

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ
УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ
УНИТАР КОРХОНАСИ**

КАМОЛОВ ТУРСУНБОЙ ОЧИЛОВИЧ

**АНГРЕН ВА ЯНГИ АНГРЕН ИССИҚЛИК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИ
КОМПОЗИЦИОН ЧИКИНДИЛАРИНИ ФИЗИК-КИМЕВИЙ ХОСЛИГИ
ВА КОМПЛЕКС ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ
ЧИҚИШ**

02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси ва технологияси
05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси.
Радиоактив камеб ва нодир элементлар технологияси (техника фанлари)

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

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)
Content of the dissertation abstract of doctor of science (DSc)

Камолов Турсунбой Очилович

Ангрен ва Янги Ангрен иссиқлик электр станциялари композицион
чиқиндиларини физик-кимёвий хослиги ва комплекс қайта ишлаш
технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

Камолов Турсунбой Очилович

Физико-химические особенности и разработка технологии
комплексной переработки композиционных отходов Ангреной и
Ново-Ангреной теплоэлектростанции..... 27

Kamolov Tursunboy Ochilovich

Physical and chemical features of the composite waste of the Angren and
Novo-Angren thermal power plants and the development of an integrated
technology for processing..... 51

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 55

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ИСЛОМ КАРИМОВ номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ва ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР
КОРХОНАСИ**

КАМОЛОВ ТУРСУНБОЙ ОЧИЛОВИЧ

**АНГРЕН ВА ЯНГИ АНГРЕН ИССИҚЛИК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРИ
КОМПОЗИЦИОН ЧИКИНДИЛАРИНИ ФИЗИК-КИМЕВИЙ ХОСЛИГИ
ВА КОМПЛЕКС ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ
ЧИҚИШ**

02.00.07 – Композицион, лок-бўёқ ва резина материаллари кимёси ва технологияси
05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси.
Радиоактив, камёб ва нодир элементлар технологияси (техника фанлари)

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

Кириш (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Ҳозирги вақтда дунёда иссиқлик электр станцияларининг (ИЭС) техноген композицион кул чиқиндиларини қайта ишлаш натижасида нодир, ер элементлари ва қимматли металлларни ажратиб олиш, шунингдек, атроф-муҳит ифлосланишининг олдини олиш бугунги куннинг долзарб муаммоси ҳисобланади. Маълумки, техноген чиқиндилар йиғилиши жаҳон иқтисодиётининг барқарор ривожланишига тўсқинлик қилувчи асосий омиллардан биридир. Кўмир ёнилғисидан ишловчи ИЭСларда қаттиқ ёнилғидан фойдаланиш катта ҳажмдаги композицион кул чиқиндилари (ККЧ) ҳосил бўлиши экологик муаммоларни келтириб чиқаради. Бу борада кул-шлак чиқиндиларини қайта ишлаш асосида нодир, ер элементлари ва қимматли металлларни ажратиб олиш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Бугунги кунда дунё миқёсида чиқиндилардан бир қатор уникал хусусиятли ва турли саноат соҳаларида қўлланилиши мумкин бўлган экоминерал маҳсулотларни олиш имконини берувчи кул чиқиндиларини бойитишнинг тежамкор усулларини яратиш мақсадида кислотали ишқорлашда темир ва алюминий каби макрокомпонентлар билан бир қаторда камёб – ер металлларининг эритмага ўтишини исботлаш, камёб металлларни катионитларда сорбциялаш кинетикасини ўрганиш, зарарли компонентларни, шунингдек, уларни ажратиб олиш технологиясини яратиш борасида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Кўмир кул чангида углерод миқдорини камайтириш имконини берувчи электростатик сепарация технологиясини ишлаб чиқиш, чиқиндиларни радиактив элементлардан тозалаш, металлургия ва қурилиш соҳалари учун иккиламчи хомашё базаларини яратиш долзарб ва зарурдир.

Республикада ИЭС техноген чиқиндиларини қайта ишлашга қаратилган илмий изланишларга эътибор берилмоқда. Ўзбекистон Республикасида корхоналар жойлашган ҳудудларнинг экологик шароитини яхшилашга ва рудали ҳамда техноген чиқиндиларни комплекс қайта ишлашни таъминловчи табиий ресурслардан фойдаланиш илмий ва амалий аҳамиятга эга бўлиб, кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «...мутлақо янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларини таъминлаш, шу асосда ташқи ва ички бозорларда рақобатбардош маҳаллий маҳсулотларни ишлаб чиқаришни таъминлаш...»¹ га доир муҳим вазифалар белгиланган. Жумладан, танқис хомашёларни композицион кул чиқиндилари билан алмаштириш, камёб-ер, камёб ва нодир металллар ишлаб чиқариш жараёнларига ярим маҳсулотлар тайёрлаш имкониятини кенгайтириш муҳим аҳамият касб этади.

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

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

Президентининг 2019 йил 23 июлдаги ПҚ-4401-сон «Ер қаърини геологик жиҳатдан ўрганишни янада такомиллаштириш ва 2020-2021-йилларда минерал-хомашё базасини ривожлантириш ва қайта тиклаш давлат дастурини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2019 йил 4 октябрдаги ПҚ-4477-сон «2019-2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иктисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур соҳа фаолиятига тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотларининг шарҳи². Металлургия ва энергетика соҳалари техноген чиқиндиларининг илмий асослари тадқиқотига ва комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишга қаратилган тадқиқотлар дунёнинг етакчи институтлари, илмий марказларида олиб борилмоқда, жумладан, University of Kioto (Япония), Cardiff Metropolitan University (Буюк Британия), М.В.Ломоносов номидаги МДУда (Россия), «МПҚИ» Миллий тадқиқотлар ва технологиялар университетида (Россия), Санкт-Петербург давлат политехника университетида (Россия), Томск давлат университетида (Россия), Омск давлат техника университетида (Россия), Достоевский номидаги Омск давлат университетида (Россия), Сибир федерал университети Ю.А.Косыгин номидаги Тектоника ва геофизика институтида УШБ РФА (Россия), О.А.Байконуров номидаги Тоғ-металлургия институтида (Қозоғистон), Қозон давлат энергетика университетида (Россия), Украина давлат кимёвий технология университетида (Украина), Минерал ресурслар институтида, ЎзР ФА Геология ва геофизика институтида, ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институтида, И.А.Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхонасида (Ўзбекистон).

Жахонда композицион кул чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишга қаратилган тадқиқотларда бир қатор илмий натижаларга эришилган, жумладан: ноёб металларни ва ванадийни учувчи кўмир кулидан ажратиб олишнинг гидрометаллургик усули яратилган (University of Kioto); уран, торий, иттрий ва ноёб ер элементларини кондицион бўлмаган хомашёдан ажратиб олиш тезлигига таъсир этувчи омиллар аниқланган (Cardiff Metropolitan University); энергетика кўмирлари ёниши кул чангидан галлийни ажратиб олишнинг кислотали экстракциялаш технологияси ишлаб чиқилган (О.А.Байконуров номидаги Тоғ-металлургия институти); кул чиқиндилари

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи:
<http://www.natlib.uz/ru>; <http://earthpapers.net>;
<http://www.ngtp.ru>; <http://www.geokniga.org/books>;
<http://geologinfo.ru>; <https://www.niuif.ru> ва бошқа манбалар.

наъмуналарини бойитиш ва чанг кўринишидаги нодир металллар зарраларини ажратиб олиш усули ишлаб чиқилган (Ю.А.Косыгин номидаги Тектоника ва геофизика институти УШБ РФА); ноёб ва рангли металлларни кейинчалик ажратиб олиш учун ИЭС кул чангини бойитиш усули ишлаб чиқилган (Достоевский номидаги Омск давлат университети); қурилиш материалларини ишлаб чиқаришда кул ва кул чиқиндиларидан фойдаланиш аниқланган (Санкт-Петербург давлат политехника университети); кул чиқиндиларнинг атроф муҳитга таъсири омиллари аниқланган ва уларни ҳал этиш йўллари кўрсатилган («Узоқшарқ федераль университети»); саноат кул чиқиндиларининг нурланиш кўрсаткичлари аниқланган (Забайкаль давлат университети); атроф-муҳитдаги антропоген таъсирни камайтириш учун иккиламчи ресурслар сифатида кул чиқиндилардан фойдаланиш имконияти аниқланган (Томск политехника университети).

Дунёда ИЭС композицион кул чиқиндиларини комплекс қайта ишлаш бўйича жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: композицион кул чиқиндиларининг технологик минералогиясининг таркибий қисми бўлган қимматбаҳо компонентлар жойлашувининг минералогик шакллари ва комплекс таркибини аниқлаш; мураккаб бирикмаларнинг термодинамик қиймати бўйича ўзгаришини асослаш; композицион кул чиқинди, кул чанги, микросфера ва «ёнмаган кўмир»ларнинг бир-биридан фарқини аниқлаш; кислотали ишқорлашда темир ва алюминий каби макрокомпонентлар билан бир қаторда камёб – ер металлларининг эритмага ўтишини исботлаш; камёб металлларни катионитларда сорбциялаш кинетикасини ўрганиш; зарарли компонентларни, шунингдек, қимматбаҳо, ноёб ва ноёб-ер элементларини ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Таркибида камёб металллар бўлган композицион техноген чиқиндиларни комплекс қайта ишлашнинг илмий тадқиқотлари бўйича қуйидаги олимлар: Шпирт М.Я., Berry E.E., Sandhu S.S., Michalikova F., Tsuboi Izumi, Anshits A.G., Berry E.E., Hemmings R.T., Golden D.M., Monjoie A., Rondia D., Борбат В.Ф., Адеева Л.Н., Михайлов Ю.Л. Абишева З.С., Маликова О.И., Хлопицкий А.А, Салихов В.А., Хаглеев Е.П., Шамсутдинова Э.В. Шарипов Х.Т., Искандарова М.И., Шукуров Н.Э., Туресебеков А.Х. Алимов Р.С., Юсупходжаев А.М. каби олимлар соҳани ривожлантиришда салмоқли хиссаларини қўшиб келмоқдалар.

Адабиётлар тахлилига кўра, ҳозирги кунга қадар ИЭС ККЧларида макро-ва микротаркиблари, ноёб, ноёб-ер металлари ва актиноидларнинг жойлашиш шакллари, компонентларнинг солиштирма оғирлиги фарқидан фойдаланган ҳолда макрокомпонентларини ажратиш ва бойитиш усули, ноёб-ер элементларини турли сорбентларда жамлаш усулини яратиш ва уларни алоҳида ажратиб олишнинг оптимал шароитларини такомиллаштириш ва комплекс қайта ишлаш технологик тизимини ишлаб чиқиш муаммоси мавжудлигини таъкидлаш лозим. Шу муносабат билан микросфера, кул чанги, кул ва ёнмаган кўмирларни алоҳида қайта ишлаш жараёнлари бўйича олиб

борилган илмий изланишлар мамлакатимиз саноати учун муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Илмий тадқиқот мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Тошкент кимё-технология институти ва Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК илмий-тадқиқот ишлари режаларининг № ИТД 7-056 «Ангрен ИЭС чиқиндиларидаги токсик металларни атроф-муҳитга таъсирини ўрганиш мақсадида уларнинг жойлашиш шакллари аниқлаш» (2009-2011йй.) ва № ПЗ-202005142 «Ангрен ва Янги Ангрен ИЭС кул-шлак чиқиндиларини қайта ишлаш асосида нодир, ер элементлари ва қимматли металларни ажратиш олишнинг комплекс технологиясини яратиш» мавзуларидаги лойиҳалари асосида бажарилган (2020-2021 йй.).

Тадқиқотнинг мақсади Ангрен ва Янги Ангрен ИЭС композицион чиқиндиларини физик-кимёвий хослиги ва комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

дифрактометриқ таҳлил, энергодисперсия ва ИСП-спектроскопия усуллари ёрдамида кимёвий ва минерологик таҳлилнинг юқори ахборот инструментларидан фойдаланиш билан композицион кул чиқинди «техноген ҳомашё»сининг кимёвий ва минерологик таркибини комплекс тадқиқотини ўтказиш;

макрокомпонентларнинг солиштирма оғирлиги фарқи бўйича макрокомпонентларни – кремний, алюминий ва темир оксидларини – ажратиш орқали макротаркибни – кремний, алюминий ва темирни – утилизация қилиш;

юқори дисперсияли кремний икки оксидини ва алюминий сульфатини олиш технологиясини яратиш;

кўмир ёқиш жараёнида микроэлементларнинг фазавий ўзгаришларини ва уларнинг кулдаги шакллари термодинамик равишда прогнозлаш;

композицион кул чиқинди (ККЧ) таркибида макрокомпонентларнинг миқдорини аниқлаш ҳамда уларни жамлаш ва ажратиш усулини ишлаб чиқиш;

макро- ва макрокомпонентларни ажратиш билан ККЧ ни қайта ишлаш комплекс технологиясини яратиш;

ноёб ва ноёб ер металлари сорбция жараёнини тадқиқ қилиш ва селектив сорбентларини танлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭСлари композицион кул чиқиндилари (ККЧ), кул чанги, микросфера ва «ёнмаган кўмир»лардан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг предмети бўлиб, ишлаб чиқаришга техноген ККЧни жалб қилиш ва қўшилган қиймати юқорироқ маҳсулот олиш ҳисобига Ўзбекистон минерал-хомашё ресурсларини тўлдириш истикболини баҳолаш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда замонавий физик-кимёвий, ИҚ-Фурье (ИҚ) спектроскопия, элементли, рентгенфазавий (РФТ), дифференциал-термик (ДТТ) таҳлиллар, индуктив боғланган плазмала масс-спектроскопия (ICP-MS), атом-абсорбциявий спектроскопия (ААС),

энергия-дисперсияли сканерловчи электрон микроскопия (SEM-EDX) таҳлил усулларидадан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

асосини плагиоклаз, волластанит, когенит, кварц, ойнаватали масса (аллофан), кристаллсизлантирилган кварц, темир силицити, магнетит, алюминий силикати ташкил этувчи ўзгарувчан таркибли гетероген тизимдаги ёқилғи шлаklarининг техноминерологик тизими тузилган;

Ангрен ва Янги-Ангрен композицион кул чиқиндиларининг (ККЧ) асосий компонентларининг фракциялари, кимёвий таркиблари ва минерологик ўзига ҳослиги аниқланган ва бунга кўра композицион кул чиқинди, кул чанги, микросфера ва «ёнмаган кўмир»ларнинг бир-биридан фарқ қилиши ва уларни технологик-минерологик тамойил асосида дифференциялаш аниқланган;

фторид кислота билан макро- ва микрокомпонентларнинг ўзаро таъсири термодинамик баҳоланган, шунингдек, Гиббс энергияси (ΔG) қиймати бўйича эрувчан комплекслар $[\text{FeF}_6]^{3-}$ нинг ўз-ўзидан шаклланиши, муллит минералида алюминийнинг эрувчин комплекс $[\text{AlF}_6]^{3-}$ ва H_2SiF_6 нинг ҳосил бўлиши ҳамда (ΔG) қиймати бўйича микрокомпонентларнинг эрмайдиган фторидлар ҳосил бўлиши аниқланган;

сульфат кислотали ишқорлашда темир ва алюминий каби макрокомпонентлар билан бир қаторда церий ҳам эритмага ўтиши ва қаттиқ фаза компонентлари учун жараён биринчи тартибли реакцияда юз бериши, шунингдек, унинг тезлиги ҳарорат ошиши билан ортиши аниқланган;

камёб-ер металлари сульфат кислотали муҳитда ажратиб олиш ва турли «Пьюролайт» катионитларида сорбциялаш кинетикаси асосланиб, изотермалар асосида уларни ажратишнинг оптимал шароитлари аниқланган ва сорбция механизми яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари куйидагилардан иборат:

псевдосултиришли сепарациянинг рудалари, концентратлари ва компонентларининг солиштирма оғирлик фарқидан фойдаланилган ҳолда ККЧ макрокомпонентларни бойитиш ва ажратиш усули ишлаб чиқилган;

аммоний фторидини қўллаган ҳолда ва Fe_2O_3 , Al_2O_3 , оқ сажа ва ноёб-ер элементлари концентратларини олиш билан бир қаторда макрокомпонентларни – алюминий, темир ва кремний – ажратиб олишнинг бирлаштирилган технологияси ишлаб чиқилган;

ноёб-ер элементларини турли «Пьюролайт» катионитларида жамлашнинг сорбция усули яратилган ва уларни ажратиб олишнинг оптимал шароитлари аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий компьютер ва дастурий воситаларидан фойдаланган ҳолда бошланғич хомашё ва технологик қайта ишлаш маҳсулотларининг кимёвий ва минерологик таркибларини аниқлаш учун муаллиф томонидан замонавий физик-кимёвий усулларни қўллаб, бир қанча лаборатория ва саноат тажрибаларидан олинган натижаларга асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мамлакат иқтисодиётида муҳим бўлган,

Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭСлари қаттиқ ёнилғисининг ёниш маҳсулотларини қайта ишлаш технологиясининг янги дифференцияланган технологик-минерологик асосини ташкил этувчи маҳсулотларнинг кимёвий ва минерологик таркибини олишнинг илмий асосларини назарий жихатидан умумлаштириш ва ривожлантириш асосида яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти аммоний фториди ва сульфат кислотасини қўллаш билан макро- ва микрокомпонентларнинг ўзаро ажратилиши ҳамда нодир-ер элементлари ва қимматбаҳо металлларни ажратиб олинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ангрен ва Янги-Ангрен иссиқлик электр станциялари композицион чиқиндиларини физик-кимёвий хослиги ва комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ишлаб чиқилган марказдан қочма кучлар ёки қайновчи қатлам асосида циклонларда рудалар, концентратлар ва қоришмалар компонентларининг солиштирма оғирлиги фарқидан фойдаланган ҳолда ККЧ макрокомпонентларини ажратишнинг бирлашган технологияси «Ангрен ИЭС» АЖ амалиётига жорий этилган («Ангрен ИЭС» АЖнинг 2020 йил 9 декабрдаги 01/1446 АФ-сон маълумотномаси). Натижада, мазкур технология макрокомпонентларни ажратиб олиш имконини берган;

«Пьюролайт» катионитларида ИЭС композицион кул чиқиндиларининг микрокомпонентларини сорбцион ажратиб олиш технологияси (камёб ва камёб-ер металлларни: галлий, церий, лантан, скандий ва ванадийни ажратиб олиш, ишқорлаш самарадорлигини ошириш) «Олмалиқ КМК» АЖ қошидаги мис эритиш заводининг камёб металлларни олиш цехида жорий этилган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2020 йил 29 декабрдаги 63-500-сон маълумотномаси). Натижада, камёб ва камёб-ер металлларни: галлий, церий, лантан, скандий ва ванадийларни ажратиб олиш, ишқорлаш самарадорлигини ошириш имкони берган;

турли «Пьюролайт» катионитларида камёб-ер металлларини сорбция усулида жамлаш ва уларни ажратиб олишнинг оптимал шароитлари «Олмалиқ КМК» АЖ қошидаги мис эритиш заводининг камёб металлларни олиш цехида жорий этилган («Олмалиқ КМК» АЖнинг 2020 йил 29 декабрдаги 63-500-сон маълумотномаси). Натижада, «Пьюролайт S-930» сорбентида галлийни сорбциялаш самарадорлиги 92 % ни ташкил этиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 32 та анжуманларда, хусусан 27 та Республика ва 5 та халқаро илмий-амалий анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 49 та илмий иш чоп этилган, шулардан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 16 та илмий мақола, жумладан, 10 таси Республика ва 6 таси хорижий журналларида нашр этилган.

