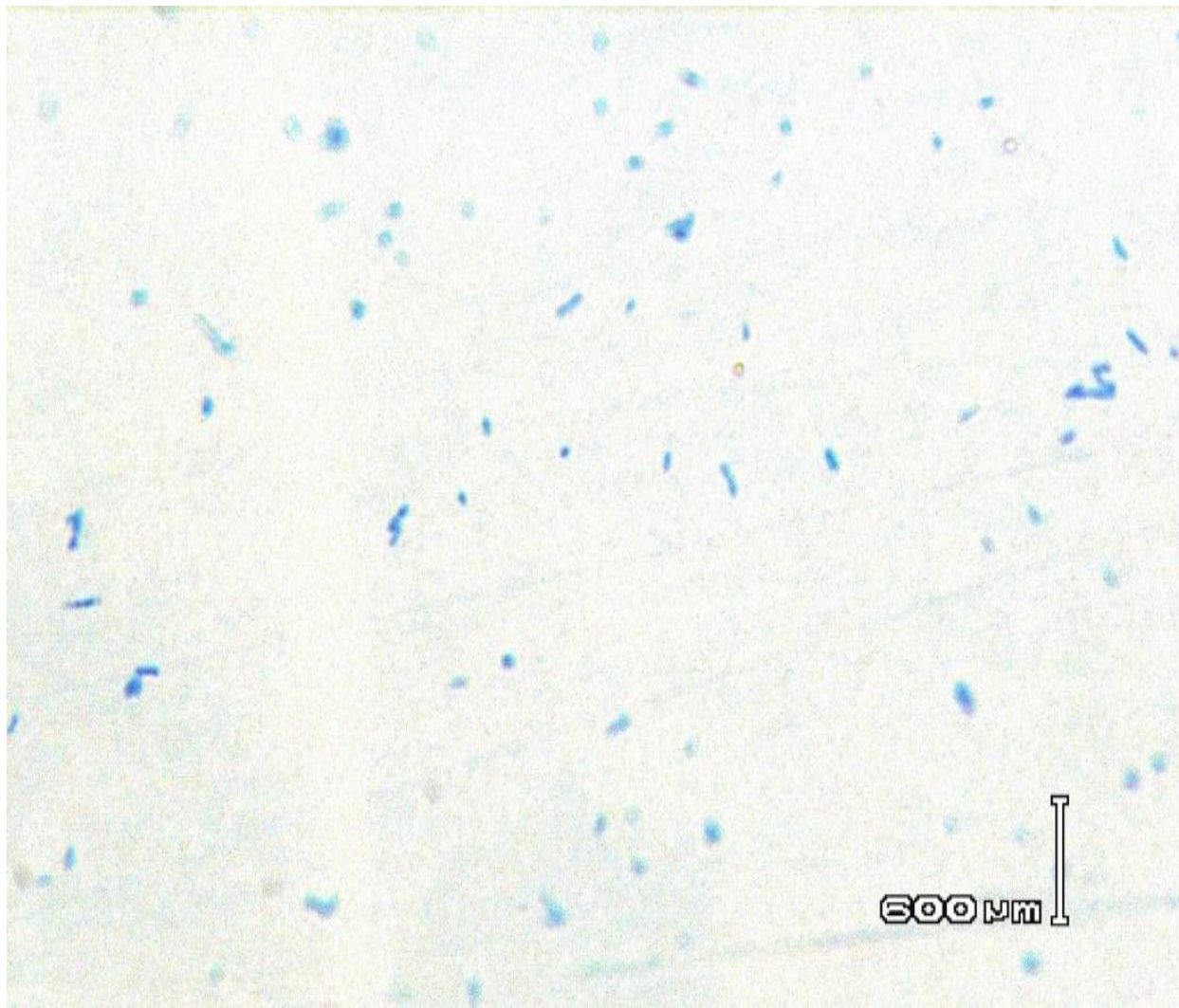
Ёнувчи сланец кулини агитацион эритиш натижалари

Хлорид натрийнинг концентрацияси, %	Суюқликдаги металлларнинг концентрацияси, мг/л					Ажралиши, %				
	U	Mo	V	Zn	КЕЭ	U	Mo	V	Zn	КЕЭ
Актау										
	2,9	10,5	12,4	3,1	2,2	55,2	41,7	19,1	45,2	18,6
10	4,1	17,6	54,2	5,4	3,6	68,4	87,5	70,2	61,8	46,8
Сангрунтау										
	2,2	11,3	10,9	2,7	1,7	51,4	39,6	18,7	43,5	16,5
10	3,9	18,7	51,3	4,2	3,9	66,4	78,2	69,0	63,4	45,9
Бойсун										
	2,4	12,4	12,4	2,9	1,9	52,4	40,1	19,2	44,1	15,4
10	4,1	19,8	49,8	3,9	4,1	69,2	75,8	68,5	64,9	44,5

Агитацион эритиш натижаларидан кўриниб турибдики, Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини сульфат кислотаси ёрдамида қимматбаҳо компонентларни эритмага ажралиши маъданга 10% ли натрий хлорид кўшилишини инобатга олади ва куйидаги таркибни кўрсатади, %: молибден 87,5; 78,2 ва 75,8; уран 68,4; 66,4 ва 69,2; ванадий 70,2; 69,0 ва 68,5; рух 61,8; 63,4 ва 64,9, шунингдек КЕЭ 46,8; 45,9 ва 44,5.

Иссиқлик билан ишлов бериш жараёнида натрий хлорид қўшилмаса, юқорида айтиб ўтилган қимматбаҳо компонентларни ажралиши бир неча баробарга кам бўлади.

Бойсун кони ёнувчи сланецини қайта ишлашда биотехнологик эритмага яроқлилиги аниқланди.



2-расм. Бойсун кони 4 намунаси ёнувчи сланец маъданидан 9К муҳитида ажратиб олинган оксидланган АА5Б лари келтирилган. 1x100 катталаштирилган ранги кўк. Хужайра хажми 0,4-0,6x1,4-1,6 мкм

Уюмли биоэритиш 1000 гр. массали маъданда биореакторда олиб борилди. Оксидланган маъдан 5 намунасидан темир-олтингугурт-оксидловчи бактерияларнинг атсидофил ассотсиатсияси ажратиб олинди. Кейинчалик у 4 намунадаги оксидланмаган ёнувчи сланецли маъданга мослаштирилди. Иккинчи босқичда темир-олтингугурт оксидловчи бактерияларнинг ажратилган атсидофил ассотсиатсияси ёрдамида биологик тозалашлар олиб борилди бунда рН 2,0-2,5 ни ташкил этди. Иккала намунадаги маъданларни кислоталаштириш бир ой давомида амалга оширилди ва чиқиндидаги

эритмаларнинг рН қиймати 2,0-2,5 гача пасайганда бактериялар (2-расм) биомассаси кўшилди ва оксидланиш режимига биноан биологик оксидлаш давом эттирилди. Сўнгра маъдан ҳафтасига 2 марта суғорилди, оксидланиш фаоллиги аниқланди. Самарали эритмалардаги темирнинг концентрацияси аниқланди.

5 ойдан сўнг самарали эритмаларда масс-спектрометрик ICP-MS таҳлиллари ўтказилди. Уларнинг натижалари 6-жадвалда келтирилган.

Шундай қилиб, рангли ва ноёб металлларни ўз ичига олган самарали эритмаларни олиш учун бактериал-кимёвий эритма олинди. Улар «Purolite» компаниясининг ионалмашинувчи қатронлари ёрдамида эритмалардан ажратиб олинди.

