

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD. 03/30.12.2019.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ТУРСУНОВ АЗАМЖОН САЛИМЖОН ЎҒЛИ**

**ТАСКАЗГАН КОНИ ГРАФИТ РУДАСИНИ БОЙИТИШ ҲАМДА  
СУРКОВ ВА СИЛИКАТЛИ МАТЕРИАЛЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Contents of dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD)**

**Турсунов Азамжон Салимжон ўғли**

Тасказган кони графит рудасини бойитиш ҳамда сурков ва силикатли материалларини қайта ишлаш технологияси..... 3

**Турсунов Азамжон Салимжон угли**

Технология обогащения и переработки графитовой руды Тасказганского месторождения на смазочные и силикатные материалы..... 21

**Tursunov Azamjon**

Technology of beneficiation and processing of graphite ore of the Taskazgan mine for lubricants and silicate materials ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 43

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
PhD. 03/30.12.2019.К/Т.66.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**ТУРСУНОВ АЗАМЖОН САЛИМЖОН ЎҒЛИ**

**ТАСКАЗГАН КОНИ ГРАФИТ РУДАСИНИ БОЙИТИШ ҲАМДА  
СУРКОВ ВА СИЛИКАТЛИ МАТЕРИАЛЛАРИНИ ҚАЙТА ИШЛАШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Наманган– 2023**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.3.PhD/Т3022** рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ва «Ziynet» ахборот-таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Турдиалиев Умид Мухтаралиевич**  
техника фанлари доктори, кат.илм. ходим

**Расмий оппонентлар:**

**Султонов Боходир Элбекович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Сейтназаров Атаназар Рейпназарович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

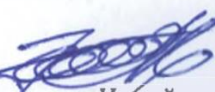
Диссертация химояси Наманган муҳандислик технология институти хузуридаги PhD.03/30.12.2019.К/Т.66.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил « 4 » март соат 14<sup>00</sup> да ўтадиган мажлисида бўлади (Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (99869) 228-76-75; факс: (99869) 228-76-71; e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)).


Диссертация билан Наманган муҳандислик технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( 522 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (99869) 228-76-75; факс: (99869) 228-76-71.


Диссертация автореферати 2023 йил « 20 » феврал куни тарқатилди.

(2023 йил « 20 » февралдаги 2 - рақамли реестр баённомаси).



  
**О.К. Эргашев**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси, к.ф.д., проф.

  
**Д.Ш. Шеркулиев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби,  
т.ф.д., проф.

  
**З.К. Дедюкинов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
кошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., проф.

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда юқори ҳароратга чидамли учуш қурилмаларининг конструкциялари, электр двигателларининг чўткалари, электролиз жараёнларидаги электродлар, ишқорий литий-ион батареялари аноди учун қимматли материал сифатида графитнинг доимий равишда ишлаб чиқарилишининг ўсиши кузатилмоқда. Бундан ташқари, графит сурков ва юқори ҳароратга чидамли материаллар ишлаб чиқаришда, ядро реакторлари энергоблокларида, металлургияда қуйма қолиплар ва графит толали маҳсулотларда ишқаланишга қарши материаллар олишда ўзини яхши намоён қилмоқда. Мамлакатимизда графит ишлаб чиқариш йўқлиги сабабли, захираси етарлича катта бўлган Тасказган конининг графит рудаларини қайта ишлашга катта эътибор бериш муҳим аҳамият касб этади.