Диссертация тузилиши ва ҳажми. Диссертация тузилиши кириш, тўққизта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 196 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқотнинг долзарблиги, зарурлиги, ишнинг мақсади ва вазифалари келтирилган, тадқиқот объекти ва предмети кўрсатилган, Ўзбекистон Республикаси илм-фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига тадқиқотнинг мувофиқлиги аниқланган, илмий янгилиги, амалий натижалари ва тадқиқот натижаларининг ишончлилиги асосланган, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилиши, шунингдек тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиниши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Турли кўмир конларининг ИЭС композицион куллари ни чуқур қайта ишлаш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи бобда чет-элда ККЧни қайта ишлаш муаммолари, кўмирларни ёқишда ККЧни шаклланиши ва Ангрен ИЭС ҳудудиди экологик ҳолати таҳлили кўриб чиқилган адабиётлар таҳлили келтирилган. ККЧни утилизация қилиш бўйича тадқиқотлар кўплигига қарамасдан, ҳар бир алоҳида ҳолатда таркиб ва қайта ишлаш усуллари кўмир табиати ва ёниш тартибига боғлиқ. Шу сабабдан ККЧнинг кимёвий ва минерологик таркибини билиш муҳим ҳисобланади.

Кузатувлар натижаси шуни кўрсатдики, ер усти ва ива ости сувлари, тупроқ ва ўсимликлар кўрғошин, мис, рух, селен, вольфрам, кобальт, кадмий ва мишьяк каби қаттиқ металл билан қаттиқ ифлосланган. ККЧларни утилизациясининг паст даражасини белгиловчи ва улардан фойдаланиш даражасини жаҳон даражасига кўтаришга тўсқинлик қилувчи асосий омиллар қаторига ҳозирги вақтда Ангрен ИЭС ККЧсининг таркиби, макро- ва микрокомпонентлари миқдори ҳамда гранулометриқ таркиби ҳақида маълумотлар мавжуд эмаслиги киради. Ушбу маълумотлар уларнинг кейинги утилизациясини режалаштириш учун муҳим ҳисобланади. Санаб ўтилган муаммоларни ечиш ИЭС ККЧсини тўпланиб қолишини камайтириш, ИЭС жойлашган ҳудуд экологик ҳолатини яхшилаш, шунингдек ККЧ асосида ишлаб чиқарилган маҳсулотлар реализациясидан даромад олиш мақсадида уларнинг утилизация даражасини ошириш учун зарур ҳисобланади.

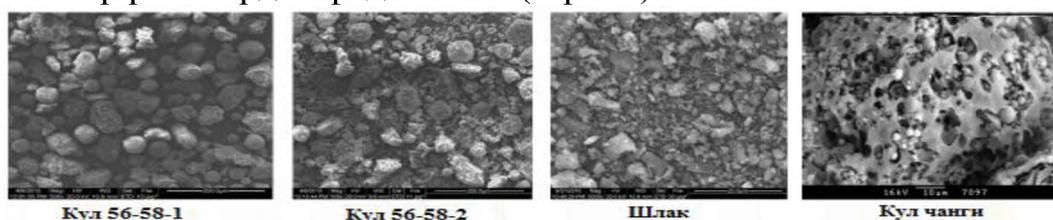
Диссертациянинг «**Тадқиқот объектларини танлаш ва асослаш ҳамда уларни ўрганиш усуллари**» деб номланган иккинчи бобда ушбу ишда қўлланган замонавий юқори ахборотли физик-кимёвий тадқиқот усуллари ҳақида маълумотлар, шунингдек Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭС композицион кул чиқиндиларининг Ангрен-Охонгарон ҳудуди экотизимига таъсири тадқиқоти натижалари келтирилган.

Натижада Охонгарон дарёси бассейни ер усти сувлари ифлосланишини баҳолаш ўтказилган. Тошканал дуюкерлари пастроғида Охонгарон дарёсининг ўрта оқимида Охонгарон дарёси энг кўп металл ионлари билан ифлосланган.

Ифлосланиш манбаи яқинида тўпланган наъмуналардаги кўпгина металллар (Cu, Zn, Ba, Pb, Th и U) концентрацияси, Охонгарон дарёсида топилган оғир металлларнинг ўртастатистик концентрацияси, манба яқинлигига боғлиқ. Zn, Pb, Ba, U и Th концентрацияси кларклардаги концентрациядан 3-5 марта юқори бўлган: ўртача 1,136, 2,430, 373, 12, ва 29 мг/кг қийматлари билан мос равишда. ИЭС яқинидаги тупроқнинг тепа қатламларида цинк Zn (1,136 мг/кг гача) ва кўрғошин Pb (373 мг/кг гача) нинг энг юқори таркиби аниқланан. Айрим металллар (V, Cr, Co, Ni) ифлосланиш манбааси яқинида концентрацияси камайишининг тескари тенденциясини кўрсатди. Тупроқ электр ўтказувчанлиги 0.40.5 мС/г, и 0.33 мС/г қийматлар билан ифлосланиш манбааси яқинидаги наъмуналар учун энг юқори даражасига етади.

Диссертациянинг «**Бошланғич кўнғир кўмир ҳамда Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭСлари кўмир ёниш махсулотларининг физик-кимёвий тадқиқоти**» деб номланган учинчи бобида композицион кул компонентларининг сифат ва миқдор таркиби кўмир конига боғлиқлиги аниқланган. Макрокомпонентлар учун компонентлар таркибини доимий деб ҳисоблаш мумкин, лекин микрокомпонентлар учун эса у бир пласт ичида ҳам доимий эмаслиги кўрсатилган. Композицион кулнинг кимёвий ҳоссалари, шунингдек уларнинг кўмирни ёниш жараёнида жамланиши уларнинг фазавий таркибига, шунингдек кўмир ёниш тартиблари ҳарорати ва бирикмалар шаклланивчи газ атмосфераси таркибига боғлиқлиги аниқланган.

Композицион кулнинг электрон-микроскопик тадқиқоти нуқтали электрон микроскоп (SEM) дан фойдаланган ҳолда ўтказилди. Олинган маълумотлар расмларда ифодаланган (1-расм).



1-расм. Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭС ККЧ таҳлилий микрофотограммаси

Кимёвий, микрорентгеноспектрал (микроронд), рентгенфазази ва электрон-микроскопик таҳлилларни қўллаган ҳолда композицион кул ва шлаклар моддавий таркибини ўрганиш маълумотлари шуни кўрсатдики, кимёвий ва моддавий таркибига кўра композицион куллар ва шлаклар кислотали SiO_2 ва CaO , Fe камроқ MgO , шунингдек нейтрал Al_2O_3 асосий компонентлари бўлган ўзгарувчан таркибли гетероген тизимни ташкил этишади. Композицион кул ва шлакларнинг кимёвий таҳлили маълумотларига кўра уларнинг кислота асосли тавсифи ҳисоблаб чиқилди. Қайта ҳисобланган маълумотларга кўра кул ва шлаклар кислоталиларга мансублиги аниқланди.

Композицион кул ва шлакларнинг минерал асослари қуйидагилар ҳисобланади: плагиоклаз, волластанит, когенит, кварц, ойнасимон масса (аллофан), кристаллсизлаштирилган кварц, темир силицити, магнетит, алюминий силикати ва ҳ.к. Мазкур ишда чиқиндилар морфологиясидаги фарқ сабабли биз томонимиздан наъмуналарнинг – композицион кул, кул чанги ва микросфераларнинг – дифференцияланган таҳлили ўтказилган.

1-жадвалда композицион кул чиқиндининг дифференцияланган кимёвий таркиби келтирилган.

1-жадвал

ИЭС-4 ва Янги-Ангрен ИЭС композицион куллари макроэлементларининг кимёвий таркиби. оғир., % (рентгенофлюоресцент таҳлил маълумотлари)

Элемент	Экибастуз 4-ИЭС	Янги-Ангрен ИЭС			
		Кул чанги	Микросфера	Кул 1	Кул 2
SiO ₂	59,9	23,12	41,47	37,58	46,46
Si		10,81	19,38	17,56	21,72
Al ₂ O ₃	29,8	5,086	24,37	19,16	23,70
Al		2,692	10,90	10,14	12,54
Fe ₂ O ₃	5,7	29,88	2,480	2,404	2,736
Fe		14,89	1,734	1,682	1,914
Жами:	95,4	86,4	100,334	88,526	109,07

2-жадвалда микроэлементлар таркиблари келтирилган. Микрокомпонентлар мавжудлиги саноат учун муҳим бўлган камёб, камёбер ва нодир, шунингдек радиоактив металлардан иборат.

2-жадвал

ИЭС-4 ва Янги-Ангрен ИЭС композицион куллари микроэлемент таркиби, оғир., % (рентгенофлюоресцент таҳлил маълумотлари)

Элемент	Экибастуз 4-ИЭС	Янги-Ангрен ИЭС			
		Кул чанги	Микросфера	Кул 1	Кул 2
Sc	0,0011	0,00052	0,00140**	0,00062	0,00068
Y	0,0040	0,00238	0,00371	0,0044**	0,00314
La	0,0014	0,00238	0,00371**	0,0044	0,00351
Ce	0,0066	0,00142	0,00763**	0,00748**	0,00760
Yb	0,0006	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
Nd	-	0,00213**	0,0004	0,0004	0,00004
Tb	0,0008	-	-	-	-
Dy	0,0009	-	-	-	-
Sm	0,0005	0,00373**	0,00213**	0,00199**	0,00227**
Th	0,0006	0,00215**	0,00243**	0,00243**	0,00261**
U	0,0002	0,00004	0,00181**	0,00171**	0,00167**
Zr	0,034	0,00761	0,02631	0,01816	0,01980
Cu	0,0056	0,0056	0,4930**	0,00710	0,00564
Ga	0,14	0,00037	0,00202	0,00336	0,00391
V	0,0044	0,00586	0,01324**	0,00742**	0,00860**
Жами:		0,0344	0,557	0,0597	0,0597
Au (г/т)		0,352	0,199	2,61**	0,213
Ag (г/т)		1,04**	0,830**	0,273	0,722

*таққослаш учун маълумотлар **элементларнинг юқори миқдори

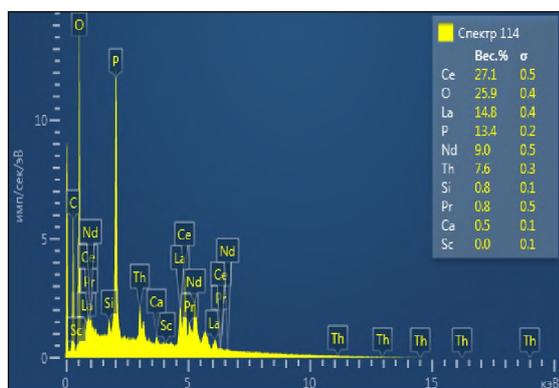
2-жадвал шуни кўрсатадики, композицион кул чанги пробасида темирнинг миқдори бошқа наъмуналардаги миқдорлардан бир канча юқори.

Бундан ташқари энергодисперсияли спектроскопияси ёрдамида наъмуналарни тадқиқот қилинди (3-4-жадв. ва 2-3-расм).

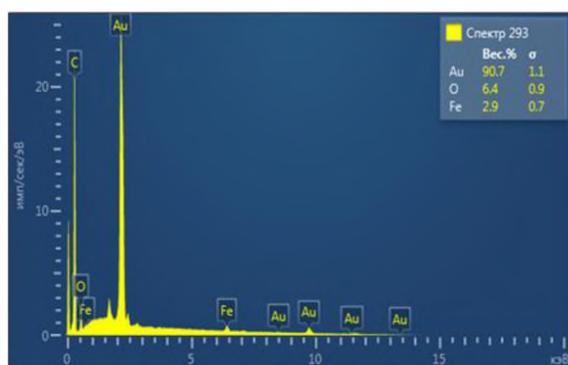
3-жадвал

64 локал ҳудудида КЕЭ оғирлик микдори

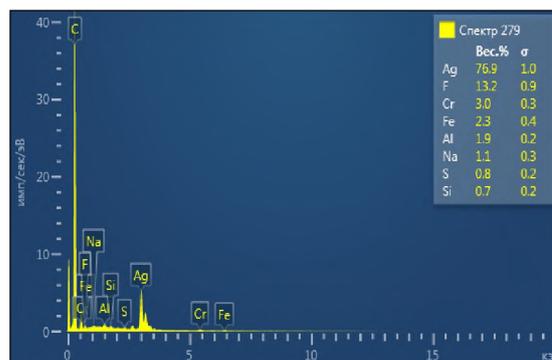
Элемент	Оғир., %	Элемент	Оғир., %
O	25.88	Ca	0.52
Si	0.85	Sc	0.05
P	13.36	La	14.84
Pr	0.77	Th	7.60
Nd	8.99	Ce	27.15
Ca	0.52		
Жами:	100.00		



2-расм. 64 локал ҳудуди 3 наъмунасининг ЭД спектри



3-расм. 112 ва 109 локал ҳудуди 3 наъмунасининг ЭД спектри



4-жадвал

64 локал ҳудудида макрокомпонентларнинг оғирлик микдори

А)

Элемент	Оғирлик,%
O	6.44
Fe	2.88
Au	90.69
Жами:	100.00

Б)

Элемент	Оғир.,%	Элемент	Оғир.,%
F	13.17	S	0.84
Na	1.05	Cr	3.01
Al	1.95	Fe	2.35
Si	0.74	Ag	76.90
Жами:	100.00		

3-4-жадвал ва 2-3-расмлардан кўринадики, КЕМ ва актиноидлар, олтин ҳамда кумуш 3 наъмунада жамланади.

Ушбу шароитдан келиб чиқган ҳолда биз томонимиздан макрокомпонентларни – темир, кремний ва алюминий – псевдосуюлтирилган қатламда уларнинг солиштирма оғирликлари фарқи (кг/см³ - Fe₂O₃-5,2; Al₂O₃-2,8; SiO₂ - 2,6 (5-жадв.)) бўйича пневмосепарация орқали ажратиш амалга оширилди.

**Ажратиб олингандан кейинги композицион кул элементлари солиштирма
баланси**

Элемент	Оғир.%	Элемент	Оғир.%	Элемент	Оғир.%
1-цикл наъмунаси		2-цикл наъмунаси		3-цикл наъмунаси	
O	49.31	O	48.71	O	56.02
Al	10.04	Mg	0.41	Al	17.09
Si	23.61	Al	13.09	Si	21.89
S	0.62	Si	19.73	K	1.14
K	4.84	S	0.40	Ca	1.88
Ca	2.56	K	5.99	Ti	0.41
Fe	7.11	Ca	5.50	Fe	0.88
		Fe	5.70		
Жами: 100.00		Жами: 100.00		Жами: 100.00	

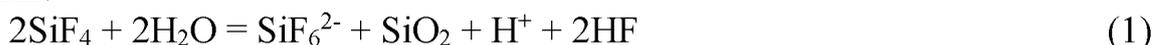
Диссертациянинг «ИЭС композицион кул чиқиндиларини қайта ишлаш жараёнларининг физик-кимёвий асослари» деб номланган тўртинчи бобида кўмир ёниш жараёнида микроэлементлар фазавий ўзгаришларининг термодинамик прогнозлаштириш бўйича ва уларнинг композицион кулда жойлашиш шакли бўйича маълумотар келтирилган. Амалга оширилган ҳисоб-китоблар гидрокимёвий ажратиб олиш асоси бўлган энг эъхтимолий оксидланиш даражасини аниқлаш имконини беради, шунингдек кўмир ёниш маҳсулотларида микроэлементлар тақсимланишини прогнозлаштиришга имкон беради.

Ҳисоб-китоблар натижасига кўра барча микроэлементларни икки гуруҳга ажратиш мумкин. Биринчи гуруҳга кўпроқ газ фазага ўтувчи бирикмалар (ванадий ва галлий) мансуб. Бу шлакни учувчи композицион кулга нисбатан бирлашишиги олиб келади, шунингдек минимал ўлчамдаги композицион кул зарраларида уларнинг жамланишини кутишга имкон беради. Иккинчи гуруҳни кўмир ёниш ҳарорат тартибларида газсимон бирикмаларни деярли умуман шакллантирмайдиган микроэлементлар ташкил этади. Ушбу микроэлементларни композицион кул ва композицион кул чанги ўртасида тенг тақсимланишини, шунингдек маълум ўлчамдаги композицион кул зарраларида эканлигини кутиш мумкин. Плавик кислотаси билан ўзаро таъсирида макрокомпонентларнинг – оксидов Fe, Al, Si – ўзини тутиши ўрганилди.

Мураккаб бирикмаларни шакллантиришга юқори даражада мойиллиги мавжудлиги учун темир оксиди HF эритмаларида яхши эриш хусусиятига эга. Сувли ускунада буғлатиш жараёнида темир фториди (III) оксид эритмасидан ажратиб олинади. Ишқорли металллар ёки аммоний таркибли эритмалардан $M_2[FeF_5]$ турдаги, шунингдек кам миқдорда $M_3[FeF_6]$ ва $M[FeF_4]$ турдаги иккилик ёки мураккаб тузлар кристаллашади. Концентрланган HF эритмаларида темир кўпроқ мураккаб анион $[FeF_6]^{3-}$ кўринишида жойлашган. HF да алюминий оксиди F^- иони билан турли комплекслар шакллантириб эрийди. AlX_3 алюминий тузлари эритмаларида аквакатионлар мавжудлиги учун, ион гидратациясининг тузилма-термодинамик томонларини ҳисобга олиш лозим. Композицион кулда кремний оксиди кўпроқ муллит, шунингдек альфа кварц шаклида жойлашган. Эриш тезлиги тадқиқоти шуни

кўрсатдики турли модификациялар кўринишидаги микрон ўлчамидаги зарралар турли тезликларда эрийди, лекин HF эритмаси концентрацияси 1 М га кўтарилганда фарк ахамият касб этмайди.

Агар темирни енг юқори солиштирма оғирлик қиймати бўйича 80% ни ажратиб олиш мумкин бўлса, композицион кулдага миқдори 23,61 ва 10,04% бўлган қолган икки макрокомпонентларнинг – кремний ва алюминий – солиштирма оғирликлари яқин бўлганлиги сабабли, хусусан 2,6 ва 2,8 кг/см³ мос равишда, темирни солиштирма оғирликлар фарқи бўйича ажратиб олиш мумкин эмас. Лекин темир ажратиб олингандан сўнг гидрометаллургик усулда ажаратиб олиш мумкин. Кейинги гидролиз билан NH₄F эритмаси орқали юқори дисперсияли кремний икки оксидини ажратиб олиш принципиал имконияти кўрсатилган. SiF₄ ни CaF₂ ва H₂SO₄ аралашмаларига ишлов бериш билан биринчи модданинг 1,5 баробар ортикчалигида, иккинчи модданинг 3 баробарлик ортикчалигида, ишлов бериш вақти 60 дақиқа ва 25 °С ҳароратда ажратиб олиш амалга оширилди. Олинган тетрафторсилан аммоний фториди эритмаси билан абсорбацияга юборилади. Аммоний фториди билан тетрафторсилана абсорбциясини қуйидаги реакциялар билан ифодалаш мумкин:



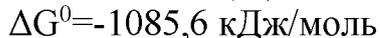
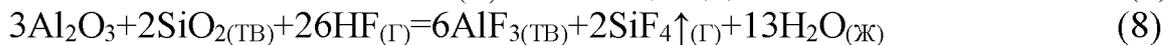
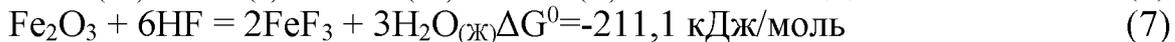
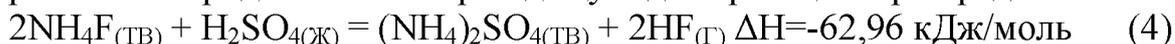
Абсорбция жараёнида шаклланган аммоний кремний фториди стехиометрик жиҳатдан зарур бўлганидан 150% миқдорда 23-25% ли аммиак билан ишлов беришган. Аммоний кремний фториди гидролизини қуйидаги реакция билан ифодалаш мумкин:



Композицион кулни $\tau=60$ минут, $t=25^\circ\text{C}$, H₂SO₄ нинг 3 баробар ортикчалиги, CaF₂ нинг 1,5 баробар ортикчалиги шароитида гидроишқорлаш орқали ажратиб олинган силикат эритмасидан кремний икки оксидини ажратиб олиш 50% ни ташкил этади.