6-жадвал

Бойсун кони ёнувчи сланец маъданининг иккита технологик намунасида қимматбаҳо элементларни ажратиб олиш натижалари

№	Элементлар номи	Металларни дастлабки маъдандаги таркиби, г/т		Суюқликдаги концентрация, мг/л		Суюқликка умумий ажралиши, %	
		Намуна 4	Намуна 5	Намуна 4	Намуна 5	Намуна 4	Намуна 5
1	Молибден	1150	1065	5,9	5,5	72,1	65,4
2	Уран	105	101	2,8	2,9	68,7	65,2
3	Ванадий	1750	1680	54,1	48,7	48,5	47,8
4	Рух	180	178	3,5	3,1	58,9	61,2

Ёнувчи сланецни биоэритишнинг самарали эритмаларидан металлларни ажратиб олиш учун «Purolite» компаниясининг қуйидаги ионалмашинувчи қатронлари ишлатилган, %: молибден учун А-100-Мо ажралиши 78,1-59,4; уран учун А-560 ажралиши 70,7-55,2; ванадий учун - А-109 ажралиши 68,5-48,8; рух учун - С-930 ажралиши 68,1-50,2. Олинган натижалар шуни кўрсатадики, сульфидли намунадан 4 оксидланган намунага қараганда қимматбаҳо металлларнинг ажралиши юқори.

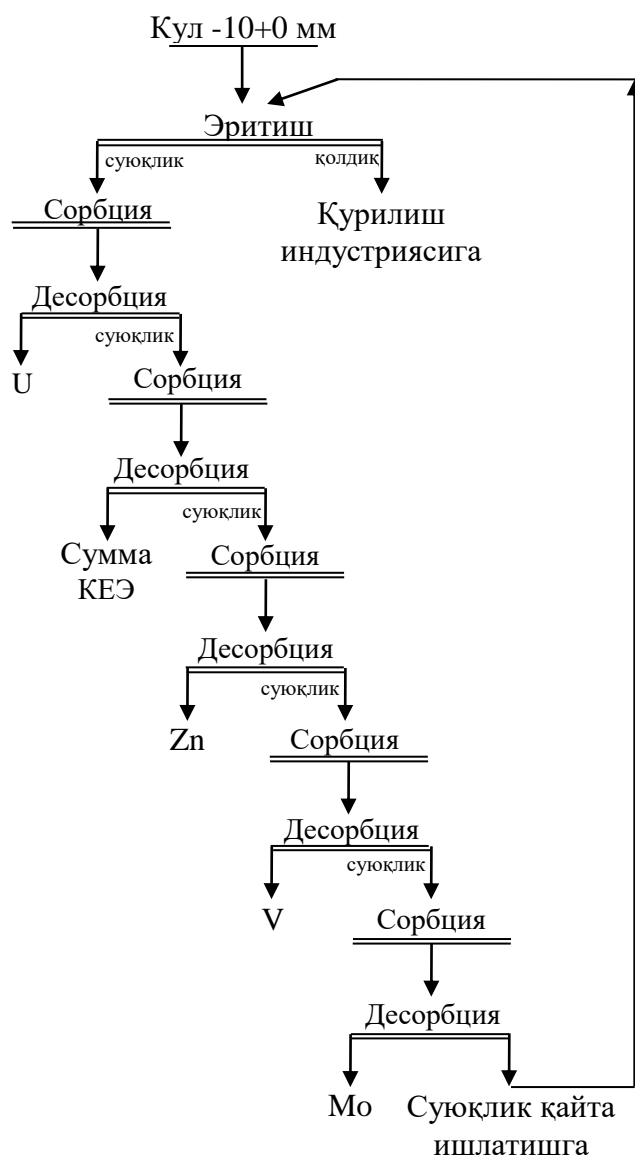
«Ёнувчи сланец маъданлари кулидан қимматбаҳо компонентларни комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш» номли тўртинчи бобда технологик схема ишлаб чиқилди.

Ўтказилган тадқиқотлар асосида мураккаб таркибли ёнувчи сланец кулини қайта ишлашнинг асосий (умумий) технологик схемаси ишлаб чиқилди.

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец маъдани кулини қайта ишлаш бўйича тавсия этилган оптимал технологик схема қуйидагиларни ўз ичига олади: иссиқлик билан ишлов бериш жараёнига 10% ли натрий хлорид қўшилиши (пиролиз), кулнинг йириклиги (-10+0 мм),

давомийлиги 60 мин, $C:K=1:3$, хона ҳарорати, сульфат кислотаси 130 г/л ни ташкил қилади.

Сорбция жараёнида «Purolite» компаниясининг ионалмашинувчи катронларидан фойдаланилади. Технологик схема 3-расмда келтирилган.



3-расм. Ёнувчи сланец кулини қайта ишлашга тавсия этилган технологик схема

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини мақбул параметрлар бўйича эритиш натижалари 7-жадвалда келтирилган.

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини сульфат кислотаси билан эритиб қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш натижаларидан кўриниб турибдики эритмага куйидаги компонентлар ўтмоқда, %: молибден 95,4; 88,1 ва 90,2; уран 60,3; 64,9 ва 62,7; ванадий 84,3; 85,6 ва 81,8; рух 69,6; 71,1 ва 70,2, шунингдек КЕЭ 66,2; 49,2 ва 54,7.

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини эритиб бўлгандан кейин олинган эритма таркибидаги қимматбаҳо компонентларни

танлаб ажратишда (молибден, уран, ванадий, рух ва КЕЭ) қуйидаги «Purolite» компаниясининг ионалмашинувчи қатронлари ёрдамида амалга оширилди. Бунда: молибден учун А100Мо; уран учун А560; ванадий учун МТС9500; рух учун С984; КЕЭ учун МТС1600.

7-жадвал

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини оптимал режимда эритиш натижалари

Кислота	Суюқликда металлларнинг концентрацияси, г/л					Суюқликка ажралиши, %				
	U	V	Mo	Zn	РЗЭ	U	V	Mo	Zn	РЗЭ
H ₂ SO ₄ - 130г/л	Актау									
	22,4	50	5,2	7,0	2,1	60,3	84,3	95,4	69,6	66,2
	Сангрунтау									
	24,2	60	5,4	7,5	2,4	64,9	85,6	88,1	71,1	49,2
	Бойсун									
	26,1	88	6,2	7,9	2,2	62,7	81,8	90,2	70,2	54,7

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини эритиб, эритмасидан сорбция ўтказилди. Сорбция жараёни қуйидаги шароитларда амалга оширилди: қатрон ва эритманинг нисбати - 1:100, сорбция вақти – 240 дақиқа, хона ҳарорати, ҳаво аралашмасини қўллаш; ишқорлаш аммиак билан рН=2,0-4,0 оралиғида ўтказилди. Натижалар 8-жадвалда келтирилган.

8-жадвал

Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини эритиб, эритмасидан ионалмашинувчи қатронларга ажратиб олиш натижалари

Қимматбаҳо компонентларнинг ва ионалмашинувчи қатронларнинг номи	Суюқликда металлларнинг сорбциядан кейинги таркиби, мг/л			Ионалмашинувчи қатронларга ажралиши, %		
	Актау	Сангрунтау	Бойсун	Актау	Сангрунтау	Бойсун
U - А560	1,72	1,66	2,4	92,3	93,1	90,8
РЗЭ - МТС1600	0,66	0,8	0,65	68,2	66,5	70,2
Zn - С984	0,8	0,83	0,78	88,5	88,9	90,1
V - МТС9500	10,6	13,9	18,3	78,8	76,9	79,2
Mo - А100Мо	0,56	0,61	0,84	89,2	88,6	86,4

Жадвалдаги натижалар шуни кўрсатадики (8-жадвал), Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини эритиб олинган эритмаларидан қатронлар ёрдамида металлларни ажратиб олиниши қуйидагича, %: молибден 89,2; 88,6 ва 86,4; уран 92,3; 93,1 ва 90,8; ванадий 78,8; 76,9 ва 79,2; рух 88,5; 88,9 ва 90,1, шунингдек КЕЭ 68,2; 66,5 ва 70,2.

Шундай қилиб, тажриба ва ҳисоблаш натижалари шуни кўрсатадики, мураккаб таркибли ёнувчи сланец кулини қайта ишлашнинг ушбу технологик схемаси асосида қимматбаҳо компонентларни ажратиб олиш имконини беради.

3-расмда тавсия этилаётган мураккаб таркибли ёнувчи сланец кулини қайта ишлашнинг қимматбаҳо компонентларни ажратиб олишнинг технологик схемаси «МРИ» ДМ да яхлитлаштирилган-лабораторияли синовдан ўтган ва ишлаб чиқаришга жорий этиш учун тавсия этилган.