Дунёда кўпик ҳосил қилувчи (терпен мойи, метилизобутилкарбинол), йиғувчи (керосин) ва депрессор (натрий силикат) вазифасини бажарадиган анъанавий реагентларни қўллаган ҳолда, бойитилиши қийин бўлган графит рудаларини флотацион усулда бойитиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, самарали флотореагентларни танлаш ва уларнинг сарфини камайтириш бўйича олиб бориладиган тадқиқотларга; жараённинг кўп босқичлилигига йўл қўймайдиган самарали қурилма ва технологик ёндашувни яратишга; кичик миқдорда ягона кимёвий реагент ёрдамида графит рудасини бойитишга; саноат учун зарур бўлган Тасказган кони графит рудасини бойитишнинг ресурс ва энергия тежамкор технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда саноат тармоқлари учун муҳим бўлган графит концентратини сурков ва оловбардош материалларга қайта ишлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда маҳаллий хомашёлардан оловбардош ва сурков материаллари, электрчўтқалар, пайвандлаш электродлари, металл буюмлар ва конструкциялар ишлаб чиқариш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тавраққийёт стратегиясининг учинчи йўналишида «... миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлашга қаратилган саноат сиёсатини амалга оширишни давом эттириш, ялпи ички маҳсулотда саноатнинг улушини ошириш ва саноат ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 баробарга ошириш...»<sup>1</sup> каби муҳим вазифалар қайд этилган. Бу борада, Тасказган конининг графит рудаларини бойитиш ва қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш асосида импорт ўрнини босувчи сурков ва оловбардош материаллар олиш бўйича тадқиқотлар ўтказиш муҳим аҳамия касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 24 июлдаги ПҚ-3145-сон «Минерал хомашёни қазиб олиш технологияси ва комплекс қайта ишлаш соҳасида асосий ва тегишли қимматли компонентларни максимал даражада қазиб олишни ҳисобга олган ҳолда амалий ва инновацион илмий-тадқиқот ишларини олиб бориш зарурлиги тўғрисида»ги, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва инвестициявий жозибадорлигини

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022-йил 28-январдаги “2022-2026-йилларда Янги Ўзбекистонни ривожлантириш стратегияси тўғрисида”ги ПФ-60-сон қарори.

ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 28 декабрдаги ПҚ-4937-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2021-2023 йилларга мўлжалланган инвестиция дастурини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги, 2021 йил 13 феврал ПҚ-4992-сон «Кимё саноати корхоналарини янада ислоҳ қилиш ва молиявий соғломлаштириш, кўшилган қиймати юқори бўлган кимё маҳсулотлари ишлаб чиқаришни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бўлган бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII - «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёда углерод тутган рудаларнинг таркиби ва хусусиятларини ўрганиш, жумладан графит ва каолин рудаларини бойитиш усулларини яратиш, олинган концентратларни саноатнинг турли соҳаларида қўллашга бағишланган бир қанча ишлар олиб борилган. Хорижлик олимларнинг тадқиқотлари шуни кўрсатадики (Е.И.Жмуриков, И.А.Бубненко, D.R. Cooper, B.D. Anjou), углерод хомашёларини бойитишни, графит ва ёт жинсларни майдаланиш хоссасига қараб руда қазиб олишда жинсни танлаб майдалаш орқали олиб бориш, шунингдек, флотация усули (S.C.Chelgani, C.L.Yue, V.E.Ross, Q.Yangshuai) орқали амалга ошириш мумкин. Янги турдаги сурков ва юқори ҳароратга чидамли материаллар ишлаб чиқилган (Д.А.Ю.Аль-Саади, В.Ф.Першин, А.Н.Петров, А.В.Яговцев, W.S.Resende, R.M.Stoll). Германияда графит рудасини бойитишнинг кимёвий: ишқорли куйдириш, фторид кислотаси билан ишлов бериш, сўнгра хлорли куйдириш усули ишлаб чиқилган. Бу усул графит рудаларини тозалашда физик усулларга (кўпикли флотация, оғирлик кучи таъсирида ажратиш, плёнкали флотация, икки суюқликли ажратиш) караганда самаралироқ ҳисобланади.

Ўзбекистонда қатор олимлар, Тошкент кимё-технология институтида М.Х.Арипова, З.А.Бабаханова, Навоий давлат кончилик институтида - Э.А.Абдурахманов, ЎзР ФА Умумий ва ноорганик кимё институтида - Д.К.Адиллов, Р.К.Аҳмедов, Геология ва геофизика институтида А.Х.Туресебек; НКМК ходимлари - Ш.Р.Шукуров ва Б.И.Мирходжаев ва бошқалар бошчилигида графит рудасини бойитиш ва графит асосида оловбардош материаллар олиш ҳамда уни бошқа саноат соҳаларида қўллаш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Шундай қилиб, ҳозирги кунга қадар кенг қамровли тадқиқотлар олиб борилган ва муҳим натижаларга эришилган. Бироқ йиғувчи колектор ва кўпикловчи кам сарфланадиган универсал реагентни графит рудасини флотацион бойитишда қўллаш тўғрисида маълумотлар йўқ ҳамда графит концентратини сурков ва оловбардош материалларга қайта ишлаш масалалари батафсил кўриб чиқилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг илмий тадқиқот ишларининг мавзулари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология

институти ва Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Навоий филиалининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ПЗ-20170930394 “Графитли сурков махсулот олиш мақсадида Тасказган кони графит рудаларини бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш” (2017-2019 йй.) амалий ва №104/14-сонли “Тасказган кони маъданидан электротехника, металлургия ва кимё саноатида фойдаланишга яроқли бўлган графит бойитмасини олиш” (2021 й) инновацион лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Тасказган кони графит рудасини самарали бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш ва графитли сурков ҳамда оловбардош материалларини олишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

Тасказган конининг графит рудасининг кимёвий-минералогик ва технологик хусусиятларини тадқиқ қилиш;

анъанавий флотореагентлардан фойдаланган ҳолда Тасказган графит рудасини бойитиш жараёнига технологик омилларнинг таъсирини ўрганиш;

универсал УГК флотореагентидан фойдаланган ҳолда Тасказган графит рудасини бойитиш жараёнини ўрганиш ва флотомашинада концентрат олишнинг мақбул шароитларини топиш;

Навоий КМК ДК шароитида ишлаб чиқилган технология бўйича графит концентратининг тажриба-саноат партиясини тайёрлаш ва ишлаб чиқиш;

графит рудаси янги махсулотлари ва графитли сурков мойи учун илмий-техник ҳужжатларни (ИТХ) ишлаб чиқиш;

каолин:шамот : графит концентрати нисбатларига боғлиқ равишда графит - шамотли оловбардош материалининг мақбул таркибларини ишлаб чиқиш;

янги намунадаги оловбардош материалларининг физик-механик хусусиятларини аниқлаш;

графит тутган оловбардош материалларининг ГОСТ 4596-75 мувофиқлиги бўйича физик-кимёвий кўрсаткичларини таҳлил қилиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Тасказган конининг бойитилмаган графит рудаси, маҳаллий ва хорижий кўпикловчи моддалар ҳамда йиғувчилар, УГК реагенти (кўпиклаштирувчи ва суюлтирувчи), графит концентратидан сурков материалларининг тажриба намуналари, шунингдек, Ангрен конининг каолинидан олинган силикат материаллари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** Тасказган конининг графит рудасини бойитиш ва графит концентрати ва Ангрен кони каолини асосида графит сурков ва силикатли материални олиш жараёнини ўрганишдан ташкил топган.

**Тадқиқот усуллари.** Диссертация ишида кимёвий, физик ва кимёвий (рентгенографик, ИҚ-спектроскопик, сканерловчи электрон-микроскопия) таҳлил усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги:**

Тасказган кони графит рудаларининг кимёвий-минералогик таркиби ва структуравий тузилиши, физик-кимёвий, анъанавий ва технологик тадқиқот усуллари ёрдамида аниқланган;

хорижий ва маҳаллий йиғувчи ва кўпикловчи кимёвий реагентларни қўллаб графит рудасини бойитишнинг мақбул шароитлари топилган;

графит рудасини керакли синфгача майдаланиш кинетикасининг ва бойитилган графит концентратининг мақбул ҳолатда чиқиши учун майда заррачаларнинг мақбул миқдорини майдаланиш вақтининг корреляцион боғлиқлиги аниқланган;

графит рудасини ҳам кўпик ҳосил қилувчи, ҳам йиғувчи вазифасини бажарувчи универсал УГК реагент билан флотацион бойитишнинг самарали усули ишлаб чиқилган;