50 % чиқишбилан, тўғридан-тўғри композицион кулдан $\tau=40$ минут, $t=250^\circ\text{C}$, H₂SO₄нинг 3 баробар ортикчалиги, CaF₂нинг 1,5 баробар ортикчалиги шароитида худди шундай натижа олинган.

Аммоний фторидидан фойдаланган ҳолда фторидли ишлов бериш орқали алюминий сульфатини эритмага ажратиб олиш бўйича маълумотлар келтирилган. Фторидли ишлов беришда қуйидаги реакциялар боради:



Реакция муҳитини давомли иситишда қуйидаги реакциялар боради:



6-жадвалда алюминий сульфатини ажратиб олишнинг аммоний фториди ортикчалигига, ишлов бериш ҳарорати ва вақтига боғлиқлиги кўрсатилган.

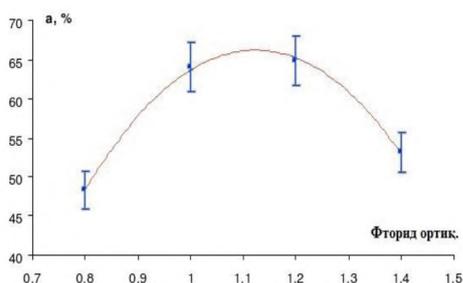
6-жадвал

Алюминий сульфатини ажратиб олишнинг аммоний фториди ортикчалигига боғлиқлиги

NH₄F: композицион кул	0,8	1	1,2	1,4
α(Al₂(SO₄)₃), %	47,6 ± 2,4	63,4 ± 3,2	64,2 ± 3,2	52,5 ± 2,6

Олинган маълумотлар асосида алюминий сульфатини ажратиб олишнинг аммоний фториди ортикчалигига боғлиқлиги графиги яратилган.

4-расм шуни кўрсатадики, аммоний фторидининг бир оз ортикчалигида аммоний сульфатини эритмага максимал ажратиш даражасига эришилади.



4-расм. Алюминий сульфатини ажратиб олишнинг аммоний фториди ортикчалигига боғлиқлиги

Диссертациянинг «Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭС кўмир ёнишининг кул чангини гидрокимёвий қайта ишлаш» деб номланган бешинчи бобида Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭС кўмир ёниши кул чиқиндисини гидрокимёвий қайта ишлаш натижаси келтирилган. Гидрокимёвий қайта ишлаш икки усулда – кислотали ва ишқорли ишлов бериш – амалга оширилди. Композицион кул компонентларининг кислотали ва

ишқорли муҳитларда ишқорланишини солиштириш мақсадида гидрокимёвий ишлов бериш 2 соат давомида юқори ҳароратда ўтказилган. Олинган натижалар (7-жадв.) шуни кўрсатадики, композицион кулнинг барча компонентларидан фақатгина церий, уран ва торий кислотада ажратиб олишнинг юқори даражасига эга (80% дан юқори). Бу Ga₂O₃ – SiO₂ тизими учун 1560±10°C ҳароратгача кристобалит ва β- Ga₂O₃ аралашмаси шаклланиши билан изоҳланади.

7-жадвал

Композицион кулга кимлотали ва ишқорли ишлов бериш натижаларини таққослама таҳлили

Тажриба шароити	α_{Si}, %	α_{Al}, %	α_{Fe}, %	α_{Ga}, %	α_{Ce}, α_U, α_{Th}, %	α_V, %
C _K =200 г/л, τ = 2,0 с, t = 85 °C, Қ:С=1:5	–	1,5	8,4	16,3	82	6,0
C _И =200 г/л, τ = 2,0 с, t = 80°C, Қ:С = 1:5,	49,4	5,5	0,52	56,3	–	5,7

810±10°C дан юқори ҳароратларда Ga₂O₃ – Al₂O₃ тизимида α- Al₂O₃ тузилмали қаттиқ эритмалар корунд қатори шаклланади. Пастроқ ҳароратларда GaAlO₃ бирикмаси шаклланади. Ушбу факт галлийни ажратиб олиш даражаси пастлигини изоҳлайди.

Композицион кул чангининг макро- ва микрокомпонентларини ишқорли ажратиб олиш шуни кўрсатадики, хона ҳароратида макрокомпонентларни ажратиб олиш даражаси 0,5% дан ошмайди, шу сабабли композицион кулни

кимёвий жихатдан пассив деб ҳисоблаш мумкин. Юқори ҳароратда макро- ва микрокомпонентларнинг реакциявий хусусиятлари ортади. Энг юқори реакциявий хусусиятни юқори ҳароратда кремний ($\alpha = 49,4\%$) ва галлий ($\alpha = 56,3\%$) кўрсатди. Темир ушбу шароитларда деярли умуман эритмага ажратиб олинмайди ($\alpha = 0,52$).

Диссертациянинг «ИЭС композицион кул чиқиндиларидан камёб ва камёб ер элементларини ажратиб олиш» деб номланган олтинчи бобида алюминий ва темир макрокомпонентлари билан церийни сульфат кислотаси ёрдамида комплекс ажратиб олиш кўриб чиқилган. Тажрибалар натижаси шуни кўрсатдики, асосий кул шакллантирувчи элементларнинг 50 – 300 г/л оралиғидаги сульфат кислотаси концентрациясига боғлиқлиги мавжуд эмас. Галлийни ажратиб олиш жараёнини интенсивлаштириш учун кремнисизлаштирилган композицион кулга янги ишқорлар билан кетма-кет 3 босқичда 1 соатдан ишлов берилган (8-жадв.). Тадқиқот қуйидаги шароитларда ўтказилди: $C_{\text{ишқор}} = 200$ г/л; $T = 80^\circ\text{C}$; $Q:C = 1:5$ (20 г композицион кул ва 100 мл ишқор).

8-жадвал

Ишқор эритмалари билан кўп марта ишлов бериш орқали галлийни ажратиш

Босқич	Ишлов бериш вақти, с	Ажратиб олинган Ga миқдори, мг	Ga, %
I	3	1,25(0,14)	63,5
(кремнийсизлантириш)			
II	1	1,61(0,17)	81,7
III	1	1,85(0,18)	94,1
IV	1	1,93(0,21)	98,2

Кремнийсизлаштирилган кўп мартали ишлов беришда галлийни деярли бутунлай ажратиб олинади (98,2%).

Диссертациянинг «Пьюролайт S-930 ва Пьюролайт S-957 сорбентларида галлийни ион алмашинуви усулида ажратиб олиш» деб номланган еттинчи бобида кислотали ва ишқорли муҳитларда «Пьюролайт S-930» ва «Пьюролайт S-957» сорбентларида ион алмашинуви усулида галлийни ажратиб олиш маълумотлари келтирилган.

9-жадвал

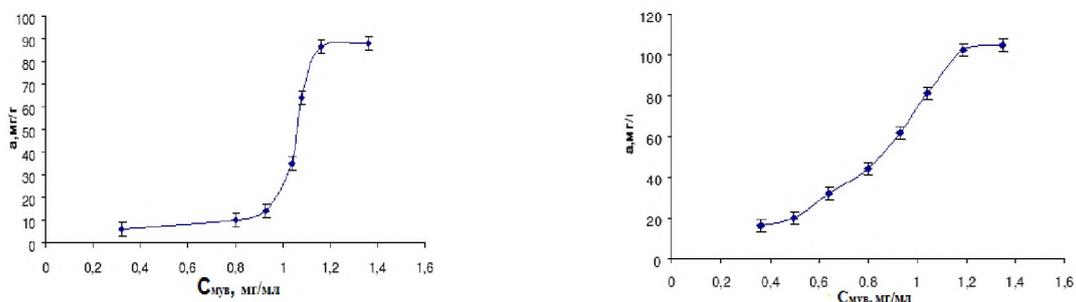
Композицион кулга ишлов беришда галлийни ажратиб олиш

Тажриба шароити: $Q:C = 1:5$, $m_{\text{кул}} = 50$ г, $V_{\text{эритма}} = 500$ мл				α_{Ga} , %
Реагент	t, °C	T, соат	Эритмада Ga концентрацияси, мг/мл	
H_2SO_4 , $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 200$ г/л	80	3	0,36	16
HCl , $C_{\text{HCl}} = 200$ г/л	50	1	0,14	6,4
	80	3	0,57	26

Ишқорли эритмалардан фойдаланган ҳолда галлийни ажратиб олиш самарадорлиги юқорида 9-жадвалда келтирилган ва қуйидаги шароитларда 56% ни ташкил этади: $C = 200$ г/л, $t = 2$ соат, $Q:C = 1:5$.

Ишқорлаш эритмасида галлийнинг концентрацияси 5,1 мг/л ни ташкил этади.

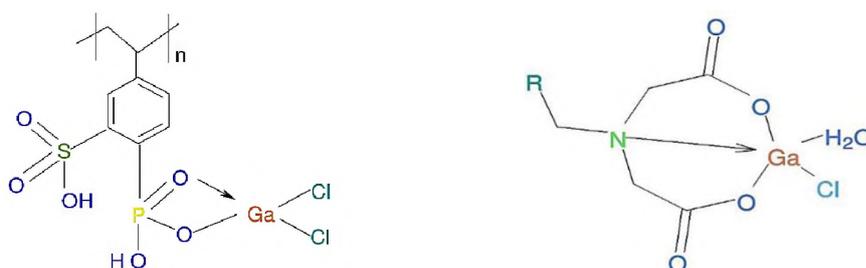
Галлийни сув эритмаларидан ажратиш учун 0,94-1,1 и 8,0 г-экв/л умумий алмашинув сиғимига эга «Пьюролайт S-930» и «Пьюролайт S-957» хелат смолалари тажрибадан ўтказилди.



5-расм. pH=11 шароитида «Пьюролайт S-930» ва «Пьюролайт S-957» сорбентларида Ga сорбциясининг изотермаси

5-расмда «Пьюролайт S-930» ва «Пьюролайт S-957» катионитларида галлийни сорбциялаш изотермаси келтирилган ва улар максимал статик алмашинув сиғимини (COE) ифодаловчи платого чикувчи қийшиқлардан иборат. S-930 ионити учун COE 88 мг/г ни ташкил этди. S-957 ионитининг максимал статик алмашинув сиғими S-930 ионитиникига қараганда юқорироқ ва 105 мг/г ташкил этди. Ионитнинг Пьюролайт S-957 (COE = 104 мг/г) даги эритма билан 6 соатлик контактида ва Пьюролайт S-930 (COE = 88,0 мг/г) даги эритма билан 8 соатлик контактида алмашинув мувозанатига эришилади.

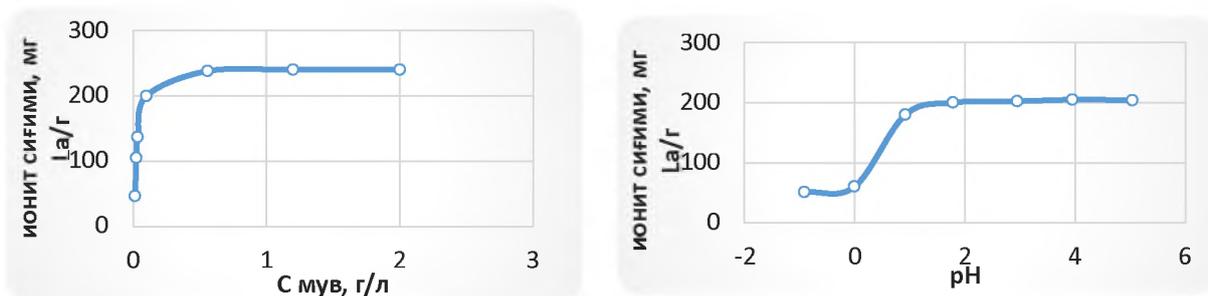
Ионитнинг Пьюролайт S-957 (COE = 104 мг/г) даги эритма билан 6 соатлик контактида ва Пьюролайт S-930 (COE = 88,0 мг/г) даги эритма билан 8 соатлик контактида алмашинув мувозанатига эришилади ва бу Пьюролайт S-930 ионити самарад эканлигини кўрсатади. Сорбция ионит функционал гуруҳлари билан комплекслар яратилиши ҳисобига амалга оширилади (6-расм).



6-расм. «Пьюролайт S-957» ва «Пьюролайт S-930» сорбентларидаги Ga сорбциясининг мумкин бўлган сорбция механизми

Диссертациянинг «ИЭС композицион кул чиқиндиларидан камёб ер металларини ажратиш олиш» деб номланган саккизинчи бобида лантан мисолида кучли кислотали Purolite C100-Н катионитида КЕМ кислотали эритмалардан ажратиш олиш тадқиқоти бўйича маълумотлар келтирилган. «Purolite C-100Н» катионитида Лантан сорбциясининг бошланғич эритма pH га боғлиқлиги шуни кўрсатдики, 2 дан 5 гача pH оралиғида статик алмашинув

сиғими деярли ўзгармайди ва сорбция қиймати ўртача 200 мг/г ни ташкил этади.



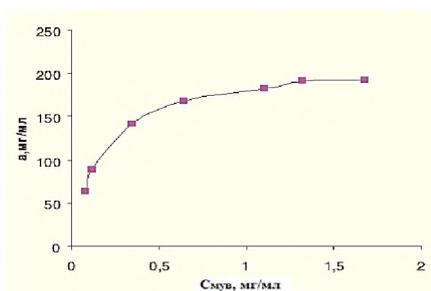
7-расм. «Purolite C-100H» катионитида Лантан сорбциясининг мувозанат эритмаси концентрациясига ва бошланғич эритма pH га боғлиқлиги

Мувозанат эритмада лантанинг концентрацияси 0,51 г/л бўлганда «Purolite C-100H» ионитининг максимал статик алмашинув сиғими (СОЕ) эришилади ва у 240 мг/л ни ёки или 5,1 мг×экв/г ($K_p=120$) ни ташкил этди (7-расм). Скандийни «Пьюролайт S-950» ионитидаги хлорли эритмалардан сорбция қилишнинг бошланғич эритмага боғлиқлиги шуни кўрсатдики, ионит СОЕ муҳитга боғлиқ. Олинган маълумотлардан келиб чиқиб, «Пьюролайт S-950» катионитида скандий сорбцияси изотермасини олиш учун, сорбция pH = 2 шароитда ўтказилди.

10-жадвал

**Бошланғич эритма pH га боғлиқ равишда скандий сорбцияси.
C = 1 мг/мл, pH= 1-4, $m_{\text{ионита}}= 0,1$ г**

pH	D _{бош} , Сэ	C _{бош} , мг/мл	D _{муv} , C, ср	C _{муv} , мг/мл	a, мг/г
1	0,20	0,91	0,11	0,5	82± 3
2	0,21	0,96	0,10	0,45	103±3
3	0,20	0,91	0,09	0,41	100±3
4	0,18	0,83	0,08	0,34	98±4



8-расм. «Пьюролайт S-950» смоласидаги хлорид кислотали эритмалардан скандий сорбциясининг изотермаси

Бошланғич концентрациялари 0 дан 2,6 мг/мл гача оралиқдаги хлорид кислотали эритмалардан скандий сорбциясининг изотермасини куриш ўтказилди, эритма pH 2 бирликни ташкил этди. Сорбция 24 соат давомида амалга оширилди. Олинган маълумотларга кўра «Пьюролайт S-950» да скандий сорбциясини ҳисоблаб чиқдик. Маълумотлар 11-жадвал ва 8-расмда келтирилган. «Пьюролайт S-950» катионитида скандий сорбциясининг изотермаси (8-расм) қавариқ қийшиқ чизикдан иборат. Ионитнинг максимал статик алмашинув сиғими (СОЕ) мувозанат эритмада скандийнинг

концентрацияси 1,6 мг/мл га тенглигида эришилади ва у 192 мг/г ташкил этади. Қийшиқ чизик Лэнгмюр тенгламасига бўй сунади, $a_{\infty}=195.4$ и $b=5.9$, $K_s=175$.

«Пьюролайт S-950» да скандийни сорбция қилишнинг мувозаант эритмадаги металл концентрациясига боғлиқлиги. $C_{\text{бош}} = 0 - 2$ мг/мл, $\text{pH} = 2$, $m_{\text{кат}} = 0,1$ г

$D_{\text{бош, Ср}}$	$C_{\text{бош, мг/мл}}$	$D_{\text{мув, ўрт}}$	$C_{\text{мув, мг/мл}}$	$a, \text{ мг/г}$
0,085	0,40	0,018	0,080	64 ± 3
0,12	0,56	0,025	0,12	89 ± 2
0,22	1,05	0,075	0,34	142 ± 3
0,32	1,47	0,14	0,64	168 ± 4
0,44	2,02	0,25	1,1	183 ± 5
0,49	2,27	0,29	1,32	191 ± 3
0,54	2,64	0,36	1,68	192 ± 3

Диссертациянинг «Технологик жараёнларни оптимал ўтказишни ишлаб чиқиш ва тавсия этиш» деб номланган тўққизинчи бобида жараёнларни оптимал равишда ўтказиш бўйича таклифлар ва ККЧ утилизацияси технологиясини ишлаб чиқиш натижалари келтирилган. Ангрэн ва Янги-Ангрэн ИЭС қаттиқ чиқиндиларининг дифференцияланган пробаларининг кимёвий ва минерологик таркибини ўрнатиш бўйича тадқиқотлар натижалари ҳамда макро- ва микрокомпонентларни ажратиш мумкинлигини ўрганиш, шунингдек мавжуд адабиётлардаги ККЧни қайта ишлаш технологияси бўйича маълумотлар тахлили ККЧни қуйидаги блок-схема (9-расм) бўйича босқичма-босқич қайта ишлаш зарурлигини кўрсатди. Флотация ёрдамида «ёнмаган кўмир»ни йўқотиш маҳаллий хомашёдан тайёрланган «Фан ва тараккиёт» ДУКда ишлаб чиқилган (муаллиф Хурсанов А.Х.) флотореагент таркибни қўллаш билан амалга оширилди.

Ёнмаган кўмир зарраларининг юқори даражадаги ғоваклик ва ёнмаган кўмир зарралари адсорбциявий-фаол уст қисми юзаси қисқариши анъанавий флотореагентларнинг катта сарфини талаб қилади. «Ёнмаган кўмир» флотацияси жараёнининг самарадорлигини ва камхаржлигини ошириш учун ишлаб чиқилган композицион кимёвий флотореагент-кўпирғич – таркиби қўлланган тажрибалар ўтказилган (12-жадвал). Ўтказилган лаборатор тадқиқотлар натижасида ККЧ «ёнмаган кўмир»ини алоҳида фракцияга самарали ажратишга имкон берувчи реагент тартиби аниқланган.