ХУЛОСА

«Ёнувчи сланец маъдани кулидан қимматбаҳо компонентларни комплекс ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қўйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Тўлиқ кимёвий таҳлиллар натижаларига кўра Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кули миқдорий таркибининг асосий қисмини кремний, алюминий, кальций ва магний оксидлари ташкил этади.

2. Ўтказилган масс-спектроскопик таҳлил (ICP-MS) маълумотларига кўра ўрганилган объектлар ёнувчи сланец кулининг асосий қимматбаҳо компонентлари ванадий, рух, уран, молибден ва камёб ер элементлари эканлиги аниқланди.

3. Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулининг гравитация ва флотация усулларининг яроқлилигини аниқлаш бўйича олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ушбу усуллардан фойдаланилганда контцентратга қимматбаҳо компонентларни ажралиши 10 % дан ошмайди.

4. Аниқландики, Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулини сульфат кислотаси ёрдамида гидрометаллургик тадқиқотлар турли хил усулларда ўрганилди ва қўйидаги режим аниқланди бунда: С:К=1:3; сульфат кислотаси 130 г/л; вақт – 60 дақиқа; майдаланиш синфи -10+0 мм ни ташкил қилади.

5. Бойсун кони ёнувчи сланец маъданининг иккита намунасини уюмда биоэритиш бўйича биотехнологик тадқиқотлар олиб борилди. Олинган натижалар Бойсун кони ёнувчи сланец маъданларини қайта ишлаш учун уюм биоэритиш технологиясининг яроқлилиги ва истиқболлиги имконини беради.

6. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида Актау, Сангрунтау ва Бойсун конлари ёнувчи сланец кулидан қимматбаҳо металлларни ажратиб олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилди. Олинган натижалар шуни кўрсатадики, молибден, уран, ванадий, рух ва КЕЭ ажралиши 65% дан юқори.

7. Таҳлил натижаларидан кўринадики, хлоридли натрий қўшилишида қимматбаҳо компонентларни сульфат эритмага ажралиши осонлашади ва қимматбаҳо ускуналарини талаб этмайди.

8. Ишлаб чиқилган технологик схема, ёнувчи сланецни қайта ишлаш иқтисодий самарадорлигини сезиларли даражада оширишни таъминлаб беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/30.12.2019.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ»**

АЛМАТОВ ИЛХОМЖОН МИРЗАБЕК УГЛИ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ
ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ЗОЛЫ РУД ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

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

Навои - 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2020.4.PhD/T1931.

Диссертация выполнена в государственном учреждении «Институт минеральных ресурсов». Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.ndki.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Сагдиева Муяссар Гайбуллаевна
доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: Мухиддинов Баходир Фахриддинович
доктор химических наук, профессор

Курбанов Шамшиддин Камолдинович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова

Защита диссертации состоится 16 апреля 2021 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.17/30.12.2019.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 №70). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 127. Здание ректората НГГИ, 1-й этаж. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-00-55.

Автореферат диссертации разослан 3 апреля 2021 года.
(реестр протокола рассылки №31 от 3 апреля 2021 года).

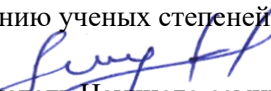




К.С. Санакулов
Председатель Научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор



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



И.Т. Мислибаев
Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время спрос на углеводородные источники энергии остаются крупнейшим сектором в мире, при этом нефть играет важную роль в составе углеводородных энергоносителей. В результате усиливается борьба за освоение и управление нефтяными месторождениями между ведущими странами мира. В мировой практике горючие сланцы рассматриваются в большинстве случаев, как энергетическое сырье. На многих предприятиях мира по переработке горючих сланцев сырье просто сжигается и, полученные в процессе газы, используются на месте для производства электроэнергии.

В мире ведутся научные исследования по разработке эффективных технологий по улучшению основных и попутных ценных компонентов за счет комплексного использования сырья, совершенствованию существующих схем переработки и разработке технологии переработки горючих сланцев для получения электроэнергии и химического сырья. В связи с этим необходимо выявлять пригодность традиционных методов обогащения золы месторождений горючих сланцев, проводить гидрометаллургические исследования при переработке золы горючих сланцев, определить пригодность биотехнологического выщелачивания в переработке горючих сланцев и разработать технологию комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев.

В Республике выполнен ряд научно-практических работ, направленных на получение сланцевой нефти, нефтепродуктов, продуктов металлургического сырья и химии, удобрений для сельского хозяйства и строительной индустрии. В Постановлении Президента Республики Узбекистан² определены важные задачи по «повышению промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработке местных источников сырья, ускорению производства готовой продукции и освоению технологий...». В связи с этим важно выполнять задачи по разработке технологии комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», УП-4124 от 17 января 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

² Постановление Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» // Сборник правовых документов Республики Узбекистан. – Т., 2017. – 103 с.

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

Степень изученности проблемы. Важной проблемой создания безотходной технологии являются её организационные принципы, где важную роль имеет разработка способов переработки и выбор оборудования. В этом аспекте имеется положительный опыт ряда горно-обогатительных предприятий, как в зарубежных странах, так и в странах СНГ.

Значительный вклад в развитие научных основ и переработки горючего сланца, а также переработке техногенных отходов (кеков) внесли такие зарубежные и отечественные ученые, как: Хачатурян В.Г., Стрижакова Ю.А., Писаренко М.В., Назаренко М.Ю., Кондрашева Н.К., Салтыкова С.Н., Meybaum H., Brendow K., Neil L., Chen S.B., Zhu Y.M., Qin Y., Wang H.Y., Nadi N.A., Лузановский А.Г., Юсупходжаев А.М., Исоков М.У., Санакулов К.С., Раимжанов Б.Р., Гуро В.П., Туресебеков А.Х., Сагдиева М.Г., Борминский С.И., Курбанов Ш.К., Хожиев А. и др. Ими достигнуты значительные успехи в разработке технологии переработки горючих сланцев, разработке методов исследования переработки с целью выделения нефтяной части и ценных металлов из золы горючих сланцев.

Анализ литературных данных показывает, что исследователи и ученые горнодобывающих стран мира основное внимание уделяли горючим сланцам для выделения нефтяной части и газов. Зола горючих сланцев была рассмотрена и использована в производстве цемента, фарфора, извлечения урана и других добавок.

Вместе с тем, существуют проблемы, имеющие важное значение для науки и практики переработки горючих сланцев с извлечением ценных компонентов из золы горючих сланцев. Настоящая диссертационная работа посвящена разработке технологии комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ ГУ «Институт минеральных ресурсов» на темы: №1155-15 «Сокращенные лабораторные исследования геологических проб горючих сланцев месторождения Актау» (2015-2017 гг.), №1400-20 «Исследования по переработке горючих сланцев месторождения Сангрунтау» (2020 г.).

Целью исследования является разработка технологии комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун.

Задачи исследования:

определение химического, вещественного и минералогического составов

золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун с использованием различных химических анализов (силикатный, полный химический, масс-спектрометрический (ICP-MS) и др.;

выявление пригодности традиционных методов обогащения (гравитация, флотация) золы месторождений горючих сланцев;

проведение гидromеталлургических исследований в переработке золы горючих сланцев;

определение пригодности биотехнологического выщелачивания в переработке горючих сланцев месторождения Байсун;

разработка технологии комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев.

Объектом исследования являются горючие сланцы месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун.

Предмет исследования – определение химического и вещественного состава золы горючих сланцев, разработка технологической схемы переработки золы исследуемых руд с последующей разработкой технологии комплексного извлечения цветных, редких металлов, а также редкоземельных элементов (РЗЭ).