рентгенфазали, ИҚ-спектроскопик ва сканерловчи электрон микроскопик таҳлил усуллари ёрдамида сурков ва оловбардош материалларни олиш талабларига тўлиқ жавоб берадиган графит концентратининг мақбул таркиби аниқланган;

графит-шамот оловбардош материалларининг физик-механик ва физик-кимёвий кўрсаткичлари ўзгаришининг каолин : шамот : графит концентрати масса нисбатига боғлиқлиги аниқланган;

графит рудасини бойитиш ва қайта ишлаш орқали сурков ва оловбардош материаллар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Тасказган конининг графит рудасини технологик кўрсаткичлари яхшиланган, комплекс таъсир этувчи универсал кўпиклаштирувчи УГК билан флотацион бойитиш технологияси ишлаб чиқилган;

физик-кимёвий хусусиятларига кўра ГОСТ 3333-80 ва 8295-73 талабларига мос келувчи графит концентратининг сурков материалларига қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган;

ГОСТ 4596-75 га мос келадиган, маҳаллий хомашёлардан олинган графит-шамот оловбардош материалининг мақбул композицион таркиби ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллариининг натижалари лаборатория тажрибалари ва тажриба-саноат синовлари билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти анъанавий ва УГК (кўпикловчи ва йиғувчи) ёрдамида Тасказган конининг графит рудаларини бойитишнинг қиёсий натижа жараёнларини қайта ишлаш вақти, С:Қ нисбати ва кўшимчалар миқдорига, шунингдек сурков материаллари ва оловбардош материаллар олишнинг дастлабки хомашёга нисбатан корреляцион боғлиқлигини асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, графит рудасини 3 марталик тозалаш циклида универсал УГК реагенти ёрдамида флотацион бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш ҳамда олинган ушбу концентратдан ГОСТ нинг барча меъёрларига мос келувчи сурков материаллари ва графит-шамот оловбардош ғиштларини олишга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Тасказган графит рудасини бойитиш ва қайта ишлаш орқали сурков ва силикат материалларини



олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалари асосида:

Тасказган конининг графит рудасини флотацион бойитиш технологияси “Навоий кон-металлургия комбинати” АЖДа амалиётга жорий этилган. (“Навоий кон-металлургия комбинати” АЖнинг 2022 йил 27 июндаги 23.01-01-07/434-сонли маълумотномаси). Натижада, сурков ва оловбардош материаллар ишлаб чиқариш талабларига жавоб берадиган флотоконцентратини олишда, маҳаллий универсал УГК кўпиклаштирувчи реагентдан фойдаланиш имкониятини беради;

графит рудаларини янги турдаги реагентлар билан бойитиш технологияси «SPZ-BEARINGS» ҚҚда “2024-2026 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати”га киритилган. («SPZ-BEARINGS» ҚҚнинг 2022 йил 28 июндаги 83/06-22-сонли маълумотномаси). Натижада, графит сурков материалининг янги турини келгусида электротехника, машинасозлик, металлургия ва кимё саноатида қўллаш учун ишлаб чиқаришни ташкил этиш имкониятини беради.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича 12 та илмий ишлар чоп этилган. Жумладан, диссертациянинг (PhD) асосий илмий натижалари 4 та илмий мақола, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссияси томонидан чоп этиш тавсия этилган журналларда 1 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда чоп этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, шартли белги ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 103 бетни ташкил этган.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объекти ва мавзуси Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиясини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги тавсифланган, илмий инновациялар ва тадқиқотнинг амалий натижалари баён қилинган, натижалар амалиётга жорий этилган, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Графит рудаларини бойитиш ва қайта ишлаш масаласининг ҳозирги ҳолати”** деб номланган биринчи бобида углероднинг аллотропик модификацияси ва унинг структура тузилиши тавсифланган. Табiiй графитнинг физик хусусиятлари. Одатда табiiй графит тангачали, зич кристалли ва аморф турларга бўлинади. Графитдан турли соҳаларда фойдаланиш истиқболлари кўрсатилган. Жаҳон миқёсида турли конлардан графит қазиб олиш ва ишлаб чиқариш таҳлил қилинган ва ушбу турдаги хомашёни етказиб бериш билан шуғулланадиган бир қатор мамлакатлар

рўйхати келтирилган. Шунингдек, графит рудаларини флотацион усулда бойитишнинг турли хил технологик комбинациялари тақдим этилган. Тангачали турдаги графит рудаларини бойитишда флотореагентларнинг роли ва таркибида юқори углерод тутган концентратни максимал даражада олиш усуллари кўрсатилган. Сирт фаол моддалар ва бошқа турдаги кўшимчалар ёрдамида графит сурков мойларини олиш усуллари келтирилган.