9-расм. ККЧни қайта ишлаш блок схемаси

Флотацияловчи композиция таркиби

№	Композицион кимёвий флотореагент-пеналагич – таркиби номланиши	Миқдори, %
1.	Госсипол смоласи	5
2.	ИАФ (инжекцион-адгезионфракция)	15
3.	Глицерин	30
4.	Этиленгликоль	5
5.	Лаурет сульфат	5
6.	И-20А (веретен ёғи)	5
7.	Алкил бензол	10
8.	Карбамид	25

Бундан ташқари, кўмир зарралари флотацияси жараёнига флотацияга бўтананинг тайёрлиги, бошланғич материал сита таркиби, бўтанада қаттиқ фаза миқдори, флотация вақти, аэрация даражаси ва реагент тартиби. Ёнмаган кўмирни ажратиш олишнинг оптимал шароитини ўрганиш мақсадида қаттиқ ва суюқ фазалари нисбати 1:2 бўлган кул бўтанаси тайёрланди. Экспериментал равишда аниқланган флотациянинг оптимал вақти 20 минутни ташкил этди.

Экспериментал маълумот-лардан шу кўриниб турибдики (13-жадвал), 2,0 г/кг керосин сарфи, 2,5 г/кг ОП-10 ва Қ:С=1:2 нисбати шароитида «ёнмаган кўмир» миқдорини бошланғич композицион кулда 6% дан флотоконцентратда 19% гача кўтариш мумкин.

Кўмир фракцияси чиқиши учун тўпловчи ва пеналагичларнинг биргаликдаги таъсири

m ОП-10, г	Сарф, г/кг	V кер., мл	Сарф, г/кг	m концентр, г	Концентратнинг кўмирдаги миқдори, %
0,30	1,5	0,1	0,4	8,99	7,45
0,40	2,0	0,2	0,8	10,56	9,75
0,50	2,5	0,3	1,2	13,13	17,06
0,50	2,5	0,4	1,6	19,59	17,46
0,50	2,5	0,5	2,0	20,55	18,96

Флотациянинг энг яхши кўрсаткичлари шароитида (m ОП-10 0,5 г; керосин V 0,5 г; флотации вақти 20 мин) ажратиш олинидиган кўмир миқдорини ошириш учун тўрт марталик кўмир флотацияси ўтказилган. Олинган натижалар (14-жадв.) шуни кўрсатадики, шундай схемада ажратиш олинадиган кўмирнинг умумий миқдори 80 % ни ташкил этади, яъни агар зарурат бўлса, деярли бутунлай ёнмаган кўмирни ажратиш олиш мумкин. Олинган концентратларда кўмирнинг ўртача миқдори 19,8 % ташкил этади.

Кўмир тўрт марталик флотацияси кўрсаткичлари

Босқич №	$m_{\text{концентрат}}$, Г	Кўмирнинг концентратдаги микдори, %	Кўмирнинг умумий микдори, %
I	20,6	19,0	19,0
II	19,1	21,7	40,7
III	23,4	20,1	60,8
IV	19,3	18,5	79,3

Темирни ажратиб олиш блок схемасида (9-расм) псевдосулоптирилган қатламда макрокомпонентларнинг солиштирма оғирликлари фарқи бўйича пневмосепарациялаш усулидан фойдаланилган: (кг/см³): SiO₂– 2,6; Al₂O₃– 2,8; Fe₂O₃ – 5,2. Бу усул кул чанги Инаъмунасидаги юкори темир таркибли (44,67%) наъмуна учун самарали.

Жараён бориши кетма-кетлиги блок-схемага мувофиқ равишда компонентларни ажратиб олишнинг белгиланган мақсадига боғлиқ бўлиб, турли ККЧни қайта ишлаш усуллари асосида тузилган технологик ҳарита кўринишида намоён қилинган (15,16,17-жадваллар).

Шундай қилиб, таклиф қилинаётган технология асосида қайта ишлашни ҳисобга олган ҳолда йилига 125 000 тонна ККЧ тажриба ишлаб чиқаришни ташкил этиш орқали йилига 9 000 тонна ёнмаган кўмир, йилига 8 000 тонна темир оксиди, йилига 37 000 тонна кремний икки оксиди, 40 000 тонна алюминий оксиди, 120 тонна скандий оксиди, 150 тонна камёб ер элементлари концентратини ажратиб олиш мумкин. Йилига 125 минг тонна/йил қувватига эга махсулот ишлаб чиқришга мўлжалланган 16 минг тонна/йил магнетит концентрати, 75 минг тонна/йил кремний оксиди, 20 минг тонна/йил алюминий оксиди, 1,5 минг тонна/йил камёб ер металлари саноат махсулоти, 10 минг тонна/йил ёнмаган кўмир ишлаб чиқаришга имкон берадиган тажриба ишлаб чиқаришни ташкиллаштириш техник-иқтисодий баҳоланган. Шунингдек, қимматбаҳо ва радиоактив компонентларни ажратиб олингандан кейинги қолдиғи қурилиш материалларида қўлланиши мумкин. Қутилаётган иқтисодий эффект 6 212 млн. сўмни ташкил этади.

1 т концентратни қайта ишлаш ҳисобида
композицион кул чангини комплекс қайта ишлаш
ТЕХНОЛОГИК ҲАРИТАСИ-1

Технологик операция шароити	Бошланғич компонентлар	Ажратилган махсулот
ΣКЕМ фторидларини ва Ас(қўшимча) олишнинг сульфат кислота тизими		
1. Бошланғич кул чиқиндилари бўтанасини тайёрлаш: К:С=1:2	1) Композицион кул - 1 т, таркиби: 55,2% -552 кг SiO ₂ ; 29,3%- 263 кг Al ₂ O ₃ 2,4% - 24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг ΣКЕМ ва Ас(қўшимча)	Қуйилтирилган бўтана - 3,22 т; V=2,73м ³

	2) Айланма сув -2,22 м ³	
2. Тўпланма ишқорлаш: К:С=1:5	1) Бўтана - 2,73 м ³ : 552кг SiO ₂ ; 263кг Al ₂ O ₃ -24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56 кг ∑КЕМ ва Ас(қўшимча); 2) NH ₄ OH Си = 200-250 г/л, t = 85 °С, τ-2,0 час.	Бўтана – 4,41 т; V= 3,47 м ³ ; Таркиби: CaSO ₄ ; CaF ₂ AlF ₃ ; FeF ₃ ; ∑КЕМ эримайдиган фторидлари ва Ас(қўшимча)
Кремний, алюминий, ∑КЕМ фторидларини ва Ас ни фторид кислотаси оркали ажратиб олиш тизими		
1) Кул - 1 т, Таркиби: 55,2% -552кг SiO ₂ ; 29,3%-263 кгAl ₂ O ₃ 2,4%-24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг ∑КЕМ ва Ас(қўшимча); 2) Айланма сув - 2,22 м ³	Н F - 45% С:К = 1:3 t = 25°С стехиометриядан 3 баравар ошиқчалик	SiF ₆ ²⁻ ва AlF содалари эритмаси CaSO ₄ , CaF ₂ чўкмаси, эримайдиган рангли ва КЕЭ фторидлари

16-жадвал

Ажратиб олиш билан биргаликда 1 т концентратни қайта ишлаш ҳисобида галлий ва кремний оксидининг аморф таркибини гидроишқорлаш оркали ажратиб олиш ТЕХНОЛОГИК ҲАРИТАСИ-2

Технологик операция шароити	Бошланғич компонентлар	Ажратилган маҳсулот
∑КЕМ фторидларини ва Ас ни сульфат кислотаси оркали ажратиб олиш тизими		
1. Бошланғич кул чиқиндилари бўтанасини тайёрлаш: К:С=1:2	1) Композицион кул - 1 т, таркиби: 55,2% -552 кг SiO ₂ ; 29,3%-263 кг Al ₂ O ₃ 2,4% - 24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг ∑КЕМ ва Ас(қўшимча) 2) Айланма сув -2,22 м ³	Қуйилтирилган бўтана -3,22 т; V=2,73м ³
2. Ишқорли ишлов бериш; қуйилтирилган бўтана: К:С=1:5	1) Бўтана - 2,73 м ³ : 552кг SiO ₂ ; 263кг Al ₂ O ₃ -24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56 кг ∑КЕМ ва Ас(қўшимча); 2) NH ₄ OH Си = 200-250 г/л, t = 85°С, τ-2,0 соат.	Бўтана – 4,41 т; V= 3,47 м ³ ; Эритма: SiO ₂ бўйича 60 г/л ва галлий бўйича 5,1 мг/л ҳамда ∑КЕМ ва Ас(қўшимча); Чўкма таркиби: Al(OH) ₃ ; Fe(OH) ₃ .
3. Бўтана фильтрацияси; кекни ювиш: К:С=1:5H ₂ O; 100°С τ-1,0 соат.	1) Бўтана – 4,41 т; V= 3,47 м ³ . 2) Айланма сув - 1,5 м ³ .	Эритма: SiO ₂ бўйича 60 г/л ва галлий бўйича 5,1 мг/л ҳамда ∑КЕМ ва Ас(қўшимча); Қаттиқ қолдиқ қурилиш саноати учун

**1 т концентрат ҳисобида кремний, алюминий, темир оксидларини ва Σ КЕМ фторидларини олиш билан аммоний фторидини қўллаган ҳолда композицион кул чиқиндисини комплекс қайта ишлаш
ТЕХНОЛОГИК ҲАРИТАСИ-3**

Технологик операция шароити	Бошланғич компонентлар	Ажратилган маҳсулот
ΣКЕМ фторидларини ва Ас ни сульфат кислотаси орқали ажратиб олиш тизими		
1. Бошланғич кул чиқинди бўтанасини тайёрлаш: Қ:С=1:2	1) Композицион кул -1 т, таркиби: 55,2% -552кг SiO ₂ ; 29,3%-263 кг Al ₂ O ₃ 2,4%-24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг Σ КЕМ ва Ас(қўшимча); «ёнмаган кўмир» 2) Айланма сув -2,22 м ³	Қуйилтирилган бўтана - 3,22 т; V=2,73м ³
2. Фильтрация: Т=100 ⁰ С, 1 соат Қ:С=1:5 Н ₂ О	1) Аралашма (NH ₄) ₂ SO ₄ , H ₂ SO ₄ , Al(SO ₄) ₃ , Fe ₂ (SO ₄) ₃ , эримайдиган КЕЭ бирикмаси, ёнмаган кўмир; 2) H ₂ SO ₄ С _к = 100-200 г/л 3 баравар ортиқчалиги; NH ₄ F 1,5 баравар ортиқчалиги t = 25 °С, τ -2,0 соат.	Чўкма: куймаган кўмир, эримайдиган КЕЭ бирикмаси Эритма
Кремний, алюминий, ΣКЕМ фторидларини ва Ас ни фторид кислотаси орқали ажратиб олиш тизими		
1) Композицион кул -1 т, таркиби: 55,2% -552кг SiO ₂ ; 29,3%-263к г Al ₂ O ₃ 2,4%-24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг Σ КЕМ ва Ас(қўшимча); 2) Айланма сув -2,22 м ³	HF -45% Қ:С = 1:3 t = 25 ⁰ С стехиометриядан 3 баравар ортиқчалик	SiF ₆ ²⁻ ва AlF содалари эритмаси CaSO ₄ чўкмаси Σ КЕМ концентрати и Ас
Аммоний криолитни ажратиб олиш	SiF ₆ ²⁻ ва AlF ₃ содаси эритмаси NH ₄ F эритмаси, стехиометриядан 3 баравар ортиқчалик.	SiF ₆ ²⁻ эритмаси (NH ₄)AlF ₄ аммоний криолити
SiO ₂ ажратиб олиш	SiF ₆ ²⁻ содаси эритмаси NH ₄ OH 23-25% эритмаси	NH ₄ F эритмаси SiO ₂ чўкмаси

ХУЛОСАЛАР

1. Ангрен ва Янги-Ангрен ИЭС ККЧ таркибида кўмир ёнишида ҳосил бўлувчи композицион кул чангининг таркибида Σ КЕМ ва 0,065 %

актиноидлар, 2,61 г/т тилла ва 1,04 г/т кумуш мавжудлиги ва уларнинг марфологик ҳослиги, фазавий ва элемент таркиблари аниқланди.

2. Рентген фазали таҳлил қилиш ва кислотали ишқорлашда оксид ҳолатидаги композицион кул таркибида церий борлиги тасдиқланди.

3. Макро- ва микрокомпонентларнинг фторид кислотаси билан ўзаро таъсирини термодинамик баҳолаш ва Гиббс энергияси (ΔG) қийматлари, эрувчан комплексларнинг ҳосил бўлиши кўрсатилган. $[\text{FeF}_6]^{3-}$ мулит минералидаги алюминий, эрувчан комплекс ҳосил бўлиши $[\text{AlF}_6]^{3-}$ ва H_2SiF_6 микрокомпонентлар қийматлари эримайдиган фторидларни ҳосил қилиши аниқланди.

4. Сульфат кислота билан ишқорлаш жараёнининг кинетикасини ўрганиш шуни кўрсатдики, церий, темир ва алюминийнинг реакцияси қаттиқ фазанинг таркибий қисмлари учун биринчи тартибли реакция ва ҳарорат ортиши билан реакциянинг тезлиги ҳам ортиши аниқланди, бунда реакция тезлик константаси 40-80 °C да церий учун $6,0 \times 10^3$ дан $3,5 \times 10^2$ минггача, темир учун $2,5 \times 10^4$ дан $2,1 \times 10^3$ минггача, алюминий учун $0,8 \times 10^4$ дан $3,8 \times 10^4$ минггача ортади. Фаолланиш энергиясининг ҳисобланган қиймати церий, темир ва алюминий учун мос равишда 46,2, 51,9 ва 33,2 кДж/моль га тенглиги аниқланди.

5. Композицион кул суспензиясига электрохимёвий ишлов берилганда макро- ва микрокомпонентларнинг ишқорланиш даражаси ошиши катодда водород ажралиб чиқиш шароитида оддий ишқорлашга қараганда алюминийнинг ажралиш даражаси 1,1 баробарга, темирнинг – 1,3 баробарга, галлийнинг – 4,5 баробарга, церийнинг – 5 баробарга, ванадийнинг – 16 баробарга ортиши аниқланди.

6. Марказдан қочма кучлар ёки қайновчи қатлам асосида циклонларда рудалар, концентратлар ва қоришмалар компонентларининг солиштирма оғирлиги фарқидан фойдаланган ҳолда ККЧ макрокомпонентларини ажратиш ва бойитиш усули яратилди. Циклонларда модданинг тақсимланиши энг оғиридан (циклон 2- Fe_2O_3 солиштирма оғирлиги $5,2 \text{ кг/см}^3$) энг енгилгача (циклон 4- SiO_2 солиштирма оғирлиги $1,93 \text{ кг/см}^3$) юз беради. Аммоний фторидини қўллаган ҳолда ва Fe_2O_3 , Al_2O_3 , оқ сажа ва ноёб ер элементлари концентратини олиш билан бир қаторда макрокомпонентларни – алюминий, темир ва кремний – ажратиб олишнинг бирлаштирилган технологияси яратилиб, ишлаб чиқаришда жорий этишга тавсия этилди.

7. Ноёб ер элементларини турли «Пьюролайт» катионитларида жамлашнинг сорбция усули яратилган ва уларни ажратиб олишнинг оптимал шароитлари аниқланди. Галлийнинг «Пьюролайт S-930» смоласига ажратиб олиш 92%ни ташкил этиши кўрсатилди. Таклиф қилинган сорбция механизми галлийнинг фосфон ва сульфогуруҳ сорбентлар билан мажмуалар яратишидан иборат. «Purolite C-100H» сорбентида лантаннинг ютилиши 80%ни ташкил этди.

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

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ФАН ВА
ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

КАМОЛОВ ТУРСУНБОЙ ОЧИЛОВИЧ

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РАЗРАБОТКА
ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ОТХОДОВ АНГРЕНСКОЙ И НОВО-
АНГРЕНСКОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

**02.00.07 – Химия и технология композиционных, лакокрасочных и резиновых материалов
05.02.01 – Материаловедение в машиностроение. Литейное производство. Термическая
обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных, цветных металлов.
Технология редких, благородных и радиоактивных элементов (технические науки)**

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

Ташкент-2021

Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2020.4.DSc./Г397.

Диссертация выполнена в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараккиёт» при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

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

Научные консультанты:	Шарипов Хасан Турабович доктор химических наук, профессор
	Борбат Владимир Федорович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Якубов Махмуджон Махамаджанович доктор технических наук, профессор
	Юсулбеков Нодирбек Рустамбекович доктор технических наук, профессор, академик АН РУз
	Хасанов Абдурашид Солиевич доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Институт общей и неорганической химии

Защита диссертации состоится «11» февраля 2021 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова. (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871) 227-12-73; 246-02-24. E-mail: fanvataraqqiyot@mail.ru в здании ГУП «Фан ва тараккиёт», 2-й этаж, зал конференций).

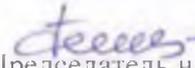
С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараккиёт» (зарегистрирован за №3-21). (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а. Тел.: (99871)246-39-28, факс: (99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «28» января 2021 года.
(протокол рассылки № 3-21 от «7» января 2021 года)




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


М.Э. Икрамова
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней, к.х.н.


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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время в мире извлечение редкоземельных элементов и драгоценных металлов при переработке техногенных композитных золошлаковых отходов тепловых электростанций (ТЭС), а также предотвращение загрязнения окружающей среды является актуальной проблемой сегодняшнего дня. Известно, что накопление техногенных отходов является одним из основных факторов, препятствующих устойчивому развитию мировой экономики. Использование твердого топлива на угольных ТЭС приводит к экологической проблеме образования больших объемов композиционных золошлаковых отходов (КЗШО). В связи с этим, извлечение редкоземельных элементов и драгоценных металлов на основе переработки золошлаковых отходов является одним из важных задач.

На сегодняшний день в мировом масштабе проводятся научно-исследовательские работы по изучению кинетики, развития вредных компонентов, по разработке экономичной технологии обогащения золошлаковых отходов, которые позволяют получать из отходов экоминеральные продукты, имеющие ряд уникальных свойств и возможность использования в различных отраслях промышленности. Разработка технологии электростатической сепарации, позволяющей снизить количество углерода в золе угольной пыли, очистка отходов от радиоактивных элементов, создание для металлургической и строительной отрасли вторичной сырьевой базы является актуальной и востребованной.

В Республике уделяется большое внимание научным исследованиям по переработке техногенных отходов ТЭС. В Республике Узбекистан принимаются широкомасштабные меры по улучшению экологического состояния территорий и использованию природных ресурсов, обеспечивающих комплексную переработку рудных и техногенных отходов, которые имеют научное и практическое значение. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи, направленные на «...обеспечение продуктов и технологий совершенно нового типа, и обеспечение производства отечественных продуктов, конкурентоспособных на внешнем и внутреннем рынках на этой основе...»¹. В связи с этим, замена дефицитного сырья на композитные золошлаковые отходы, расширение получения полупродуктов редкоземельных, редких и благородных металлов для различных отраслей промышленности имеет важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента РУз №УП-4947 от 7 февраля 2017г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениях Президента РУз № ПП-4401 от 23 июля 2019 г.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

«О мерах по дальнейшему совершенствованию геологического изучения недр и реализации государственной программы развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы на 2020 – 2021 годы» и № ПП-4477 от 4 октября 2019 г. «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². В области исследований научных основ и разработки технологии комплексной переработки техногенных отходов металлургической и энергетической отрасли ведутся в ведущих научных центрах высших образовательных учреждениях мира, в том числе в University of Kyoto (Япония), Cardiff Metropolitan University (Великобритания), МГУ им. М.В.Ломоносова (Россия), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (Россия), С-Петербургском государственном политехническом университете, Томском государственном университете (Россия), Омском государственном техническом университете (Россия), Омском государственном университете им.Достоевского (Россия), Сибирском федеральном университете Институте тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН (Россия), Горно-металлургическом институте им. О.А.Байконурова (Казахстан), Казанском государственном энергетическом университете (Россия), Украинском государственном университете химической технологии (Украина), Институте минеральных ресурсов (Узбекистан), Институте геологии и геофизики АН РУз (Узбекистан), Институте общей и неорганической химии АН РУз (Узбекистан) и ГУП «Фан ва тараккият» Ташкентского государственного технического университета им. И.А.Каримова (Узбекистан).