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы использованы теоретические, хронометражные и экспериментальные исследования в лабораторных и промышленных условиях, методы системного анализа и синтеза, математическое моделирование, методы математической статистики и корреляционного анализа результатов исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

по новой разработанной технологической схеме создан оптимальный параметр добавления натрия хлора в процесс термической обработки (пиролиз) для получения золы горючих сланцевых руд;

впервые было установлено, что добавление хлорид натрия при термической обработке горючих сланцев (пиролиз) увеличивает извлечение цветных и редких металлов, а также РЗЭ из золы в процессе сернокислотного выщелачивания;

установлены оптимальные параметры гидromеталлургических процессов (выщелачивание, сорбция) при использовании сернокислотного выщелачивания;

разработана принципиально новая технология комплексной переработки золы горючих сланцев и повышено извлечение ценных металлов и РЗЭ.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана методика определения параметров переработки золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун;

разработана технология комплексной переработки из золы руд горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун.

Достоверность результатов исследования обоснована значительными объемами проведенных лабораторных и опытно-полупромышленных

испытаний с удовлетворительной сходимостью результатами экспериментов и подтверждением основной идеи научно-исследовательской работы по извлечению ценных компонентов из золы горючих сланцев, а также положительными актами лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования определяется полученными теоретическими выводами по эффективности добавления хлористого натрия в процесс пиролиза руд горючих сланцев, которые подтверждены результатами лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаний, что способствует увеличению извлечения цветных, редких металлов и РЗЭ в процессе сернокислотного выщелачивания золы горючих сланцев исследуемых месторождений.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что для руд горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун разработана технология комплексной переработки, в которой характеризуются высокое извлечения цветных, редких металлов и РЗЭ при сернокислотном выщелачивании.

Внедрение результатов исследования. На основании научных результатов, полученных при разработке технологии комплексной переработки золы горючих сланцев:

разработанная технология комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев внедрена в компании ООО ИП «Epsilon development company» (справка компании ООО ИП «Epsilon development company» №12/1НА-2108 от 29 октября 2020 г.). В результате разработанной технологии позволила повысить экономические показатели ПТЭО проекта по переработке горючих сланцев месторождения Сангрунтау;

разработанная технология переработки золы горючих сланцев с использованием натрия хлора в процесс термической обработки (пиролиз) и последующей сернокислотной обработкой внедрена в компании ООО ИП «Epsilon development company» (справка ООО ИП «Epsilon development company» №12/1НА-2108 от 29 октября 2020 г.). В результате появилось возможность извлечения нефтяной части и ценных компонентов из горючих сланцев месторождения Сангрунтау.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования проведена на 1 республиканской и 3 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 8 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, опубликованы 4 статей, в том числе 1 из которых в республиканских и 3 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 116 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 **«Анализ развития мировой сланцевой промышленности, и разработка технологии комплексной переработки горючих сланцев»** исследован состояние мировой сырьевой базы горючих сланцев, технология их переработки, а также тенденции в использовании этого сырья.

Описаны используемые и рекомендованные технологии переработки горючих сланцев на мировом уровне, в частности процессы: Галотера, Энфинит-280, Кивитер, Фушунь, Петросикс, Парахо, Юнион, Тоско-2, Шеврон СТБ, Сьюпериор ойл, Лурги-Рургаз и Альберта-Тасиук.

Представлены научно-исследовательские работы по разработке технологий переработки золы горючих сланцев с целью извлечения ценных металлов с последующим использованием отходов, также развитие безотходного производства.

Таким образом, анализ современного состояния переработки сложного состава золы горючих сланцев показывает, что извлечение ценных компонентов из золы горючих сланцев является актуальной задачей науки и техники.

Во второй главе **«Обоснование объектов исследований, методика проведения экспериментов по разработке технологии извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев»** исследован объект исследования, в котором описаны руды горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун (рис. 1).

Для определения минералогического, химического и вещественного составов руд и золы исследуемых месторождений использовали минералогические, полный химический, силикатный, а также масс-спектрометрический ICP-MS анализы. Для получения золы горючих сланцев использовали методы термической обработки (пиролиз), окислительного обжига, химические методы определения влажности и зольности.

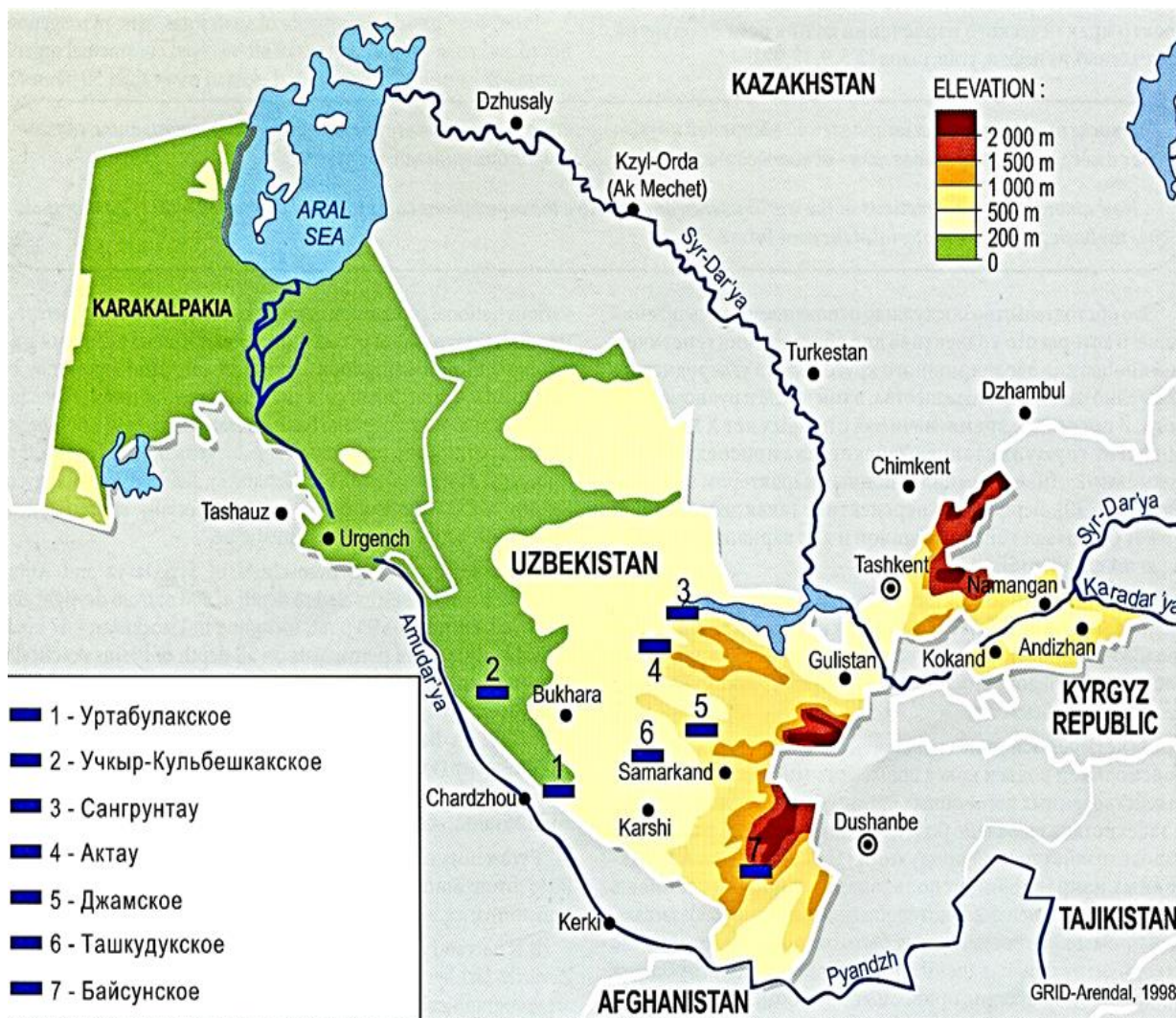


Рис. 1. Схема размещения основных месторождений и проявлений металлонесных горючих сланцев Узбекистана

Термическое разложение проводили на оригинальной лабораторной установке «Реторта Фишера», позволяющей за одну загрузку провести первую стадию термического разложения без доступа кислорода (пиролиз) на навеске массой 100 г. Для обогащения золы горючих сланцев применяли гравитационные и флотационные методы. Гравитацию проводили на лабораторном концентрационном столе марки 30КС при следующем режиме: частота качаний – 110 ходов в минуту; амплитуда качаний – 11 мм; поперечный наклон деки – 20 мм/м; расход смывной воды – 4,45 л/мм.