Диссертациянинг **“Хомашё материалларининг тавсифи ва физик-кимёвий тадқиқот усуллари”** деб номланган иккинчи бобида Тасказган кони графит рудасининг пайдо бўлиши, жойлашиши, ҳажми, захираси ва физик-кимёвий тавсифи келтирилган. Тасказган конининг графит рудасини бойитиш учун флотореагентлар сифатида анъанавий йиғувчилар ва кўпикловчи моддалар тақдим этилган. Тармоқланмаган алкилбензолни сульфатлаш натижасида олинадиган ва ювиш воситаларининг таркибий қисмлари сифатида ишлатиладиган, рудаларни флотация қилиш учун қўлланиладиган сирт фаол моддалар учун фойдаланиладиган УГК - (алкилбензолсульфокислота-АБСК) реагентининг физик хусусиятлари кўрсатилган. Ушбу универсал флотореагент, йиғувчи ва кўпикловчи реагент ўрнида тавсия этилган.

Қиёсий маълумотлар олиш учун Тасказган кони графит рудасининг *Essa FTM101* маркали флотация машинасида (камера ҳажми – 2,5 литр) анъанавий ва янги турдаги флотореагентлардан фойдаланган ҳолда бойитиш усули келтирилган. Физик-кимёвий таҳлил усуллари ёрдамида дастлабки руданинг моддий ва минералогик таркиби тадқиқ қилинган, шунингдек унинг намлиги, кул миқдори ва бошқа кўрсаткичлари аниқланган.

Диссертациянинг **“Тасказган кони графит рудасини флотацион усулда бойитиш жараёнини тадқиқ қилиш”** номли учунчи бобида, турли хилдаги флотореагентларнинг Тасказган кони графит рудасини *Essa FTM101* маркали флотомашинада бойитиш жараёнига таъсири тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Тажрибаларда қуйидаги йиғувчилар: керосин (КЕ), мотор мойи (ММ), иммерсион мой (ИМ), трансформатор мойи (ТМ), ишлатилган машина мойи (ИММ), саноат мойи (СМ). Кўпикловчилар, шу жумладан янги маҳаллий: қарағай ёғи, Т92, Т66, Т80, ПТ-2, ПТ-4, УГК ишлатилган Синов натижалари шуни кўрсатдики, доимий миқдоридаги ПТ-2 кўпиклагич ва ҳар хил миқдордаги йиғувчи ёрдамида графит концентратининг оптимал чиқиши КЕ йиғувчининг 0,02 мл миқдорида ва ПТ-2 кўпиклаштиргичининг 0,22 мл миқдорида эришилди.

1-жадвалда ўтказилган синовлар натижалари турли тип ва комбинациядаги йиғувчи ва кўпикловчиларнинг графит концентратини чиқишига таъсири кўрсатилган. Графит концентратнинг орқали максимал чиқиши флотореагентлар қуйидаги нисбатларда: КЕ (0.016 гр.) + кўпиклаштиргич ПТ-2 (0.202 гр.) ва ТМ (0.016 гр.) + кўпиклаштиргич ПТ-2 (0.202 гр.) мослашувчанлиги аниқланди.