В результате исследований по разработке технологии переработки КЗШО получен ряд научных результатов, в том числе: исследована возможность извлечения редких металлов и ванадия из летучей угольной золы (University of Kyoto); утановлены факторы, влияющие на скорость извлечения урана, тория, иттрия и редкоземельных элементов из некондиционного сырья (Cardiff Metropolitan University); разработана кислотно-экстракционная технология извлечения галлия из золы-уноса от сжигания энергетических углей (Горно-металлургический институт им. О.А.Байконурова); разработан способ обогащения проб зольношлаковых отходов и извлечению пылевидных частиц благородных металлов (Институте тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН); разработан способ обогащения золы-уноса ТЭЦ по редким и цветным металлам для их последующего извлечения (Омский

² Обзор зарубежных исследований по теме диссертации:
<http://www.natlib.uz/ru>; <http://earthpapers.net>;
<http://www.ngtp.ru>; <http://www.geokniga.org/books>;
<http://geologinfo.ru>; <https://www.niuif.ru> и др.

государственный университет им. Ф.Достоевского); определены применение зол и золошлаковых отходов в производстве строительных материалов (С-Петербургский государственный политехнический университет); установлены факторы экологического воздействия ЗШО на окружающую среду и показаны пути их устранения («Дальневосточный федеральный университет»); определены радиационные показатели, золошлаковых отходов промышленности (Забайкальский государственный университет); определены возможности использования ЗШО в качестве источника вторичного ресурса для снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду (Томский политехнический университет).

В мире проводятся ряд исследований комплексной переработки золошлаковых отходов ТЭС, в частности по следующим приоритетным направлениям: комплексное исследование состава и минералогических форм нахождения ценных компонентов являющийся составной частью технологической минералогии КЗШО; изменение термодинамических констант сложных соединений; различие композиционного золошлака, золоуноса микросферы и недожѳга; изучение кинетики сорбции редких металлов катионитами; разработка технологии комплексной переработки с извлечением из них как токсичных вредных компонентов, так и ценных редких и редкоземельных элементов.

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в развитие науки и практики в изучении комплексной переработки композиционных техногенных отходов, содержащих редкие металлы внесли зарубежные и отечественные ученые: Шпирт М.Я., Berry E.E., Sandhu S.S., Michalikova F., Tsuboi Izumi, Anshits A.G., Berry E.E., Hemmings R.T., Golden D.M., Monjoie A., Rondia D., Борбат В.Ф., Адеева Л.Н., Михайлов Ю.Л., Абишева З.С., Маликова О.И., Хлопицкий А.А., Салихов В.А., Хаглеев Е.П., Шамсутдинова Э.В., Шарипов Х.Т., Искандерова М.И., Шукуров Н.Э., Туресебеков А.Х., Алимов Р.С. и Юсупходжаев А.М.

Исходя из анализа существующих работ, необходимо отметить, что на сегодняшний день известны метод разделения и обогащения макро- и микрокомпонентов, формы расположения редких, редкоземельных металлов и актиноидов, метод разделения и обогащения редкоземельных элементов с использованием различных масс. компонентов, создание и разделение РЗЭ в различных сорбентах. Существует проблема улучшения оптимальных условий производства и разработки комплексной технологической системы переработки. В связи с этим научные исследования по раздельной переработке микросфер, зольной пыли, золы и несгоревшего угля имеют большое научное и практическое значение для промышленности нашей страны.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного учреждения. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института по гранту ППИ 7-056 «Установление форм нахождения токсичных металлов в отходах Ангренской ТЭС с целью оценки их влияния на окружающую среду» и плана научно-

исследовательских работ государственного унитарного предприятия «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета имени И.Каримова по проекту ПЗ-202005142 «Разработка комплексной технологии извлечения редкоземельных элементов и драгоценных металлов на основе утилизации золошлаковых отходов Ангренской и Новоангренской ТЭС» (2020-2021 гг.).

Целью исследования является физико-химические особенности композиционных отходов Ангренской и Ново-Ангренской тепло электр станции и разработка технологии комплексной переработки.

Задачи исследования:

проведение комплексных исследований химического и минералогического состава композиционного золошлакового «техногенного сырья» с использованием высокоинформативных инструментальных химического и минералогического анализа методами дифрактометрического анализа, энергодисперсионной и ИСП- спектроскопии;

утилизация макросоставляющих – кремния, алюминия и железа путем, разделения макрокомпонентов – оксидов кремния, алюминия и железа по разнице удельных весов макрокомпонентов;

разработка получения высокодисперсного диоксида кремния и сульфата алюминия;

термодинамическое прогнозирование фазовых превращений микроэлементов в процессе сжигания угля и их форм нахождения в композиционной золе;

определение содержания в составе КЗШО и разработка способа их концентрирования и разделения;

разработка комплексной технологии переработки КЗШО с разделением макро-и микрокомпонентов;

исследование процессов сорбции редких и редкоземельных металлов и выбор селективных сорбентов.

Объектами исследования являются золошлаковые отходы Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС, золоунос, микросфера и «недожог».

Предметом исследования является оценка перспектив пополнения минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана за счет вовлечения в производства техногенных КЗШО и получение продукции более высокой добавленной стоимостью.

Методы исследования. В диссертационной работе применены современные физико-химические методы, в том числе, ИК-Фурье (ИК) спектроскопия, элементный, рентгенофазовый (РФА), дифференциально-термический (ДТА) анализы, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС), сканирующая электронная микроскопия с энерго-дисперсионным анализом (SEM-EDX).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

методами физико-химического анализа установлены химический и вещественный состав топливных шлаков представляющих собой

гетерогенную систему с переменным составом, минеральной основой которых является плагиоклаз, волластанит, когенит, кварц, стекловатая масса (аллофан), раскристаллизованный кварц, силицит железа, магнетит, силикат алюминия;

установлены фракционный, вещественный, химический состав и минералогические особенности основных компонентов КЗШО Ангреной и Новоангреной ТЭС и определено отличие друг от друга композиционных золошлаков, золоуноса, микросферы и «недожога» по вещественному и минералогическому составу и их дифференцирование по технологическому-минералогическому принципу;

проведена термодинамическая оценка взаимодействия макро- и микрокомпонентов с фтористоводородной кислотой и по значениям энергии Гибса (ΔG) определено самопроизвольное образование растворимых комплексов $[\text{FeF}_6]^{3-}$, образование растворимого комплекса алюминия $[\text{AlF}_6]^{3-}$ и H_2SiF_6 в минерале муллита и образование нерастворимых фторидов микрокомпонентами по значениям (ΔG).

установлено, что при сернокислотном выщелачивании наряду с макрокомпонентами железом и алюминием эффективно переходит в раствор церий и процесс протекает по реакции первого порядка для компонентов твердой фазы и его скорость увеличивается при повышении температуры;

впервые исследована сернокислотная извлечение редкоземельных металлов и кинетика сорбции на кинетике различных катионитах «Пьюролайт», на основании изотерм определены оптимальные условия их извлечения и предложен механизм сорбции.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан способ обогащения и разделения макрокомпонентов КЗШО с использованием разницы удельных весов компонентов руд, концентратов и смесей псевдоживой сепарации;

разработана комбинированная технология извлечения макрокомпонентов – алюминия, железа и кремния – с применением фторида аммония и получением оксидов Fe_2O_3 и Al_2O_3 , белой сажи и концентрата РЗЭ;

разработан сорбционный способ концентрирования редкоземельных металлов на различных катионитах «Пьюролайт» и определены оптимальные условия их извлечения.

Достоверность полученных результатов обоснована на результатах нескольких лабораторных и промышленных экспериментов с использованием современных физико-химических методов, разработанных автором для определения химико-минералогического состава первичного сырья и продуктов технологической переработки с использованием современных компьютерных и программных средств.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования характеризуется созданием основы для получения химического и минералогического состава продуктов, которые составляют дифференцированную технологическую и минералогическую основу технологии по переработке продуктов сжигания

твердого топлива важных для экономики страны Ангренской и Новоангренской ТЭС.

Практическая значимость результатов исследования заключается взаимным извлечением макро- и микрокомпонентов с использованием фторида аммония и серной кислоты, а также извлечением редкоземельных элементов и драгоценных металлов.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по изучению физико-химических свойств композиционных отходов Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС и разработки технологии комплексной переработки:

комбинированная технология разделения макрокомпонентов ККС с использованием разницы удельного веса компонентов руд, концентратов и смесей в циклонах на основе развиваемых центробежных сил или слоя кипения внедрены в АО «Ангренская ТЭС» (справка АО «Ангренская ТЭС» № 01/1446 АФ от 9 декабря 2020 г.). В результате, дано возможность извлекать макрокомпоненты по этой технологии;

технология сорбционного извлечения микрокомпонентов композиционных золошлаковых отходов ТЭС в катионитах «Пьюролайт» (извлечение редких и редкоземельных металлов – галлия, церия, лантана, скандия и ванадия; повышение эффективности выщелачивания) внедрено в цехе получения редких металлов медеплавильного завода при АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» № 63-500 от 29 декабря 2020 г.). В результате, дано возможность извлечь редкие и редкоземельные металлы – галлий, церий, лантан, скандий и ванадий; повысить эффективность выщелачивания;

сорбционный способ концентрирования редкоземельных металлов на различных катионитах «Пьюролайт» и оптимальные условия их извлечения внедрен в цехе получения редких металлов медеплавильного завода при АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» № 63-500 от 29 декабря 2020 г.). В результате, появилось возможность достичь до 92% эффективности сорбции галлия в сорбенте «Пьюролайт S-930».

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждены на 32 конференциях, в том числе, 5 международных и 27 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 49 научных работ, в том числе 1 монография, 16 научных статей, из них 10 в республиканских и 6 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, девяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 196 страниц компьютерного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении сформулированы актуальность, востребованность, цель и задачи работы, показаны объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, обоснованы научная новизна, практические результаты и достоверность результатов исследований, приводятся сведения по опубликованным работам и структуре диссертации, и внедрению в практику результатов исследования.

В первой главе диссертации под названием «**Современное состояние теории и практики глубокой переработки композиционной золы ТЭС различных угольных месторождений**» приводится обзор литературы, в котором рассмотрены состояние проблемы переработки КЗШО за рубежом, образование КЗШО при сжигании углей и анализ экологической ситуации в районе Ангренской ТЭС. Несмотря на многочисленность исследований по утилизации КЗШО, в каждом случае состав и способы переработки зависят от природы угля, режимов сжигания, в следствии чего необходимо знание химического и минералогического состава КЗШО.

Результаты наблюдений показали, что поверхностные и подземные воды, почвы и растительность сильно загрязнены такими тяжелыми металлами, как свинец, медь, цинк, селен, вольфрам, кобальт, кадмий и мышьяк. В числе главных причин, которые определяют низкий уровень утилизации КЗШО и сдерживают дальнейшее повышение уровня их использования до мирового, является отсутствие на данный момент данных по составу и количеству макро- и микрокомпонентов в КЗШО Ангренской ТЭС, гранулометрическому составу, которые необходимы для планирования их дальнейшей утилизации. Решение перечисленных проблем необходимо для повышения уровня утилизации КЗШО ТЭС с целью сокращения их накопления, улучшения экологической обстановки в районе расположения ТЭС, а также получения дохода от реализации продукции, произведенной на основе КЗШО.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Выбор и обоснование объектов исследования и методов их исследования**», приведены сведения по применяемым современным высокоинформативным физико-химическим методам исследований, применяемым в данной работе, а также результаты исследований влияния композиционных золошлаковых отходов Ангренской и Новоангренской ТЭС на экосистему Ангрен-Ахангаранского региона.

В результате проведена оценка загрязнения поверхностных вод в бассейне р. Ахангаран. Наиболее загрязнены ионами металлов р. Ахангаран в среднем течении ниже дюкеров Ташканала. Среднестатистические концентрации тяжелых металлов, найденные в реке Аханагаран, концентрация большинства металлов (Cu, Zn, Ba, Pb, Th и U) в образцах, собранных вблизи от источников загрязнения зависит от близости источника. Концентрация Zn, Pb, Ba, U и Th была в 3-5 раз выше, чем концентрация в кларках: со средним значением 1,136, 2,430, 373, 12, and 29 мг/кг, соответственно. Наибольшее содержание было найдено для цинка Zn (до 1,136 мг/кг) и свинца Pb (до 373

мг/кг) в верхних слоях почвы рядом с ТЭС. Некоторые металлы (V, Cr, Co, Ni) показывают обратную тенденцию к понижению концентрации около источника загрязнения. Электропроводность почвы достигает наивысшего уровня для образцов около источников загрязнения, со значением 0.40.5 мС/г, и 0.33 мС/г.

В третьей главе под названием «**Физико-химические исследования исходного бурого угля и продуктов сгорания угля Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС**» установлено, что качественный и количественный состав компонентов композиционной золы зависит от месторождения угля. Состав компонентов угля можно считать постоянным для макрокомпонентов, в то время как для микрокомпонентов он не является постоянным даже внутри одного пласта. Химические свойства компонентов композиционной золы, а также их способность концентрироваться в процессе сжигания угля, обусловлены их фазовым составом. Фазовый состав соединений зависит в первую очередь от температурных режимов сжигания угля и состава газовой атмосферы, в которой происходит формирование соединений.

Электронно-микроскопические исследования композиционных зол проводились с использованием растрового электронного микроскопа (SEM). Полученная информация, представлена на снимках (рис.1).

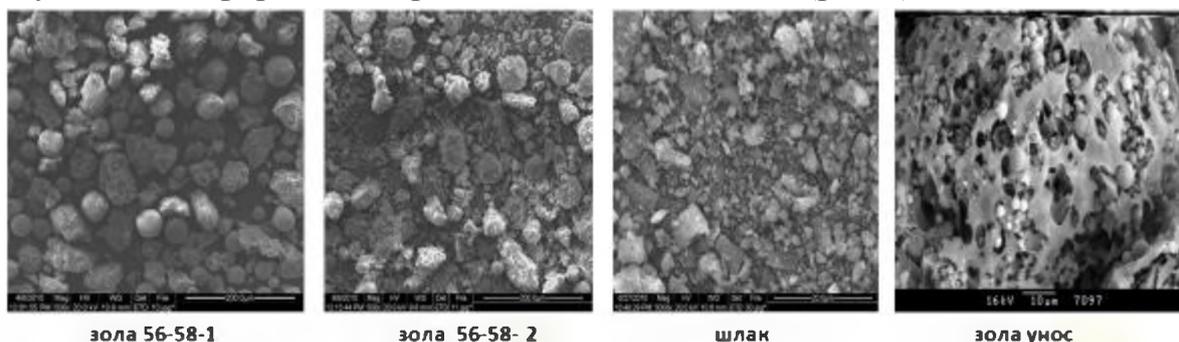


Рис. 1. Обзорные микрофотограммы КЗШО Ангренского и Новоангренского ТЭС

На основании данных по изучению вещественного состава композиционных зол и шлаков с использованием химического, микрорентгеноспектрального (микрондовый), рентгенофазового и электронно-микроскопического анализов показано, что химическому и вещественному составу композиционные золы и шлаки представляют собой гетерогенную систему с переменным составом, где главными компонентами является кислотный SiO_2 и основные оксиды CaO , Fe реже MgO , а также нейтральные Al_2O_3 . По данным химических анализов композиционных зол и шлаков была рассчитана их кислотно-основная характеристика. По пересчетным данным установлено, что композиционные золы и шлаки относятся к кислым. Минеральной основой композиционных зол и шлаков являются: плагиоклаз, волластанит, когенит, кварц, стекловатая масса (аллофан), раскристаллизованный кварц, силицит железа, магнетит, силикат алюминия и др.

В данной работе из-за различия в морфологии отходов нами проведен дифференцированный анализ образцов – композиционных золошлаков, золоуносов и микросфер.

В таблице 1 приведен химический состав дифференцированных проб композиционного золошлакового отхода.

Микроэлементный состав представлен в таблице 2. Микрокомпоненты состоят из редких, редкоземельных и благородных, а также радиоактивных металлов, содержание которых представляют промышленный интерес.

Из таблицы 2 видно, что в пробе композиционного золоуноса концентрация железа на порядок превышает содержания в других образцах.

Кроме того, нами проведено исследование образцов с помощью энергодисперсионной спектроскопии (табл. 3-4 и рис. 2-3).

Как видно из таблиц 3-4 и рисунков 2-3 РЗМ и актиноиды, золото и серебро концентрируются в образце 3.

С учетом этого обстоятельства нами проведено разделение макрокомпонентов железа, кремния и алюминия пневмосепарированием в псевдооживленном слое по разнице их удельных весов (кг/см^3 - Fe_2O_3 -5,2; Al_2O_3 -2,8; SiO_2 - 2,6 (табл. 5)).

Таблица 1

Химический состав макроэлементов ТЭС-4 и Ново-Ангренский ТЭС композиционной золы, масс. в % (данные рентгенофлуоресцентного анализа)

Элемент	ЭкибастузТЭС-4	Новоангренский ТЭС			
		Золоунос	Микросфера	Золошлак 1	Золошлак 2
SiO ₂	59,9	23,12	41,47	37,58	46,46
Si		10,81	19,38	17,56	21,72
Al ₂ O ₃	29,8	5,086	24,37	19,16	23,70
Al		2,692	10,90	10,14	12,54
Fe ₂ O ₃	5,7	29,88	2,480	2,404	2,736
Fe		14,89	1,734	1,682	1,914
Сумма	95,4	86,4	100,334	88,526	109,07

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «**Физико-химические основы процессов переработки композиционных золошлаковых отходов ТЭС**», приведены данные термодинамического прогнозирования фазовых превращений микроэлементов в процессе сжигания угля и их форм нахождения в композиционной золе. Выполненные расчеты позволяют установить наиболее вероятную степень окисления, что является основой гидрохимического извлечения, а также позволяют прогнозировать распределение микроэлементов в продуктах горения угля. По результатам расчетов все микроэлементы можно разделить на две группы. К первой относятся соединения, преимущественно переходящие в газовую фазу (ванадий, галлий).