Гидрометаллургические исследования проводили на основе сернокислотного выщелачивания. Биотехнологические исследования проводили методом кучного выщелачивания. Объектом исследований явилась технологическая проба месторождения Байсун, измельченная до класса крупности -10+0 мм.

Для извлечения молибдена, урана, ванадия, цинка и суммы РЗЭ из продуктивных растворов сернокислотного выщелачивания использовали ионно-обменные смолы компании «Purolite».

В третьей главе «Исследование и определение технологических параметров извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун» исследованы руды горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун, на основе которых разработана технология комплексной переработки золы руд горючих сланцев.

Определение химического, вещественного и минералогического составов золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун проводилось различными химическими методами.

Результаты полного химического и масс-спектрометрического анализа ICP-MS золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты полного химического анализа золы горючих сланцев

Элементы	Актау	Сангрунтау	Байсун
	Содержание, %		
SiO ₂	62,98	49,9	41,2
Fe ₂ O ₃ общ.	5,64	4,64	4,49
TiO ₂	0,62	0,54	0,46
MnO	0,08	0,04	0,02
Al ₂ O ₃	14,9	11,25	10,19
CaO	7,76	2,76	4,63
MgO	3,02	1,88	2,82
Na ₂ O	0,97	0,71	0,52
K ₂ O	1,42	1,6	1,62
P ₂ O ₅	1,00	0,65	0,53
Сера сульф.	0,83	0,9	1,2
S _{общ}	1,62	1,83	2,38
ППП	23,47	23,72	30,37
Сумма	101,86	100,62	100,43
CO ₂	0,35	1,76	1,92
H ₂ O гигроск.	0,44	6,0	3,4

Как видно из данных табл.1, в золе горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун основное содержание представляет, %: сера сульфидная 0,83; 0,9 и 1,2; SiO₂ 62,98; 49,9 и 41,2; Al₂O₃ от 14,9; 11,25 и 10,19 и др.

Таблица 2

Содержание отдельных элементов (г/т) в исходных рудах и
в золах горючих сланцев

№	Элементы	Актау		Сангрунтау		Байсун	
		Руда	Зола	Руда	Зола	Руда	Зола
1.	Li	23,0	26,4	29,0	31,9	29	30,1
2.	Be	1,4	1,89	2,2	2,6	1,7	1,9
3.	Na	7 800	12 800	5 500	9 650	1900	3450
4.	Mg	17 000	14 800	16 000	15 200	9200	8600
5.	Al	63 000	66 600	69 000	71 500	39000	37800
6.	K	13 000	15 400	16 000	18 600	10000	12400
7.	Ca	66000	47 600	31 000	26 530	66000	54900
8.	Sc	12,0	11,6	15,0	13,5	8,4	7,5
9.	V	880,0	915,0	860,0	895,0	1600	1750
10.	Cr	95,0	178,0	150,0	174,0	120	138
11.	Mn	610,0	528,0	230,0	200,0	600	545
12.	Fe	33000	35 200	42 000	44 800	37000	39400
13.	Co	13,0	13,2	15,0	15,4	26	26,7
14.	Ni	220,0	131,0	190,0	155,0	500	426
15.	Cu	77,0	79,8	100,0	104,2	180	189
16.	Zn	130	149	160,0	168,4	190	205
17.	As	7,3	0,2	16,0	0,3	9,9	0,4
18.	Se	8,7	9,3	15,0	16,8	10	12,1
19.	Sr	320,0	361,0	300,0	330,5	860	890
20.	Y	26,0	31,1	37,0	41,2	38	44,2
21.	Nb	7,3	7,18	9,3	8,6	4,9	4,2
22.	Mo	360,0	397,0	270,0	330,0	1100	1240
23.	Cd	21,0	5,94	32,0	14,6	25	16,8
24.	Sn	2,5	0,88	2,6	1,3	2,7	1,6
25.	Sb	7,2	0,8	5,5	2,3	22	11
26.	Te	0,36	0,18	1,6	1,1	0,66	0,42
27.	Ba	860,0	831,0	420,0	326,0	780	640
28.	La	21,0	34,9	28,0	35,1	28	32,1
29.	Ce	32,0	56,9	36,0	44,6	34	36
30.	Pr	3,7	9,4	4,6	8,8	2,9	6,7
31.	Nd	16,0	33,6	20,0	38,5	16	22
32.	Sm	4,7	4,6	6,0	6,2	4,9	5,1
33.	Eu	1,6	1,27	1,7	0,9	1,5	1,1
34.	Gd	3,4	6,29	4,1	7,25	3,7	6,58
35.	Tb	0,68	0,784	0,79	0,84	0,71	0,82
36.	Dy	3,6	5,07	4,9	6,3	3,8	5,2
37.	Ho	0,89	1,4	1,2	1,8	1,1	1,5
38.	Er	2,6	2,49	3,0	3,1	2,8	3,0
39.	Tm	0,4	0,341	0,65	0,52	0,55	0,41
40.	Yb	3,1	3,16	3,9	4,0	3,3	3,4
41.	Lu	0,27	0,291	0,46	0,50	0,38	0,39
42.	∑P3Э	131,9	203,2	167,3	213,11	150,04	176,0
43.	W	1,5	3,05	0,67	1,85	1,5	2,3
44.	Tl	12,0	33,1	2,3	6,4	1,1	2,4

45.	Pb	14,0	11,0	16,0	14,3	22	18
46.	Th	8,6	4,5	9,7	5,4	6,3	4,5
47.	U	54,0	52,0	33,0	30,0	100	88

На основании данных табл. 2 следует, что в золе горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун содержание ценных компонентов заметно повышается по сравнению с исходной рудой, г/т: ванадия от 880 до 915; от 860 до 895 и от 1600 до 1750; молибдена от 360 до 397; от 270 до 330 и от 1100 до 1240; сумма РЗЭ от 131,9 до 203,2; от 167,3 до 213,11 и от 150,04 до 176,0, а также цинка от 130 до 149; от 160 до 168,4 и от 190 до 205.

Определены влажность и зольность исследуемых руд горючих сланцев при различных классах крупности, данные по влажности проб исследуемых месторождений варьирует, %: от 5,12 до 5,71, зольность, %: от 70,68 до 78,85.

Пригодность традиционных методов обогащения (гравитация, флотация) золы месторождений горючих сланцев представлены в табл.3 и 4.

Результаты, полученные при гравитационном обогащении золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун, приведенные в табл.3, показывают, что извлечение ценных металлов в концентрат составляет, %: молибдена 3,46; 1,25 и 3,20; урана 1,91; 1,30 и 2,82; ванадия 5,52; 5,13 и 5,51 и цинка 3,66; 4,24 и 4,42, при выходе продуктов, %: 4,8; 2,5 и 5,5 соответственно.

Таблица 3

Результаты гравитационного обогащения золы горючих сланцев									
Продукты обогащения	Выход продуктов, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Mo	U	Zn	V	Mo	U	Zn	V
Актау									
Концентрат	4,8	0,061	0,74	0,058	0,049	3,46	1,91	3,66	5,22
Промпродукт	42,9	0,060	1,71	0,057	0,057	30,21	39,33	31,99	57,47
Хвосты	52,3	0,108	2,10	0,094	0,03	66,33	58,76	64,35	37,01
Исходная	100	0,085	1,87	0,08	0,04	100	100	100	100
Сангрунтау									
Концентрат	2,5	0,05	1,04	0,101	0,067	1,25	1,30	4,24	5,13
Промпродукт	30,2	0,09	1,75	0,056	0,041	24,08	26,07	28,22	37,79
Хвосты	67,3	0,12	2,18	0,06	0,028	74,67	72,63	67,53	57,08
Исходная	100	0,11	2,02	0,06	0,03	100	100	100	100
Байсун									
Концентрат	5,5	0,059	0,89	0,06	0,056	3,20	2,82	4,42	5,51
Промпродукт	40,1	0,062	1,56	0,059	0,052	24,47	35,92	31,60	37,20
Хвосты	54,4	0,135	1,96	0,088	0,059	72,33	61,26	63,98	57,29
Исходная	100	0,102	1,74	0,07	0,06	100	100	100	100

Данные по флотационному обогащению золы горючих сланцев показывают, что извлечение ценных компонентов в концентрат из месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун составляет, %: молибдена 6,41;

8,74 и 9,39; урана 3,31; 5,90 и 5,67; ванадия 4,77; 5,49 и 6,03 и цинка 4,51; 4,75 и 5,18, при выходе %: 3,74; 4,38 и 5,45. Исходя из полученных результатов, проведенных исследований гравитационного и флотационного методов обогащения золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун следует, что обогащение нецелесообразно, так как данные по извлечению ценных металлов в концентрат незначительны и составляет не более 10 %.