**Тазказган конининг графит рудасини флотацион бойитишга ҳар хил турдаги йиғувчилар ва кўпикловчиларнинг таъсири**

| №           | Йиғувчиларнинг номи | Йиғувчиларнинг миқдори |       | Кўпикловчиларнинг номи ва миқдори |       | 50 гр. рудадан графитнинг чиқиши |      | 50 гр. рудадаги қолдиқ масса |      |
|-------------|---------------------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|----------------------------------|------|------------------------------|------|
|             |                     | томчи                  | гр.   | томчи                             | гр.   | гр.                              | %    | гр.                          | %    |
| <b>ПТ-2</b> |                     |                        |       |                                   |       |                                  |      |                              |      |
| 1           | КЕ                  | 4                      | 0.016 | 10                                | 0.202 | 29.7                             | 59.4 | 17.3                         | 34.6 |
| 2           | ТМ                  | 4                      | 0.017 | 10                                | 0.202 | 30.7                             | 61.4 | 16.8                         | 33.6 |
| 3           | ИМ                  | 4                      | 0.025 | 10                                | 0.202 | 28.6                             | 57.2 | 17.2                         | 34.4 |
| 4           | ИММ                 | 4                      | 0.100 | 10                                | 0.202 | 29.2                             | 58.4 | 16.3                         | 32.6 |
| <b>Т-92</b> |                     |                        |       |                                   |       |                                  |      |                              |      |
| 5           | КЕ                  | 1                      | 0.004 | 4                                 | 0.090 | 25.3                             | 50.6 | 22.1                         | 44.2 |
| 6           | ТМ                  | 1                      | 0.004 | 4                                 | 0.090 | 25.1                             | 50.2 | 23.7                         | 47.4 |
| 7           | ИМ                  | 1                      | 0.006 | 4                                 | 0.090 | 23.7                             | 47.4 | 25.25                        | 50.5 |
| 8           | ИММ                 | 1                      | 0.025 | 4                                 | 0.090 | 24.8                             | 49.6 | 22.7                         | 45.4 |
| <b>ПТ-4</b> |                     |                        |       |                                   |       |                                  |      |                              |      |
| 9           | КЕ                  | 4                      | 0.016 | 10                                | 0.202 | 26.4                             | 52.8 | 22.4                         | 44.8 |
| 10          | ТМ                  | 4                      | 0.016 | 10                                | 0.202 | 25.3                             | 50.6 | 21.8                         | 43.6 |
| 11          | ИМ                  | 4                      | 0.016 | 10                                | 0.202 | 25.8                             | 51.6 | 20.75                        | 41.5 |
| 12          | ИММ                 | 4                      | 0.016 | 10                                | 0.202 | 25.2                             | 50.4 | 23.7                         | 47.4 |
| <b>СУ</b>   |                     |                        |       |                                   |       |                                  |      |                              |      |
| 13          | КЕ                  | 1                      | 0.004 | 9                                 | 0.200 | 23.7                             | 47.4 | 24.0                         | 48.0 |
| 14          | ТМ                  | 1                      | 0.004 | 9                                 | 0.200 | 22.8                             | 45.6 | 24.85                        | 49.7 |
| 15          | ИМ                  | 1                      | 0.006 | 9                                 | 0.200 | 20.5                             | 41.0 | 27.2                         | 54.4 |
| 16          | ИММ                 | 1                      | 0.025 | 9                                 | 0.200 | 23.2                             | 46.4 | 25.15                        | 50.3 |

Бундан ташқари, йиғувчи сифатида керосин, ПТ-2 кўпиклаштиргич билан флотациялаш тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, графит концентратининг максимал чиқиши 1:6 нисбатда, яъни 300 мл сув ва 50 гр. бойитилмаган графит рудаси бўлган ҳолатда кузатилди.

Лаборатория шароитида Тазказган конининг графит рудасини биринчи, иккинчи ва учинчи флотацион бойитишдан сўнг, графит концентрати ва қолдиқ массанинг тажриба намуналари олинган, уларнинг технологик хусусиятлари 2-жадвалда келтирилган.

Қайта ишлашнинг турли босқичларида бойитилган рудаларнинг олинган намуналари Навоий шаҳар НКМКМИТЛ га углерод чиқиш миқдорини аниқлаш учун топширилган, уларнинг натижалари 3-жадвалда келтирилган.