Таблица 2

Микроэлементный состав композиционной золы ТЭС-4 и Ново-Ангренский ТЭС, масс. в % (данные рентгенофлуорисцентного анализа)

Элемент	Экибастуз ТЭС-4	Новоангренский ТЭС			
		Золунос	Микросфера	Золошлак 1	Золошлак 2
Sc	0,0011	0,00052	0,00140**	0,00062	0,00068
Y	0,0040	0,00238	0,00371	0,0044**	0,00314
La	0,0014	0,00238	0,00371**	0,0044	0,00351
Ce	0,0066	0,00142	0,00763**	0,00748**	0,00760
Yb	0,0006	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
Nd	-	0,00213**	0,0004	0,0004	0,00004
Tb	0,0008	-	-	-	-
Dy	0,0009	-	-	-	-
Sm	0,0005	0,00373**	0,00213**	0,00199**	0,00227**
Th	0,0006	0,00215**	0,00243**	0,00243**	0,00261**
U	0,0002	0,00004	0,00181**	0,00171**	0,00167**
Zr	0,034	0,00761	0,02631	0,01816	0,01980
Cu	0,0056	0,0056	0,4930**	0,00710	0,00564
Ga	0,14	0,00037	0,00202	0,00336	0,00391
V	0,0044	0,00586	0,01324**	0,00742**	0,00860**
Сумма:		0,0344	0,557	0,0597	0,0597
Au (г/т)		0,352	0,199	2,61**	0,213
Ag (г/т)		1,04**	0,830**	0,273	0,722

*данные для сравнения **высокие содержания элементов

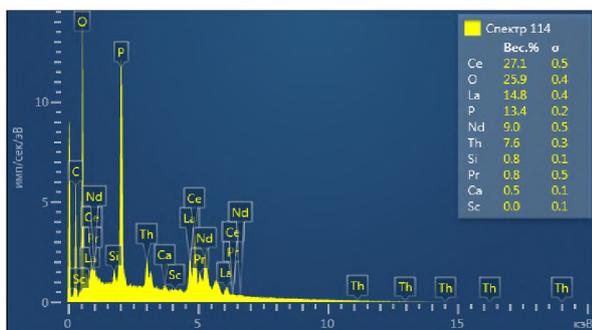


Рис. 2. ЭД спектры локального участка 64 образца 3

Таблица 3

Весовые содержания РЗЭ в локальном участке 64

Элемент	Вес.%	Элемент	Вес.%
O	25.88	Ca	0.52
Si	0.85	Sc	0.05
P	13.36	La	14.84
Pr	0.77	Th	7.60
Nd	8.99	Ce	27.15
Ca	0.52		
Сумма:		100.00	

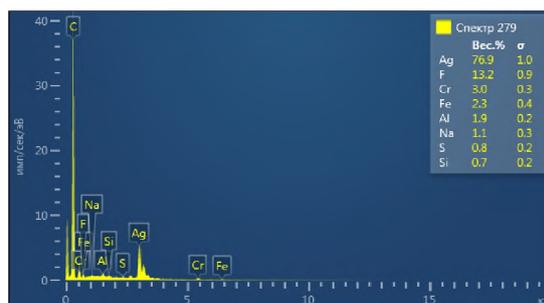
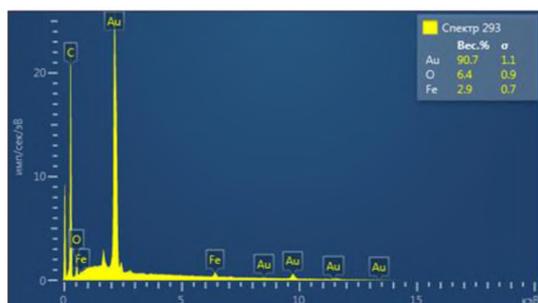


Рис. 3. ЭД спектры локальных участков 112 и 109 образца 3

Таблица 4

Весовые содержания РЗЭ в локальном участке 64

А)		Б)			
Элемент	Вес. %	Элемент	Вес. %	Элемент	Вес. %
О	6.44	F	13.17	S	0.84
Fe	2.88	Na	1.05	Cr	3.01
Au	90.69	Al	1.95	Fe	2.35
Сумма:	100.00	Si	0.74	Ag	76.90
		Сумма:	100.00		

Таблица 5

Сравнительный баланс элементов в композиционной золе после разделения

Элемент	Вес. %	Элемент	Вес. %	Элемент	Вес. %
Образец 1-цикла		Образец 2-цикла		Образец 3-цикла	
О	49.31	О	48.71	О	56.02
Al	10.04	Mg	0.41	Al	17.09
Si	23.61	Al	13.09	Si	21.89
S	0.62	Si	19.73	K	1.14
K	4.84	S	0.40	Ca	1.88
Ca	2.56	K	5.99	Ti	0.41
Fe	7.11	Ca	5.50	Fe	0.88
		Fe	5.70		
Сумма:	100.00	Сумма:	100.00	Сумма:	100.00

Это приводит к обеднению шлака относительно летучей композиционной золы, а также позволяет ожидать их концентрирования на частицах композиционной золы с минимальным размером. Вторую группу составляют микроэлементы, практически не образующие газообразных соединений при температурных режимах, реализуемых при сжигании угля. Для этих микрокомпонентов следует ожидать равномерного распределения между композиционным шлаком и композиционной золой-уноса, а также по размерам частиц композиционной золы. Изучено поведение макрокомпонентов – оксидов Fe, Al, Si – при взаимодействии с плавиковой кислотой.

Оксид железа обладает хорошей растворимостью в растворах HF вследствие высокой склонности образовывать комплексные соединения. Фторид железа (III) выделяется из раствора окиси в HF в виде 3-гидрата при упарке на водяной бане. Из растворов, содержащих хлориды щелочных металлов или аммония, кристаллизуются двойные или комплексные соли типа $M_2[FeF_5]$, а также в меньших количествах в виде $M_3[FeF_6]$ и $M[FeF_4]$. В растворах концентрированной HF железо находится преимущественно в виде комплексного аниона $[FeF_6]^{3-}$. Оксид алюминия растворяется в HF, образуя комплексы различного состава с ионом F^- . Поскольку в растворах солей алюминия AlX_3 , присутствуют аквакатионы, необходимо учитывать структурно-термодинамические аспекты ионной гидратации. Оксид кремния находится в композиционной золе преимущественно в виде муллита, а также в виде альфа кварца. Исследования скорости растворения показали, что

частицы микронного размера в виде различных модификаций растворяется с различной скоростью, но при повышении концентрации раствора HF более 1 М эти различия становятся несущественными.

Если железо наиболее большим значением удельного веса удается на 80 % отделить, то два других макрокомпонента кремний и алюминий, содержанием в композиционной золе 23,61 и 10,04 % из-за близости уд.вес, кг/см³ 2,6 и 2,8 для SiO₂ и Al₂O₃ соответственно невозможно отделить по разности удельных весов. Однако после отделения железа разделение возможно гидрометаллургическим способом. Показана принципиальная возможность получения высокодисперсного диоксида кремния раствором NH₄F с последующим гидролизом. Извлечение SiF₄ проводили обработкой смесью CaF₂ и H₂SO₄ при 1,5 кратном избытке первого вещества, 3 кратном избытке второго вещества, времени обработки 60 минут и температуре 25 °С. Полученный тетрафторсилан направлялся на абсорбцию раствором фторида аммония. Абсорбцию тетрафторсилана фторидом аммония можно представить следующими реакциями:



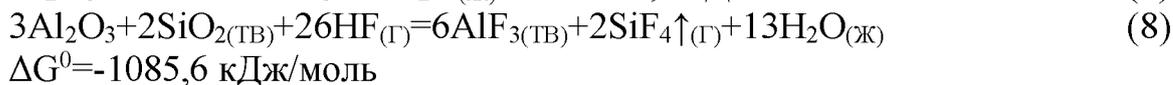
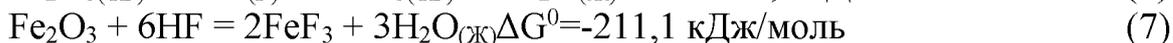
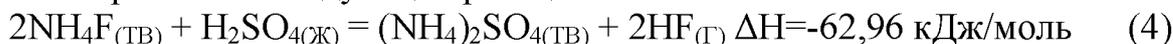
Образовавшийся в ходе абсорбции кремнефторид аммония обрабатывали аммиаком с концентрацией 23-25%, в количестве 150 % от стехиометрически необходимого. Гидролиз кремнефторида аммония можно представить следующей реакцией:



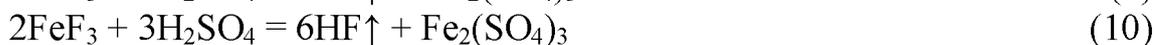
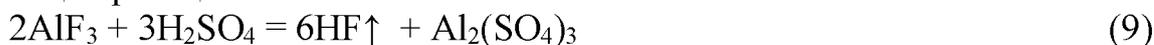
Выход диоксида кремния из силикатного раствора, полученного гидрощелочной обработкой композиционной золы при условии обработки: τ = 60 минут, t = 25 °С, 3-х кратный избыток H₂SO₄, 1,5 кратный избыток CaF₂ составляет 50%.

Такой же результат с выходом 50% получен при непосредственном получении из композиционной золы при условии обработки: τ = 40 минут, t = 25 °С, 3-х кратный избыток H₂SO₄, 1,5 кратный избыток CaF₂.

Приведены данные по получению сульфата алюминия в раствор при фторидной обработке с использованием фторида аммония. При фторидной обработке протекают следующие реакции:



При продолжительном нагревании реакционной среды протекают следующие реакции:



В таблице 6 представлены зависимость извлечения сульфата алюминия от избытка фторида аммония, от температуры и времени обработки.

Таблица 6

**Зависимость степени извлечения сульфата алюминия в раствор
от избытка фторида аммония**

NH₄F: композиционная зола	0,8	1	1,2	1,4
$\alpha(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$, %	47,6 ± 2,4	63,4 ± 3,2	64,2 ± 3,2	52,5 ± 2,6

По полученным данным построен график зависимости степени извлечения сульфата алюминия в раствор от избытка фторида аммония.

Из рисунка 4 видно, что максимальная степень извлечения сульфата алюминия в раствор достигается при небольшом избытке фторида аммония.

В пятой главе диссертации под названием «Гидрохимическая переработка композиционной золы-уноса от сжигания углей Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС» приведены результаты гидрохимическая переработка золы-уноса от сжигания углей Ангренской и Новоангренской ТЭС.

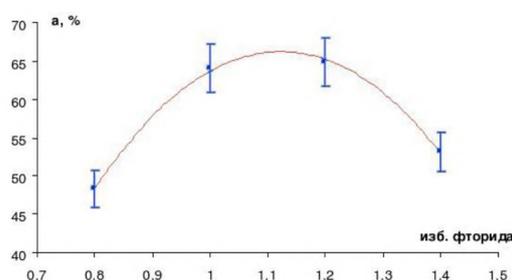


Рис. 4. Зависимость степени извлечения сульфата алюминия в раствор от избытка фторида аммония

Гидрохимическая переработка осуществлялась двумя способами – кислотной и щелочной обработкой. Для сравнения выщелачиваемости компонентов композиционной золы в кислой и щелочной средах проведена гидрохимическая обработка композиционной золы при повышенной температуре в течение 2 часов. Полученные

результаты (табл. 7) показывают, что из всех компонентов композиционной золы только церий, уран и торий имеют высокие степени извлечения в кислоте (более 80 %). Это объясняется тем, что для системы Ga₂O₃ – SiO₂ до температуры 1560±10°С образуется смесь кристобалита и β- Ga₂O₃.

Таблица 7

Сравнение результатов кислотной и щелочной обработки композиционной золы

Условия опытов	α_{Si}, %	α_{Al}, %	α_{Fe}, %	α_{Ga}, %	$\alpha_{\text{Ce}}, \alpha_{\text{U}}, \alpha_{\text{Th}}$ %	α_{V}, %
$C_{\text{к}}=200$ г/л, $\tau = 2,0$ ч, $t = 85$ °С, Т:Ж=1:5	-	1,5	8,4	16,3	82	6,0
$C_{\text{щ}}=200$ г/л, $\tau = 2,0$ ч. $t = 80$ °С, Т:Ж = 1:5,	49,4	5,5	0,52	56,3	-	5,7

В системе Ga₂O₃ – Al₂O₃ при температурах выше 810±10°С образуется корундовая серия твердых растворов со строением α - Al₂O₃. При более низкой температуре образуется соединение GaAlO₃. Этот факт косвенно объясняет низкую степень выщелачивания галлия.

Щелочное извлечение макро-и микрокомпонентов композиционной золы уноса показывают, что при комнатной температуре, степень извлечения макрокомпонентов в раствор не превышает 0,5 %, следовательно,

композиционную золу можно считать химически пассивной. При повышенной температуре реакционная способность макро- и микрокомпонентов возрастает. Наибольшую реакционную способность при повышенной температуре проявляют кремний ($\alpha = 49,4 \%$) и галлий ($\alpha = 56,3 \%$). Низкая степень извлечения наблюдается у алюминия ($\alpha = 5,5 \%$) и ванадия ($\alpha = 5,7 \%$). Железо в данных условиях практически не извлекается в раствор ($\alpha = 0,52$).

В шестой главе диссертации, озаглавленной «**Извлечение редких и редкоземельных металлов из композиционных золошлаковых отходов ТЭС**» рассмотрено комплексное извлечение церия с макрокомпонентами алюминия и железа серной кислотой. Результаты опытов показали отсутствие зависимости степени извлечения основных золообразующих элементов от концентрации серной кислоты в интервале 50 – 300 г/л. Для интенсификации процесса выщелачивания галлия, обескремненная композиционная зола последовательно обрабатывалась свежими растворами щелочи в 3 стадии по одному часу (табл. 8). Исследование проводилось в условиях: $C_{\text{щелочи}} = 200$ г/л; $T = 80^\circ\text{C}$; $T:Ж = 1:5$ (20 г композиционной золы и 100 мл щелочи).

Таблица 8

Извлечения галлия при многократной обработке растворами щелочи

Стадия	Время обработки, ч	количество извлеченного Ga, мг	Ga, %
I	3	1,25(0,14)	63,5
(обескремнивание)			
II	1	1,61(0,17)	81,7
III	1	1,85(0,18)	94,1
IV	1	1,93(0,21)	98,2

При многократной обработке обескремненной композиционной золы галлий извлекается практически полностью (98,2%).

В седьмой главе диссертации под названием «**Извлечение галлия ионообменным способом на сорбентах Пьюролайт S-930 и Пьюролайт S-957**» приведены данные по извлечению галлия в кислой и щелочных средах ионообменным методом на сорбентах «Пьюролайт S-930» и «Пьюролайт S-957».

Таблица 9

Выщелачивание галлия при обработке композиционной золы

Условия опытов $T:Ж = 1:5$, $m_{\text{золы}} = 50$ г, $V_{\text{р-ра}} = 500$ мл				$\alpha_{\text{Ga}}, \%$
Реагент	$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{ч}$	Концентрация Ga в растворе, мг/мл	
H_2SO_4 , $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 200$ г/л	80	3	0,36	16
	50	1	0,14	6,4
HCl , $C_{\text{HCl}} = 200$ г/л	80	3	0,57	26

Эффективность выщелачивания галлия при использовании щелочных растворов приведена выше в таблице 9 и составляет 56%, при условиях: $C = 200$ г/л, $t = 2$ часа, $T:Ж = 1:5$.

Концентрация галлия в растворе выщелачивания составила $5,1$ мг/л.

Для извлечения галлия из водных растворов были испытаны хелатные смолы «Пьюролайт S-930» и «Пьюролайт S-957», обладающие полной обменной емкостью 0,94-1,1 и 8,0 г-экв/л.

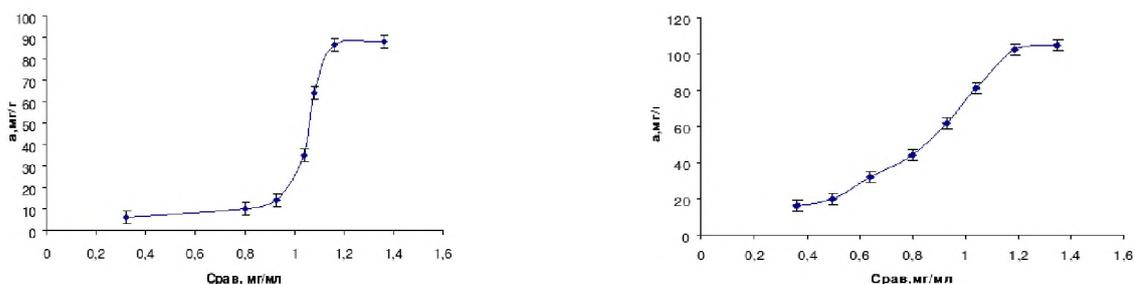


Рис. 5. Изотерма сорбции Ga на сорбентах «Пьюролайт S-930» и «Пьюролайт S-957» при pH=11

На рисунке 5 приведены изотермы сорбции галлия на катионитах «Пьюролайт S-930» и «Пьюролайт S-957» представляют собой кривые, выходящие на плато, характеризующие максимальную статическую обменную емкость (СОЕ). Для ионита S-930 СОЕ составила 88 мг/г. Максимальная статическая обменная емкость ионита S-957 выше, чем S-930 и составила 105 мг/г. Равновесие обмена достигается уже при 6 часах контакта ионита с раствором на сорбенте Пьюролайт S-957 (СОЕ = 104 мг/г) и 8 часах контакта на ионите Пьюролайт S-930 (СОЕ = 88,0 мг/г).

Равновесие обмена достигается уже при 6 часах контакта ионита с раствором на сорбенте Пьюролайт S-957 (СОЕ=104 мг/г) и 8 часах контакта на ионите Пьюролайт S-930 (СОЕ=88,0 мг/г), что показывает эффективность ионита Пьюролайт S-930. Сорбция осуществляется за счет образования комплексов с функциональными группами ионита (рис. 6).

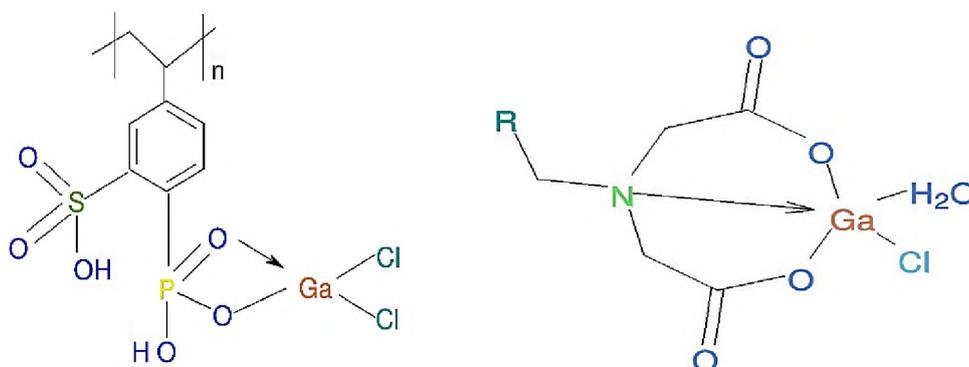


Рис. 6. Возможный механизм сорбции Ga на сорбентах «Пьюролайт S-957» и «Пьюролайт S-930»

В главе восемь диссертации, озаглавленной «Извлечение редкоземельных металлов из композиционных золошлаковых отходов ТЭС», приведены данные по исследованию извлечения РЗЭ из кислых растворов на сильнокислотном катионите «Purolite C100-H» на примере лантана. Изучение зависимости сорбции лантана из солянокислых растворов на катионите «Purolite C-100H» от pH исходного раствора показало, что в интервале pH от 2 до 5 единиц статическая обменная емкость ионита практически не меняется и величина сорбции составляет в среднем 200 мг/г.