Таблица 4

Результаты флотационного обогащения на золе горючих сланцев

Продукты обогащения	Выход продуктов, %	Содержания, г/т				Извлечение, %			
		Mo	U	Zn	V	Mo	U	Zn	V
Актау									
Концентрат	3,74	975	5,13	330,0	1340	6,41	3,31	4,51	4,77
Хвосты	96,26	553	4,22	375,0	1040	93,59	96,69	95,49	95,23
Исходная	100	568,78	4,25	373,32	1051,2	100	100	100	100
Сангрунтау									
Концентрат	4,38	873	5,70	451,0	1180	8,74	5,90	4,75	5,49
Хвосты	95,62	418	4,17	415,0	932,0	91,26	94,10	95,25	94,51
Исходная	100	437,95	4,24	416,58	942,9	100	100	100	100
Байсун									
Концентрат	5,45	903	7,20	389,0	1100	9,39	5,67	5,18	6,03
Хвосты	94,55	502	6,90	410,0	988,0	90,61	94,33	94,82	93,97
Исходная	100	523,85	6,92	408,86	994,1	100	100	100	100

Были проведены исследования гидрометаллургического выщелачивания золы горючих сланцев с использованием серной кислоты.

При проведении гидрометаллургического выщелачивания были определены оптимальные параметры: зола крупности -10+0 мм с добавлением 10% хлористого натрия, 130 г/л серной кислоты; температура комнатная; Т: Ж=1:3. Параллельно был проведен контрольный вариант без добавления хлористого натрия в процесс термической обработки. Результаты исследования приведены в табл.5.

Таблица 5

Результаты агитационного выщелачивания горючих сланцев

Концентрация натрия хлора, %	Концентрация металлов в растворе, мг/л					Извлечение, %				
	U	Mo	V	Zn	РЗЭ	U	Mo	V	Zn	РЗЭ
Актау										
	2,9	10,5	12,4	3,1	2,2	55,2	41,7	19,1	45,2	18,6
10	4,1	17,6	54,2	5,4	3,6	68,4	87,5	70,2	61,8	46,8
Сангрунтау										
	2,2	11,3	10,9	2,7	1,7	51,4	39,6	18,7	43,5	16,5
10	3,9	18,7	51,3	4,2	3,9	66,4	78,2	69,0	63,4	45,9

Байсун										
	2,4	12,4	12,4	2,9	1,9	52,4	40,1	19,2	44,1	15,4
10	4,1	19,8	49,8	3,9	4,1	69,2	75,8	68,5	64,9	44,5

Как видно из результатов агитационного выщелачивания, извлечение ценных компонентов в сернокислотный раствор из золы месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун при добавлении 10% хлористого натрия составляет, (%): молибдена 87,5; 78,2 и 75,8; урана 68,4; 66,4 и 69,2; ванадия 70,2; 69,0 и 68,5; цинка 61,8; 63,4 и 64,9, и сумма РЗЭ 46,8; 45,9 и 44,5, в то время как в контрольном варианте без добавления 10% хлористого натрия, извлечение перечисленных металлов в разы меньше.

Кучное биовыщелачивание проводили в биореакторах с массой руды 1000 г. Ацидофильную ассоциацию железо-серуоокисляющих бактерий выделяли из пробы окисленной руды 5, которую затем адаптировали к не окисленной руде горючих сланцев - пробе 4. Биовыщелачивание проводилось в 2 стадии: первая - закисление руды сернокислотным раствором до рН растворов 2,0-2,5, вторая стадия – биовыщелачивание с использованием выделенной ацидофильной ассоциации железо-серуоокисляющих бактерий. Закисление руд обеих проб проводилось в течение месяца и, когда величина рН растворов на выходе снижалась до 2,0-2,5, в колонки добавляли биомассу бактерий и продолжали биовыщелачивание по режиму окисления, далее 2 раза в неделю проводили орошение руды, окислительную активность определяли по концентрации трехвалентного железа в продуктивных растворах (рис. 2).

Через 5 месяцев провели масс-спектрометрический анализ ICP-MS продуктивных растворов, данные которого представлены в табл. 6.

Таблица 6

Извлечение ценных элементов из двух технологических проб руды горючих сланцев месторождения Байсун

№ п/п	Название элемента	Содержание металлов в исходной, г/т		Концентрация в растворах, мг/л		Сквозное извлечение в раствор, %	
		Проба 4	Проба 5	Проба 4	Проба 5	Проба 4	Проба 5
1	Молибден	1150	1065	5,9	5,5	72,1	65,4
2	Уран	105	101	2,8	2,9	68,7	65,2
3	Ванадий	1750	1680	54,1	48,7	48,5	47,8
4	Цинк	180	178	3,5	3,1	58,9	61,2

Таким образом, было проведено бактериально-химическое выщелачивание с получением продуктивных растворов, содержащих цветные и редкие металлы, которые извлекали из растворов с использованием ионно-обменных смол компании «Purolite».

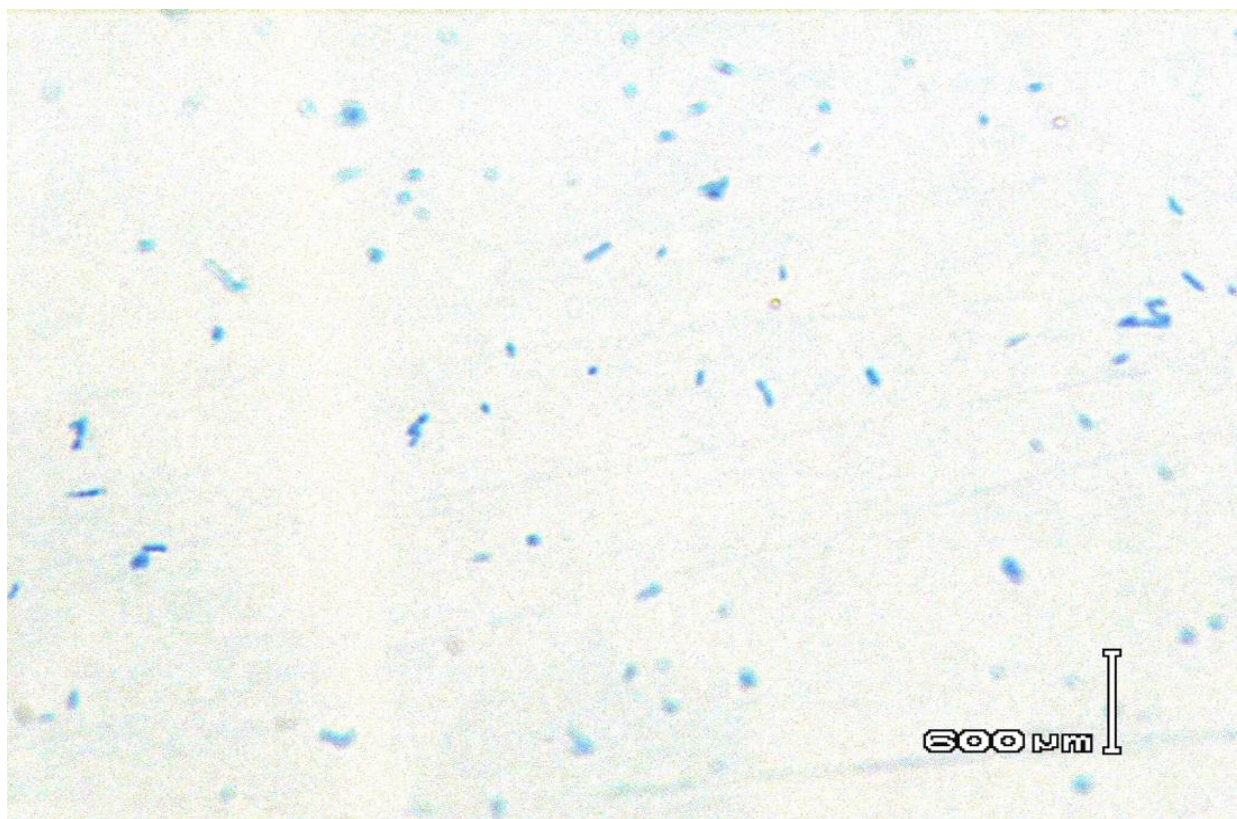


Рис. 2. Ацидофильная ассоциация АА5В, выделенная из окисленной пробы 4 горючих сланцев месторождения Байсун на среде 9К. Метиленовый синий. Увел. 10х100. Размер клеток 0,4-0,6х1,4-1,6 мкм

Для извлечения металлов из продуктивных растворов биовыщелачивания горючих сланцев использовали следующие ионообменные смолы Английской фирмы «PUROLITE». Для молибдена использовали марку А-100-Мо, при этом извлечение составило, % 78,1 и 59,4), для урана – марка А-560, извлечение 70,7 и 55,2%; для ванадия - марка А-109 - извлечение 68,5 и 48,8), для цинка – марка S-930 (извлечение 68,1 и 50,2. Полученные данные свидетельствуют о том, извлечение ценных металлов значительно выше из сульфидной пробы 4, чем окисленной пробы 5.

В четвертой главе «**Разработка технологии комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев**» разработана технологическая схема.

Разработанная оптимальная технологическая схема переработки золы руд горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун проводится в следующих условиях: добавление 10% хлористого натрия в процесс термической обработки (пиролиз), класс крупности золы (-10+0 мм), продолжительность 60 мин, соотношение Т:Ж = 1:3, температура – комнатная, расход серной кислоты 130 г/л, сорбция ценных компонентов ионнообменных смол компании «PUROLITE» (рис. 3).

Результаты выщелачивания золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун при оптимальных параметрах представлены в табл. 7.

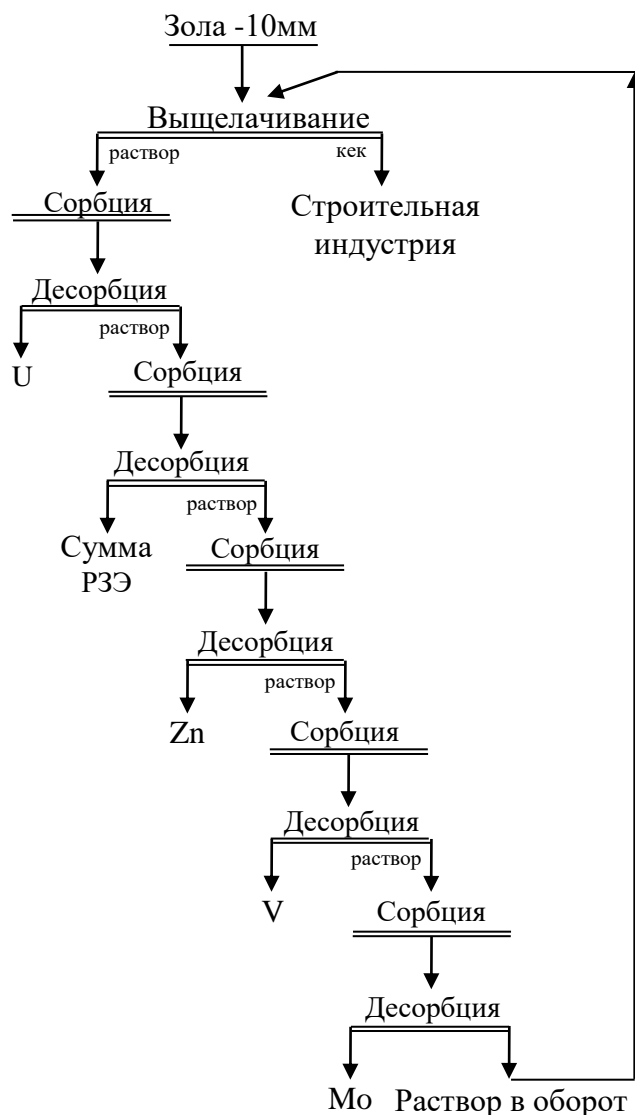


Рис. 3. Разработанная технологическая схема переработки золы горючих сланцев

Как видно из данных результатов сернокислотного выщелачивания золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун извлечение в металлоносный раствор составило, %: молибдена 95,4; 88,1 и 90,2; урана 60,3; 64,9 и 62,7; ванадия 84,3; 85,6 и 81,8; цинка 69,6; 71,1 и 70,2, и сумма РЗЭ 66,2; 49,2 и 54,7, соответственно.

Селективное разделение ценных компонентов (молибден, уран, ванадий, цинк и сумма РЗЭ) в полученном металлосодержавшем сернокислотном растворе после выщелачивания золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун проводили с помощью ионообменных смол компании

«Purolite» следующих марок: A560 для урана; S984 для цинка; MTS1600 для суммы РЗЭ; MTS9500 для ванадия; A100Mo для молибдена.

Таблица 7

Результаты выщелачивания по разработанному режиму
переработки золы горючих сланцев

Кислота	Концентрация металлов в растворе, г/л					Извлечение в раствор, %				
	U	V	Mo	Zn	РЗЭ	U	V	Mo	Zn	РЗЭ
H ₂ SO ₄ - 130г/л	Актау									
	22,4	50	5,2	7,0	2,1	60,3	84,3	95,4	69,6	66,2
	Сангрунтау									
	24,2	60	5,4	7,5	2,4	64,9	85,6	88,1	71,1	49,2
	Байсун									
	26,1	88	6,2	7,9	2,2	62,7	81,8	90,2	70,2	54,7

Сорбция проведена в следующих условиях: соотношение смолы к раствору - 1:100, время сорбции – 240 мин, комнатная температура, воздушное перемешивание. Подщелачивание проводили с помощью аммиака в пределах pH=2,0-4,0. Результаты сорбции из раствора выщелачивания золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун представлены в табл.8.

Таблица 8

Результаты сорбции из раствора выщелачивания золы горючих сланцев
месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун

Наименование ценных компонентов и смол	Концентрация металлов в растворе после сорбции, мг/л			Извлечение на смолу, %		
	Актау	Сангрунтау	Байсун	Актау	Сангрунтау	Байсун
U - A560	1,72	1,66	2,4	92,3	93,1	90,8
РЗЭ - MTS1600	0,66	0,8	0,65	68,2	66,5	70,2
Zn - S984	0,8	0,83	0,78	88,5	88,9	90,1
V - MTS9500	10,6	13,9	18,3	78,8	76,9	79,2
Mo - A100Mo	0,56	0,61	0,84	89,2	88,6	86,4

Данные табл. 8 показывают, что извлечение металлов на смолу из растворов выщелачивания золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун составило, %: молибден 89,2; 88,6 и 86,4; уран 92,3; 93,1 и 90,8; ванадий 78,8; 76,9 и 79,2; цинк 88,5; 88,9 и 90,1, и сумма РЗЭ 68,2; 66,5 и 70,2 соответственно.

Таким образом, результаты экспериментов и расчетов показывают, что сложный состав золы горючих сланцев позволяет разделить ценные компоненты на основе переработки по данной технологической схемы.