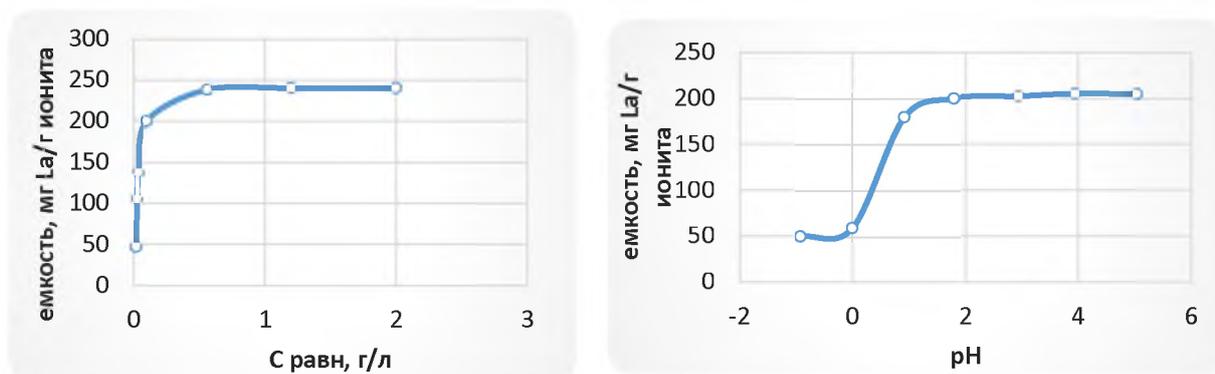


Рис. 7. Зависимость сорбции лантана от концентрации равновесного раствора рН исходного раствора на катионите «Purolite C-100Н»

Максимальная статическая обменная емкость (СОЕ) ионита «Purolite C-100Н» достигается при концентрации лантана в равновесном растворе 0,51 г/л и составила 240 мг/г или 5,1 мг×экв/г ($K_p=120$) (рис 7). Изучение зависимости сорбции скандия из хлоридных растворов на ионите «Пьюролайт S-950» от рН исходного раствора показало, что СОЕ ионита зависит от среды. Исходя из полученных данных, для снятия изотермы сорбции скандия на катионите «Пьюролайт S-950», сорбцию проводили при рН =2.

Таблица 10

Сорбция скандия на ионите в зависимости от рН исходного раствора.

$C = 1 \text{ мг/мл}$, $pH = 1-4$, $m_{\text{ионита}} = 0,1 \text{ г}$

рН	Дисх, Ср	Сисх, мг/мл	ДравС, ср	Срав, мг/мл	а, мг/г
1	0,20	0,91	0,11	0,5	82± 3
2	0,21	0,96	0,10	0,45	103±3
3	0,20	0,91	0,09	0,41	100±3
4	0,18	0,83	0,08	0,34	98±4

Построение изотерм сорбции скандия проводили из солянокислых растворов, в интервале исходных концентраций от 0 до 2,6 мг/мл, рН раствора составила 2 единицы. Сорбцию проводили в течение 24 часов.

По полученным данным рассчитали сорбцию скандия на «Пьюролайт S-950». Данные приведены в таблице 11 и на рисунке 8.

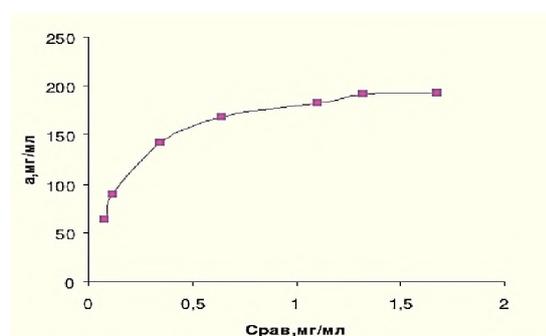


Рис. 8. Изотерма сорбции скандия из солянокислых растворов на смоле «Пьюролайт S-950»

Изотерма сорбции (рис. 8) скандия на катионите «Пьюролайт S-950» представляет собой выпуклую кривую.

Максимальная статическая обменная емкость (СОЕ) ионита достигается при концентрации скандия в равновесном растворе 1,6 мг/мл и составила 192 мг/г. Кривая подчиняется уравнению Лэнгмюра, $a_{\infty}=195.4$ и $b=5.9$, $K_p=175$.

Таблица 11

Сорбция скандия на «Пьюролайт S-950» от концентрации металла в равновесном растворе. $C_{исх} = 0-2$ мг/мл, pH 2, $m_{катионита} = 0,1$ г

$D_{исх}, C_p$	$C_{исх}, \text{МГ/МЛ}$	$D_{рав}, c_p$	$C_{рав}, \text{МГ/МЛ}$	$a, \text{МГ/Г}$
0,085	0,40	0,018	0,080	64 ± 3
0,12	0,56	0,025	0,12	89 ± 2
0,22	1,05	0,075	0,34	142 ± 3
0,32	1,47	0,14	0,64	168 ± 4
0,44	2,02	0,25	1,1	183 ± 5
0,49	2,27	0,29	1,32	191 ± 3
0,54	2,64	0,36	1,68	192 ± 3

Максимальная статическая обменная емкость (СОЕ) ионита достигается при концентрации скандия в равновесном растворе 1,6 мг/мл и составила 192 мг/г. Кривая подчиняется уравнению Лэнгмюра, $a_{\infty} = 195.4$ и $b = 5.9$, $K_p = 175$.

В девятой главе диссертации, озаглавленной «Разработка и рекомендация по оптимальному проведению технологических процессов», приведены рекомендации по оптимальному проведению процессов и результаты разработки технологии утилизации КЗШО.

Результаты по исследованию по установлению химического и минералогического состава дифференцированных проб твердых композиционных отходов Ангренской и Новоангренской ТЭС и изучение возможности разделения макро- и микрокомпонентов, а также анализ имеющихся в литературе данных по технологии переработки КЗШО показывает необходимость поэтапной переработки по следующей блок-схеме (рис. 9).

Удаление недожога флотацией нами осуществлена с применением флотореагентного состава, разработанной в ГУП «Фан ва тараккиет» из местного сырья (автор Хурсанов А.Х.).

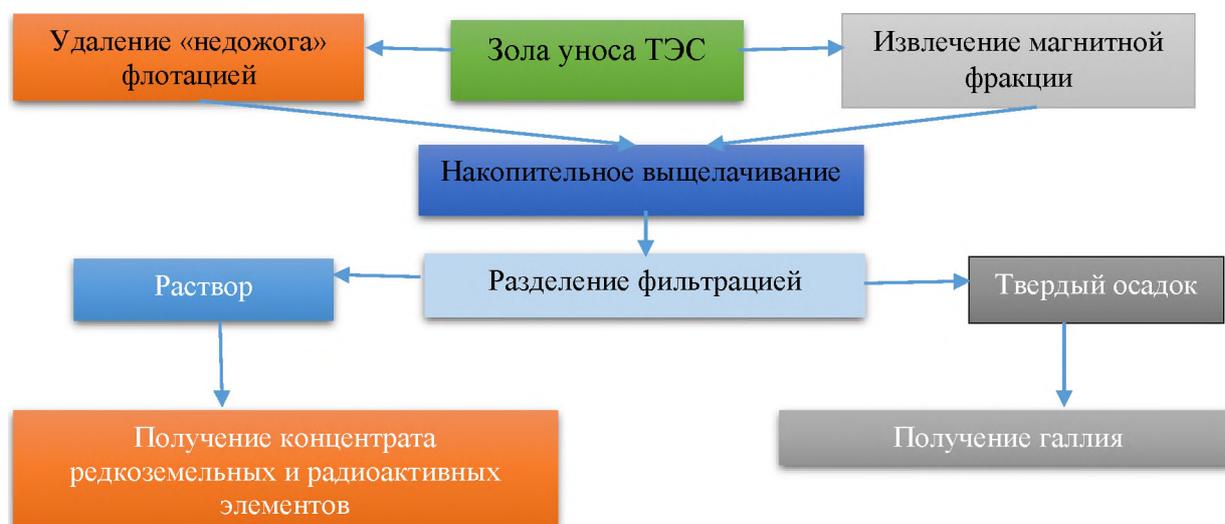


Рис. 9. Блок-схема переработки КЗШО

Повышенная пористость частиц недожога и уменьшением площади адсорбционноактивной поверхности частиц несгоревшего угля требует большого расхода традиционных флотореагентов. Для повышения эффективности и экономичности процесса флотации недожога проведены опыты, в которых применен состав разработанного композиционного химического флотореагента – вспенивателя (табл. 12). В результате проведенных лабораторных исследований установлен реагентный режим, эффективно позволяющий выделить в отдельную фракцию «недожог» КЗШО.

Таблица 12

Состав флотирующей композиции

№	Наименование состава композиционного химического флотореагента-вспенивателя	Содержание, %
1.	Госсиполовая смола	5
2.	ИАФ (инжекционно – адгезионная фракция)	15
3.	Глицерин	30
4.	Этиленгликоль	5
5.	Лаурет сульфат	5
6.	И-20А (веретенное масло)	5
7.	Алкил бензол	10
8.	Карбамид	25

Кроме того, на процесс флотации угольных частиц влияют подготовленность пульпы к флотации, ситовой состав исходного материала, содержание твердой фазы в пульпе, время флотации, степень аэрации и реагентный режим. Изучение оптимальных условий отделения несгоревшего угля приготавливалась зольная пульпа с соотношением твердой и жидкой фаз 1:2. Оптимальное время флотации, определенное экспериментально, составило 20 минут.

Как видно из экспериментальных данных (табл. 13), при расходе керосина 2,0 г/кг, 2,5 г/кг ОП-10 и соотношении Т:Ж=1:2 можно увеличить количество несгоревшего угля с 6% в исходной композиционной золе до 19% во флотоконцентрате.

Таблица 13

Совместное влияние собирателя и пенообразователя на выход угольной фракции

m ОП-10, г	Расход,г /кг	V кер., мл	Расход,г/к г	m концентр, г	Содер. угля в концент, %
0,30	1,5	0,1	0,4	8,99	7,45
0,40	2,0	0,2	0,8	10,56	9,75
0,50	2,5	0,3	1,2	13,13	17,06
0,50	2,5	0,4	1,6	19,59	17,46
0,50	2,5	0,5	2,0	20,55	18,96

С целью увеличения количества выделяемого угля в условиях наилучших показателей флотации (m ОП-10 0,5 г; V керосина 0,5 г; время флотации 20 мин) была проведена четырехкратная флотация угля. Полученные результаты (табл. 14) показывают, что при такой схеме суммарное количество выделяемого угля достигает 80 %, т.е. при необходимости можно отделить практически весь недожег из композиционной золы. Среднее содержание угля в полученных концентратах составляет 19,8%.

Таблица 14

Показатели четырехкратной флотация угля

№ ступени	mконцентрата, Г	Содержание угля в концентрате, %	Суммарное содержание угля, %
I	20,6	19,0	19,0
II	19,1	21,7	40,7
III	23,4	20,1	60,8
IV	19,3	18,5	79,3

В блок схеме (рис. 9) для извлечения железа использовано метод пневмо-сепарирования в псевдоожиженном слое по разнице удельных весов макрокомпонентов (кг/см³): SiO₂-2,6; Al₂O₃ -2,8; Fe₂O₃-5,2. Этот метод эффективен для образца с высоким содержанием железа (44,67%) в образце золоуноса I.

Последовательность проведения процесса, согласно блок-схемы предсталена в виде технологической карты, составленной на основании различных способов переработки КЗШО в зависимости от поставленной цели извлечения компонентов.

Таблица 15

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА-1

Гидрощелочного извлечения галлия и аморфной составляющей оксида кремния в расчете на переработку 1 т концентрата, с получением

Режим технологической операции	Исходные компоненты	Извлеченный продукт
Сернокислотная ветка получения фторидов ΣРЗМ и Ас(примесей)		
1. Приготовление исходной композиционной золошлаковой пульпы: Т:Ж=1:2	1) Композиционная зола -1 т, состава: 55,2% -552кг SiO ₂ ; 29,3%-263кг Al ₂ O ₃ ; 2,4%-24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг ΣРЗМ и Ас(примесей); 2) вода оборотная -2,22 м ³	Сгущенная пульпа -3,22 т; V=2,73 м ³ ;
2.Накопительное выщелачивание: Т:Ж=1:5	1) Пульпа - 2,73 м ³ : 552кг SiO ₂ ; 263кг Al ₂ O ₃ -24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56 кг ΣРЗМ и Ас(примесей);	Пульпа – 4,41 т; V= 3,47 м ³ ; Состав CaSO ₄ ; CaF ₂

	2) NH_4OH Сщ = 200-250 г/л, $t = 85^\circ\text{C}$, $\tau=2,0$ час.	AlF_3 ; FeF_3 ; нерастворимые фториды $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac (примеси)
Ветка фтористоводородного получения кремния, алюминия и фторидов $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac		
1) Композиционная Зола - 1 т, состава: 55,2% -552кг SiO_2 ; 29,3%-263к г Al_2O_3 2,4%-24кг Fe_2O_3 ; 0.56% - 0.56 кг $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac (примесей); 2) вода обратная - 2,22 м ³	HF - 45% Т:Ж = 1:3 кратный избыток от стехиометрии $t = 25^\circ\text{C}$	Раствор соды SiF_6^{2-} и AlF Осадок CaSO_4 , CaF_2 не раств фториды цветных и PЗЭ

Таблица 16

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА-2
Комплексная переработка композиционной золы уноса, в расчете на переработку 1 т концентрата

Режим технологической операции	Исходные компоненты	Извлеченный продукт
Сернокислотная ветка получения фторидов $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac(примесей);		
1. Приготовление исходной композиционной золошлаковой пульпы: Т:Ж=1:2	1) Композиционная зола -1 т, состава: 55,2% -552кг SiO_2 ; 29,3%-263кг Al_2O_3 2,4%-24кг Fe_2O_3 ; 0.56% - 0.56 кг $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac (примесей) 2) вода обратная -2,22 м ³	Сгущенная пульпа -3,22 т; $V=2,73\text{м}^3$
2. Щелочная обработка Сгущенная пульпа: Т:Ж=1:5	1) Пульпа - 2,73 м ³ : 552кг SiO_2 ; 263кг Al_2O_3 -24кг Fe_2O_3 ; 0.56 кг $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac (примесей); 2) NH_4OH Сщ = 200-250 г/л, $t = 85^\circ\text{C}$, $\tau=2,0$ час.	Пульпа – 4,41 т; $V= 3,47\text{ м}^3$; Раствор: 60 г/л по SiO_2 и 5,1 мг/л по галлию и $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac (примесей); Состав:осадка ; $\text{Al}(\text{OH})_3$; $\text{Fe}(\text{OH})_3$;
3. Фильтрация пульпы; промывка кека: Т:Ж=1:5 H_2O ; 100°C $\tau=1,0$ час.	1) Пульпа – 4,41 т; $V= 3,47\text{ м}^3$. 2) Вода обратная - 1,5 м ³ .	Раствор: 60 г/л по SiO_2 и 5,1 мг/л по галлию и $\Sigma\text{PЗМ}$ и Ac (примесей); Твердый остаток для стройиндустрии

Таким образом, при организации опытного производства КЗШО из расчета 125 000 тонн золы в год с учетом переработки по предлагаемой

технологии можно получить: несгоревшего угля 9 000 тонн в год; оксидов железа 8 000 тонн в год; диоксида кремния 37 000 тонн в год; оксида алюминия 40 000 тонн в год, оксида скандия 120 тонн в год; концентрата редкоземельных элементов 150 тонн в год.

Таблица 17

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА-3

Комплексная переработка композиционной золы уноса с использованием фторида аммония с получением оксидов кремния, алюминия, железа и фторидов Σ РЗМ в расчете на переработку 1 т концентрата

Режим технологической операции	Исходные компоненты	Извлеченный продукт
Сернокислотная ветка получения фторидов ΣРЗМ и Ас(примесей)		
1. Приготовление исходной композиционной золошлаковой пульпы: Т:Ж=1:2	1) Композиционная зола -1 т, состава: 55,2% -552кг SiO ₂ ; 29,3%-263кг Al ₂ O ₃ 2,4%-24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг Σ РЗМ и Ас(примесей); «недожог» 2) вода оборотная -2,22 м ³	Сгущенная пульпа -3,22 т; V=2,73м ³
2. Фильтрация: Т=100 ⁰ С, 1 час Т:Ж=1:5 Н ₂ О	1) Смесь (NH ₄) ₂ SO ₄ , H ₂ SO ₄ , Al(SO ₄) ₃ , Fe ₂ (SO ₄) ₃ , нр. соедРЗЭ, недожог; 2) H ₂ SO ₄ Ск = 100-200 г/л 3 кр.избыток; 1,5 кр.изб. NH ₄ F t = 25 ⁰ С, τ-2,0 час.	Осадок: Недожог, не растворимые соединения РЗЭ Раствор
Ветка фтористоводородного получения кремния, алюминия и фторидов ΣРЗМ и Ас		
1) Композиционная зола -1 т, состава: 55,2% -552кг SiO ₂ ; 29,3%-263к г Al ₂ O ₃ 2,4%-24кг Fe ₂ O ₃ ; 0.56% - 0.56 кг Σ РЗМ и Ас(примесей); 2) Вода оборотная - 2,22 м ³	HF -45% Т:Ж = 1:3 кратный избыток от стехиометрии t = 25 ⁰ С	Раствор соды SiF ₆ ²⁻ и AlF Осадок CaSO ₄ Концентрат Σ РЗМ и Ас
Получение аммонийного криолита	Раствор соды SiF ₆ ²⁻ и AlF ₃ Раствор NH ₄ F, 3 кратный избыток от стехиометрии.	Раствор SiF ₆ ²⁻ Аммонийный криолит (NH ₄)AlF ₄
Получение SiO ₂	Раствор соды SiF ₆ ²⁻ 23-25% раствор NH ₄ OH	Раствор NH ₄ F Осадок SiO ₂

Проведено технико-экономическая оценка организации опытного производства мощностью 125 тыс.т./год с выпуском товарной продукции, которая позволит производить (тыс.т./год): магнетитовый концентрат – 8; оксида кремния – 37; оксида алюминия – 10; промпродукта РЗМ – 0,75, «недожога» – 5. Вместе с тем, после извлечения ценных и радиоактивных

компонентов остаток можно использовать для строительных материалов. Ожидаемый экономический эффект составит 6 212 млн. сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что композиционная зольная пыль, образующаяся при сжигании угля на Ангренской и Ново-Ангренской ТЭС, содержит КЕМ и 0,065% актиноидов, 2,61 г / т золота и 1,04 г / т серебра и обнаружены их морфологические свойства, фазовый и элементный состав.

2. Рентгенофазовым анализом и методом кислотного выщелачивания подтверждено нахождение церия в композиционном золе в оксидной форме.

3. Показана термодинамическая оценка взаимодействия макро- и микрокомпонентов с фтористоводородной кислотой и по значениям энергии Гибса (ΔG) показано самопроизвольное образование растворимых комплексов $[\text{FeF}_6]^{3-}$, алюминий в минерале муллите образованию растворимого комплекса $[\text{AlF}_6]^{3-}$ и H_2SiF_6 и микрокомпоненты по значениям (ΔG) образуют нерастворимые фториды.

4. Исследованием кинетики процесса сернокислотного выщелачивания показано, что реакция церия, железа и алюминия протекает по первому порядку для компонентов твердой фазы и при повышении температуры скорость реакции увеличивается, при этом значение константы скорости реакции в интервале 40-80 °С для церия возрастает с $6,0 \times 10^3$ до $3,5 \times 10^2$ мин для железа – с $2,5 \times 10^4$ до $2,1 \times 10^3$ мин, для алюминия – с $0,8 \times 10^4$ до $3,8 \times 10^4$ мин. Рассчитанная величина кажущейся энергии активации составляет 46,2, 51,9 и 33,2 кДж/моль для церия, железа и алюминия соответственно.

5. Экспериментально показан, что эффект повышения степени выщелачивания макро- и микрокомпонентов при электрохимической обработке суспензии композиционной золы на катодах с низким перенапряжением выделения водорода и в этих условиях на катоде степень извлечения алюминия возрастает в 1,1 раза, железа – в 1,3 раза, галлия – в 4,5 раз, церия – в 5 раз, ванадия – в 16 раз по сравнению с простым выщелачиванием.