Предложенная технологическая схема разделения ценных компонентов при переработке золы горючих сланцев, представленная на рис.3, прошла комплексную лабораторную апробацию в ГУ «ИМР» и рекомендована к внедрению в производство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Разработка технологии комплексного извлечения ценных компонентов из золы руд горючих сланцев» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. По результатам полного химического анализа определено, что основную часть количественного состава золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун составляют оксиды кремния, алюминия, кальция и магния.

2. На основании результатов масс-спектрометрического анализа (ICP-MS) золы горючих сланцев исследуемых объектов основными ценными компонентами являются ванадий, цинк, уран, молибден и редкоземельные элементы.

3. Исследования по определению пригодности гравитационного и флотационного обогащения золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун показали, что при использовании данных методов обогащения извлечение ценных компонентов в концентрат составляет не более 10 %.

4. Установлено, что гидрометаллургические исследования по сернокислотному выщелачиванию золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун изучены при различных способах, на основе которых определены оптимальные режимы выщелачивания: Т:Ж = 1:3; концентрация серной кислоты - 130 г/л, время – 60 мин, измельченность материала -10+0 мм.

5. Проведены биотехнологические исследования по кучному выщелачиванию 2 проб руды горючих сланцев месторождения Байсун. Полученные данные свидетельствуют о пригодности и перспективности технологии кучного биовыщелачивания для переработки руд горючих сланцев месторождения Байсун.

6. В результате исследований разработана технологическая схема сернокислотного выщелачивания золы горючих сланцев месторождений Актау, Сангрунтау и Байсун с извлечением ценных металлов. По данной схеме проведены лабораторные эксперименты и укрупненно-лабораторные испытания гидрометаллургического сернокислотного выщелачивания, которые показывают, что извлечение молибдена, урана, ванадия, цинка и РЗЭ составляет более 65%.

7. Результаты анализа показывают, что добавление хлорида натрия способствует извлечению ценных компонентов в сернокислотный раствор и не требует дорогостоящих оборудований.

8. Разработанная технологическая схема позволит в значительной степени поднять экономическую эффективность при переработке золы горючих сланцев.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
OF DSc.17 /30.12.2019.T.06.01 AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE
STATE ESTABLISHMENT «INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES»**

ALMATOV ILHOMJON MIRZABEK UGLI

**TECHNOLOGY OF INTEGRATED EXTRACTION OF VALUABLE
COMPONENTS FROM ASH OF ORE OF COMBUSTIBLE SHALES OF
THE DEPOSIT**

04.00.14 – Mineral processing

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

Navoi – 2021

The theme of the dissertation of a Doctor of Philosophy (PhD) is registered in the Higher Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No. B2020.4.PhD/T1931.

The dissertation was completed at the State Establishment «Mineral Resources Institute».

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

Scientific supervisor:

Sagdieva Muyassar Gaybullaevna
doctor of Biological Sciences, Professor

Official opponents:

Mukhiddinov Bakhodir Fakhriddinovich
doctor of Chemical Sciences, Professor

Kurbanov Shamshiddin Kamoldinovich
candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Leading organization:

**Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov**

The defence of the dissertation will be held on 16 April 2021 at 14⁰⁰ at meeting of Scientific council DSc.17/30.12.2019.T.06.01 at the Navoi State Mining Institute. Address: 210100, Navoi, Galabashokh street, 127. Phone: 0(436) 223-23-32; fax: 0(436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, nsmi@gmail.com.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under №70. Address: 210100, Navoi, Galabashokh street., 127. Phone.: 0 (436) 223-56-90; fax: 0 (436) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on 3 April 2021.

(Protocol at the registr №31 on 3 April 2021).

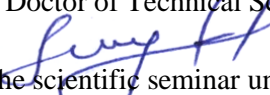




K.S. Sanakulov
Chairman of the Scientific Council for
Awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor



Sh.Sh. Zairov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
Awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor



I.T. Mislibaev
Chairman of the scientific seminar under the Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The aim of the work is to develop a technology for the complex extraction of valuable components from the ash of the ores of oil shale deposits.

The object of the research study is to develop a technology for the complex extraction of valuable components from the ash of oil shale ores of the Aktau, Sangruntau and Baysun deposits.

The scientific novelty of the research is as follows:

according to the newly developed technological scheme, an optimal parameter for adding sodium chloride to the heat treatment (pyrolysis) process was created to teach ash from combustible shale ores;

for the first time it was found that the addition of sodium chloride during the heat treatment of oil shale (pyrolysis) increases the extraction of non-ferrous and rare metals, as well as rare earth elements from ash in the process of sulfuric acid leaching;

the optimal parameters of hydrometallurgical studies (leaching, sorption) have been established when using sulfuric acid leaching;

a fundamentally new technology for the integrated processing of oil shale ash has been developed, which allows increasing the recovery of valuable metals and rare earth elements.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained on the development of a technology for the integrated processing of ash from oil shale ores:

The developed technology for the complex extraction of valuable components from the ash of oil shale ores has been implemented in the LLC FE «Epsilon development company» (reference from the LLC FE «Epsilon development company» No.12/1NA-2108 dated October 29, 2020). As a result of the developed technology, it has made it possible to increase the economic indicators of the PFST of the project for the processing of oil shale from the Sangruntau field;

The developed technology for processing the ash of oil shale using sodium chloride in the process of thermal treatment (pyrolysis) and subsequent sulfuric acid treatment has been introduced into LLC FE «Epsilon development company» (reference from the LLC FE «Epsilon development company» No.12/1NA-2108 dated October 29, 2020). As a result, it became possible to extract the oil part and valuable components from the Sangruntau field.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, bibliography and appendices. The volume of the thesis is 116 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть, part I)

1. Алматыв И.М., Сагдиева М.Г., Юсупходжаев А.М., Усенов Р.Б. Разработка технологии переработки металлоносной золы горючих сланцев месторождения Актау // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент, 2019. – №3. – С. 62-65 (04.00.00; №3).

2. Almatov I.M., Sagdieva M.G., Yusupkhodzhaev A.M. Extraction of Valuable Elements from Ash of Fuel Shale of the Aktau and Sangruntau Deposits // International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). India, July-August 2020. – Vol. 4. – Issue 5. – P. 1139-1142 (SJIF Impact Factor 5,45).

3. Almatov I.M. Development of a technology for integrated processing of ore ash combustible shale of Aktau and Sangruntau deposits // The American Journal of Engineering and Technology. – USA, October 2020. – Vol. 02. – Issue 10. – P. 1-6 (SJIF Impact Factor 5,32).

4. Almatov I.M. Results of sulfuric acid leaching of ash from oil shale from Aktau Deposit // International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). India, November-December 2020. – Vol. 5. – Issue 1. – P.1187-1190 (SJIF Impact Factor 5,45).

II бўлим (II часть, part II)

5. Юсупходжаев А.М., Усенов Р.Б., Алматыв И.М. Реализация проекта по комплексной переработке горючих сланцев Узбекистана // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Интеграция науки и практики, как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан». – Ташкент: «UZGEOSCIENCE», 2018. – С. 425.

6. Алматыв И.М. Изучение вопроса переработки металлоносных горючих сланцев месторождения Актау // Материалы Республиканской научно-технической конференции Ташкентского государственного технического университета. – Ташкент, 2018. – С. 249-251.

7. Исоков М.У., Сагдиева М.Г., Ташканбаев О.Н., Алматыв И.М., Сомова У.А. Разработка комплексной переработки горючих сланцев месторождения Байсун с применением метода биогидрометаллургии // Материалы Международной научно-практической конференции на тему: «Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья». – Екатеринбург (Россия), 6-8 ноября 2019 г. – С. 427-431.

8. Isokov M.U., Sagdieva M.G., Tashkanbaev O.N., Somova U.A., Almatov I.M. Integrated Processing of Combusted Slates of Uzbekistan by

Biogidrometallurgical Methods // International Conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. – Navoi, 27-28 November 2019. – P. 77-81.



Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журналидан таҳрирдан
ўтказилди.

Бичими 60x841/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3,1. Адади 60. Буюртма № ____.
«Минерал ресурслар институти» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100060, Тошкент ш., Т.Шевченко кўчаси, 11-а-уй.