6. Разработан способ обогащения и разделения макрокомпонентов КЗШО с использованием разницы удельных весов компонентов руд, концентратов и смесей в циклонах, основанных на центробежных силах или кипящего слоя и показано, что распределение веществ по циклонам происходит от самого тяжелого (циклон 2 - Fe_2O_3 уд. вес $5,2 \text{ кг/см}^3$) до самого легкого (циклон 4 - SiO_2 уд. вес кг/см^3), с извлечением железа -81%. Разработана комбинированная технология извлечения макрокомпонентов – алюминия, железа и кремния – с применением фторида аммония и получением оксидов Fe_2O_3 , Al_2O_3 , белой сажи и концентрата РЗЭ.

7. Предложенный механизм сорбции заключается в образовании комплексов галлия с функциональными фосфоновыми и сульфогруппами сорбента и показано, что извлечение галлия на смоле «Пьюролайт S-930» составило 92%, а для лантана на сорбенте «Purolite C-100H» составила 80%.

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

STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»

KAMOLOV TURSUNBOY OCHILOVICH

**PHYSICAL AND CHEMICAL FEATURES OF THE COMPOSITE WASTE
OF THE ANGREN AND NOVO-ANGREN THERMAL POWER PLANTS
AND THE DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED TECHNOLOGY FOR
PROCESSING**

**02.00.07 - Chemistry and technology of composite, varnish-and-paint and rubber materials
05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and
processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals.
Technology of non-ferrous, precious and radiactiv metals**

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

The title of the dissertation of Doctor of Science (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2020.4.DSc./T397.

The dissertation has been carried out at state unitary enterprise «Fan va tarakkiyot.»

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

Scientific supervisors:

Sharipov Khasan Turabovich,
doctor of chemical sciences, professor

Borbat Vladimir Fedorovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Yakubov Makhmudjan Mahamadjanovich
doctor of technical sciences, professor

Yusupbekov Nodirbek Rustambekovich
doctor of technical sciences, professor,
academic of AS RUz

Khasanov Abdurashid Solievich,
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

**Institute of general and inorganic
chemistry Academy of Science of RUz**

The defense of the dissertation will take place on «11» 02. 2021 at «10⁰⁰» at a meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K/T.03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot» (Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871) 227-12-73, E-mail: fan_va_taraqkiyot@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Informational Resource Center of the State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (is registered under N3-21) ((Address: 100174, Tashkent, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. Tel.: (99871)246-39-78; fax: (99871)227-12-73, E-mail: fan_va_taraqkiyot@mail.ru).

The abstract of the dissertation sent out on «28» 01. 2021 y.
(mailing report № 3-21 dated «7» 01. 2021) y.




S.S. Negmatov
Chairman of scientific council for
awarding of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor,
academic of AS RUz


M.E. Ikramova
Scientific secretary of scientific council
on award of scientific degrees,
candidate of chemical sciences


N.Kh. Talipov,
Chairman of the academic seminar under the scientific
council for awarding the scientific degrees,
doctor of technical sciences, s.r.a.

INTRODUCTION [abstract of the dissertation of Doctor of Science (DSc)]

The aim of the research is the physic and chemical features and development of the integrated technology for processing of composite wastes from Angren and Novo-Angren TPPs.

The objects of the researchwork are CASW from Angren and Novo-Angren TPPs, the main components of which are ash and slag waste, ash disposal, microsphere and «underburning».

Scientific novelty of the research work:

through methods of physical and chemical analysis, the chemical and material composition of fuel slag, which is a heterogeneous system with a variable composition, the mineral base of which contains plagioclase, wollastanite, cogenite, quartz, glassy mass (allophane), crystallized quartz, iron silicite, magnetite, aluminum silicate, have been established;

fractional, material, chemical composition and mineralogical features of the main components of CASW from Angren and Novo-Angren TPPs have been established, in addition, difference of composite ash, ash disposal, microsphere and «underburning» from each other in terms of material and mineralogical composition and their differentiation on the basis of technological and mineralogical principles have been defined;

the thermodynamic assessment of the interaction of macro- and microcomponents with hydrofluoric acid was carried out, in addition, according to the Gibbs energy (ΔG) values the spontaneous formation of soluble complexes $[\text{FeF}_6]^{3-}$, the formation of aluminum a soluble complex $[\text{AlF}_6]^{3-}$ and H_2SiF_6 in the mullite mineral, and the formation of microcomponents insoluble fluorides relating to the values (ΔG) have been established;

during sulfuric acid leaching along with the macrocomponents, such as iron and aluminum, passing of cerium into the solution, proceeding of the process according to the first order reaction for the components of the solid phase, and increasing of its rate with temperature increase have been defined;

for the first time the sulfuric acid extraction of rare earth metals and the kinetics of sorption on various cation exchangers «Purolite» were investigated; the optimal conditions for their extraction were determined on the basis of isotherms, and a sorption mechanism was developed.

Implementation of research results. On the development of an integrated technology for processing composite ash and slag waste from Angren and Novo-Angren TPPs the following have been introduced:

the developed combined technology for the enrichment and extraction of macrocomponents of CASW using the difference in the specific gravity of the components of ores, concentrates and mixtures in cyclones, based on centrifugal forces or a fluidized bed, which allows to extract macrocomponents – aluminum, iron and silicon – using ammonium fluoride and obtaining oxides Fe_2O_3 , Al_2O_3 , white carbon, REE concentrate and «underburning» was introduced in the chemical laboratory of Angren TPP JSC (Certificate of Angren TPP No 01/1446 AF from December 9, 2020). As a result, this made possible to extract macro components;

technology of sorption extraction of microcomponents of composite ash and slag wastes from TPPs on «Purolite» cation exchangers (extraction of rare and rare-earth metals - gallium, cerium, lanthanum, scandium and vanadium; increasing the leaching efficiency) has been introduced in the rare metals production workshop of the copper smelting plant at Almalyk MMP JSC (Certificate of Almalyk MMP JSC No 63-500 from December 29, 2020). As a result, this made possible to extract rare and rare earth elements –gallium, cerium, lanthanum, scandium and vanadium; to improve leaching efficiency;

the sorption method for concentrating rare earth metals on various cation exchangers «Purolite» and the optimal conditions for their extraction have been introduced in the rare metals production workshop of the copper smelting plant at Almalyk MMP JSC (Certificate of Almalyk MMP JSC No 63-500 from December 29, 2020). As a result, the sorption of gallium on the sorbent «Purolite S-930» made possible 92% the extraction.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, nine chapters, a conclusion, a list of used references, and a supplement. The volume of the dissertation is 196 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS
I бўлим (I часть; part 1)

1. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Борбат В.Ф. Термодинамическое прогнозирование фазовых превращений тугоплавких металлов в процессе сжигания углей // Композиционные материалы. Ташкент. 2017. – №3.–С.97-98 (02.00.00 №4).
2. Шарипов Х.Т., Ахмедова Ф.С., Борбат В.Ф., Камолов Т.О. Кинетические закономерности извлечения церия из // Композиционные материалы. Ташкент. 2017. – №3.–С.95-97 (02.00.00 №4).
3. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Хошимхонова М.А., Трусобеков А.Х. Распределение РЗЭ в нетрадиционных видах сырья // Композиционные материалы. Ташкент. 2017. – №4.–С.78-79 (02.00.00 №4).
4. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Очилов М.Т., Ахмедова Ф.С., Хошимхонова М.А., Бекмуратова М.Г. Термодинамическое прогнозирование фазовых превращений церия и ванадия в процессе сжигания углей // Композиционные материалы. Ташкент. 2018. – №2.-С.100-101(02.00.00 №4).
5. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Очилов М.Т., Ахмедова Ф.С., Икрамова М.Г., Рахматова Н. Структурный состав и морфологические особенности золы уноса // Композиционные материалы. Ташкент. 2018. – №2.С.101-103 (02.00.00 №4).
6. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Абдуллаев О.Х., Наврўзов Ф.М. Кинетические закономерности извлечения ценных компонентов из золы уноса углей Ангрэн-Альмалыкского рудного района // Композиционные материалы Узбекский научно-технический и производственный журнал. 2018. – №3.–С.65-66(02.00.00 №14)
7. Камолов Т.О. Электронномикроскопические исследование золошлаковых материалов // Композиционные материалы. Ташкент. 2019. №1.–С.68-69 (02.00.00 №4).
8. Камолов Т.О., Хошимов У.Ф., Ким М.И., Шафоатов С.А., Хошимханова М.Ф. Установление фазового состава золошлаковых материалов // Композиционные материалы. Ташкент. 2019. – №1. –С.69-70(02.00.00 №4).
9. Камолов Т.О., Рысбаков А., Акылбаев М., Ахмедова Ф.С., Олимов Т., Бозоров А.Н. Проблемы комплексной переработки золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭС // Композиционные материалы. Ташкент. 2019. – №3. –С.78-80(02.00.00 №4).
10. Tursunboy Kamolov. Study of the Effect of Phase Composition on the Leaching of Basic Ash-Forming Elements // ISSN (online): 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 7, July 2020. –P.14359-14363 (05.00.00 №8).
11. Hasan Sharipov, Tursunboy Kamolov, Fotima Akhmedova, Farhod Navrozov, Otabek Abdullayev Use of Hydrometallurgical Methods for Extracting

Rare-Earth Elements from Ash and Slag // ISSN (online): 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 7, July 2020. – P.14340-14344 (05.00.00 №8).

12. Камолов Т.О. Способы эффективного извлечения германия из золошлаковых отходов Ангренского угля // Композиционные материалы. Ташкент. 2020. – №3. – С.257-261 (02.00.00 №4).

13. Kamolov T.O., Sharipov Kh.T., Borbat V.F., Akhmedova F.S., Bozorov A.N. Thermodynamic Evaluation of Possibility of Fluoride Processing of Some Types. Technogenic Raw Material // ISSN (online): 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 12, December 2020. – P.15940-15943 (05.00.00 №8).

14. Tursunboy Kamolov, Muhayo Khoshimkhanova, Muhtarama Bekmuratova, Nodira Rakhmatova, Barno Zhuraeva. Sorption Extraction of Lanthanum from Ash and Slag Waste of Novo-Angren TPP // ISSN (online): 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 7, Issue 12, December 2020.- P15978-15980 (05.00.00 №8).

15. Шарипов Х.Т., Борбат В.Ф., Адеева Л.Н., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х. Минералого-геохимические особенности золошлаковых отходов тэс и их утилизация с выделением макро и микрокомпонентов // Монография. Тошкент: «Muharrir». – 2012. – 208 с.

II бўлим (II часть; part 2)

16. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х., Борбат В.Ф. Элементный и минералогический состав неорганических компонентов энергитических углей и золошлаковых отходов // Сборник трудов республиканской научно-технической конференции «Технологии переработки местного сырья и продуктов». – Ташкент. – 2008. –С.56-58.

17. Шарипов Х.Т., Камолов Т., Тен А.В., Борбат В.Ф. Происхождение золошлаковых отходов ТЭЦ // Сборник трудов республиканской научно-технической конференции «Технологии переработки местного сырья и продуктов». – Ташкент. – 2008.-С.67-69.

18. Акбутаев М., Камолов Т., Ашуров Б.Х., Тен А.В. Вывыщелачивание основных примесей при переработке Алмалыкского промпродукта // «Умидли кимёгарлар – 2008» магистратура талабалари илмий техник анжумани маколалари туплами II-том. – Ташкент. – 2008.-С.91-92.

19. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Кодирова З.Ч., Туресебеков А.Х., Шарипов Р.Х. Минералогические и аналитические исследования золошлаковых отходов Ангренской ТЭС // Конференция «Иновация -2010». – Тошкент. – 2010. – С. 165.

20. Хамидова Г.С., Камолов Т.О. Образование золошлаковых отходов (ЗШО), элементный и минералогический состав неорганических компонентов ангрениских углей и отходов руды // XX- научно технологический конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. – Тошкент. – 2011. – С. 59-60.

21. В.Ф. Борбат, Т.О. Камолов, Л.Н. Адеева., Х.Т. Шарипов., Ж.Ж. Эргашев Реакционная способность макро и микрокомпонентов золы-уноса от сжигания углей в сернокислотных растворах // Материалы научно-прак. Конф. «Инновационные технологии горно-металлургической отрасли». – 2011. – С.76-77.
22. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х., Хамидова Г.С., Борбат В.Ф. Элементный и минералогический состав неорганических компонентов Ангренских углей и золошлаковых отходов. – Чебоксары. – 2011. – С. 39-42.
23. Камолов Т.О. Золошлаковые отходы ТЭС – нетрадиционный вид сырья редких металлов // Материалы всероссийский научно-практической конференции Современные проблемы естественнонаучных исследований. – Чебоксары. – 2011. – С. 119.
24. Шарипов Х.Т., Барбат В.Ф., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х., Назарбекова С.П. Минералого-геохимические особенности золошлаковых отходов, образующиеся при сжигании Ангренских углей. – Самарканд. – 2012.-С.42-43.
25. Шарипов Х.Т., Барбат В.Ф., Камолов Т.О., Туресебеков А. Х., Кадырова З.Ч. Утилизация золошлаковых отходов (ЗШО) тепловых электростанций решающий фактор улучшения экологической обстановки. – Самарканд. – 2012. –С.64-65.
26. Камолов Т.О., Аллаберганов Р.Д., Шарипов Х.Т., Барбат В.Ф. ЗШО ТЭС – техногенное сырье Германия и Галлия. – Самарканд. – 2012.-С.81-82.
27. Камолов Т.О., Туресебеков А. Х., Баранова Т.Н., Шарипов Х.Т., Назарбекова С.П. Адырбекова Г.М. Комбинированная технология утилизации техногенных месторождений (отходов АГМК). – Самарканд. – 2012.-С.97-98.
28. Шарипов Х.Т., Борбат В.Ф., Камолов Т.О. Гидрометаллургическая переработка золошлаковых отходов ТЭЦ // Материалы Межд.конф по химической технологии ХТ-12. – Тула. – 2012. –С.114-116.
29. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Туресебеков А.Х., Борбат В.Ф. Элементный и минералогический состав неорганических компонентов энергетических углей и золошлаковых отходов // Сб. трудов Респ. Науч-техн. конференции «технологии переработки местного сырья и продуктов». – С. 132.
30. Камолов Т.О., Аблаев Р.А., Рахматова Н.Ш., Камолова М.Т. Извлечение ценных компонентов из отходов цинкового производства // Актуальные вопросы в области технических и социально- экономических наук. Республиканский межвузовский сборник часть 1. – Тошкент. – 2013.- С.48-49.
31. Ахтамов Ф.Э., Камолов Т.О., Абдурахмонов С.А., Рахматова Н.Ш. Исследование состава, форм нахождения ценных компонентов в отходах цинкового производства и возможности их извлечения // Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари. IV Республика илмий амалий анжумани илмий мақолалари тўплами II-қисм. – Термиз. – 2014.-С.37-39.

32. Камолов Т.О., Суванов А.А., Андаева Д.Б., Бекмуратова М.Г. Исследование влияния температуры и добавки NaCl на эффективность выщелачивания галлия, ванадия, железа и алюминия в сернокислой среде // Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари. IV Республика илмий амалий анжумани илмий мақолалари тўплами II-қисм. – Термиз. – 2014.-С.71-72.

33. Камолов Т.О., Бекмуратова М.Г., Юлдашева М. Кинетические закономерности извлечения алюминия, железа и церия из золы-уноса углей // Респ. Узбекистан. НГМК. НГГИ. Материалы республиканской научно-техн. конф. «горно-металлургический комплекс: проблемы и их решения». – Алмалык. – 2015. –С.87-88.

34. Камолов Т.О., Рахматова Н.Ш., Рахмонова М. Элементный и фазовый состав золошлаковых отходов ТЭС // Респ. Узбекистан. НГМК. НГГИ. Материалы республиканской научно-техн. конф. «горно-металлургический комплекс: проблемы и их решения». –Алмалык. – 2015.- С.110-111.

35. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Эрназаров Т., Трусобеков А.Х. Утилизация золошлаковых отходов (ЗШО) тепловых электростанции // Материалы VIII-медународной научно-технической конференции горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития. – Навои. – 2015. –С.71-73.

36. Хошимханова М.А., Абдуллаева Д.Н., Дехканбаева С.А., Камолов Т.О., Шарипов Х.Т. Извлечение церия из ЗШО ТЭС // Республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития композиционных и наноконпозиционных материалов». – 2016. –С.229-232.

37. Хошимханова М.А., Абдуллаева Д.Н., Дехканбаева С.А., Камолов Т.О., Шарипов Х.Т. Извлечение редкоземельных элементов ионообменным способом // Республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития композиционных и наноконпозиционных материалов». – 2016. С.232-234.

38. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Даминова Ш.Ш., Кадирова З.Ч. Влияние кислотности среды на равновесную сорбцию ионов Zn (II) // Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии получения и переработки композиционных и наноконпозиционных материалов» – 2017. –С.190-192.

39. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Кадирова З.Ч., Хужамбердиев М., Ахмедова Ф.С. Влияние равновесного рН на механизм сорбции катионов и анионов для сорбентов на основе CASF системы // Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии получения и переработки композиционных и наноконпозиционных материалов». – 2017. – С.208-210.

40. Хужамбердиев М., Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Кадирова З.Ч., Махмудов Х.Э., Парпиев С.Р. Влияние рН среды при гидротермальном синтезе наноструктурированных BiVO_4 фотокатализаторов // Республиканской научно-технической конференции «Современные

технологии получения и переработки композиционных и наноконпозиционных материалов». 2017.-С.214-216.

41. Абдуллаева Д.Н., Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Артыков А.А., Юнусов Б.И., Олимов Т.Ф. Исследование возможности разделения макрокомпонентов зшо по разнице удельных весов // Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии получения и переработки композиционных и наноконпозиционных материалов». 2017. – С.211-213.

42. Хошимхонова М.А., Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Таджиев С. Исследование особенности распределение РЗЭ в нетрадиционнкх видах сырья // Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии получения и переработки композиционных и наноконпозиционных материалов». 2017. – С.213-214.

43. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Очилов М.Т., Хошимхонова М.А. Состав алюминиевого шлама, используемого для получения галлия // Республиканской научно-технической конференции «Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение». – 2018.-С.398-400.

44. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Очилов М.Т., Ахмедова Ф.С., Икрамова М.Э. Вещественный состав золы и шлака ТЭС при сжигании в топках с кипящим слоем // Республиканской научно-технической конференции «Новые композиционные и наноконпозиционные материалы: структура, свойства и применение». 2018. – С.396-398.

45. Негматов С.С., Камолов Т.О., Негматова К.С., Икрамова М.Э. Исследование и разработка технологии по переработке техногенных отходов алмалыкского ГМК // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и инновационных технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК». – 2019. – С.117-119.

46. Камолов Т.О. Сорбционные извлечение лантана из ЗШО Ново-Ангренского ТЭС // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция Композиционные и металлополимерные материалы для различныхотраслей промышленности и сельского хояйства. 2020. – С.340-342.

47. Камолов Т.О., Ахмедова Ф.С., Абдуллаев О.Х., Хошимханова М.А. Золшлаковые отходы ТЭС-нетрадиционное техногенное сырьё // Международная Узбекско-Белорусская научно-техническая конференция Композиционные и металлополимерные материалы для различныхотраслей промышленности и сельского хояйства. – 2020. – С.190-191.

Автореферат «Композицион материаллар» журнали тахририятида 25.12.2020 йилда тахрирдан ўтказилди.