Углерод миқдори 96% гача бўлган тоза графит концентратини олиш учун танланган флотореагентлар (йиғувчи КЕ + кўпикловчи реагент ПТ-2) билан олти мартаба флотацион тозалаш керак бўлади. 1 тонна графит рудаси учун ПТ-2 кўпикловчи реагентнинг сарфи 3,0 кг, КЕ нинг сарфи эса 0,5 кг ни ташкил этди. Графитни олти мартаба тозалашдан кейин графит концентратини чиқиши 46,85 г (93,7%) ни ташкил этди.

**Турли хил бойитиш босқичларидан кейин графит концентратининг  
технологик хусусиятлари**

| Флотация № | Флотация учун ишлатилган сув (l), t=20 °C | Йиғувчи керосин(КЕ) микдори, томчи/грамм | Фаоллаштириш вақти (мин) | Кўпикловчи реагент ПТ-2 микдори, томчи/грамм | Флотация вақти (мин) | 50 гр. графит рудасидан олинган графит концентрати |      | 50 гр. графит рудасининг флотациядан кейинги қолдиғи |      | Флотация жараёнида графит рудасининг йўқотилиши |     |
|------------|---|--|--------------------------|--|----------------------|--|------|--|------|---|-----|
|            |   |  |                          |  |                      | грамм  | %    | грамм  | %    | грамм   | %   |
| 1          | 1   | 4/0.016                                  | 7                        | 10/0.202                                     | 7                    | 29.7   | 59.4 | 17.3   | 34.6 | 3.0   | 6.0 |
| 2          | 1   | 4/0.016                                  | 7                        | 7/0.141                                      | 5                    | 39.3   | 78.6 | 9.8  | 19.6 | 0.9   | 1.8 |
| 3          | 1   | 4/0.016                                  | 7                        | 6/0.024                                      | 2                    | 43.3   | 86.6 | 5.5  | 11.0 | 1.2   | 2.4 |

**Бойитилган графит концентратининг тажриба намуналарида углерод  
миқдори**

| № | Материалнинг номи                              | Углероднинг миқдори (%) |
|---|--|-------------------------|
| 1 | Бойитилмаган графит рудаси                     | 17.1                    |
| 2 | 1-босқич бойитишдан кейинги графит концентрати | 25.0                    |
| 3 | 1-босқичдан кейинги қолдиқ                     | 7.3                     |
| 4 | 2-босқич бойитишдан кейинги графит концентрати | 31.0                    |
| 5 | 2-босқичдан кейинги қолдиқ                     | 4.0                     |
| 6 | 3-босқич бойитишдан кейинги графит концентрати | 35.1                    |
| 7 | 3-босқичдан кейинги қолдиқ                     | 11.3                    |

Олинган концентратлар ҳосил бўлган майда кристалли графит миқдорининг қийматини аниқлаш учун рентгенографик таҳлилдан ўтказилди. Тадқиқот натижаси шуни кўрсатдики, олти марта бойитилган графит концентратининг углерод миқдори 96% ни ташкил қилади.

Кейинги тадқиқотлар юқори молекуляр синтетик-модификацияланган, сирт фаол моддалар гуруҳига тегишли бўлган чизикли полимер, янги маҳаллий УГК кўпикловчи реагентини қўллашга қаратилган. Сув ва графит рудасининг турли нисбатлардаги таъсирини аниқлаш учун 1:2 нисбатидан 1:8 нисбатигача кўпикловчи моддалар билан бир қатор лаборатория синовларини ўтказдик (4-жадвал). Экспериментал йўл билан шуниси аниқландики, бўтқа ичига йиғувчи (керосин) киритилганда ва кейин УГК кўпикловчи реагенти қўлланилган сўнг, кўпик миқдори йиғувчисиз бўлганидан кўра анча кам эканлиги аниқланди, бу ҳолда йиғувчи ўзини кўпик сўндирувчи сифатида намоён қилган. Шунга кўра, бу графит рудасини бойитиш жараёнига, хусусан, графит концентратининг чиқишига салбий таъсир кўрсатди.

**Essa FTM101 флотомашинасида графит рудасини флотация қилиш  
жараёнига сув : руда нисбатининг таъсири**

| Номланиши  | Сув<br>миқдори<br>(л), | Графит<br>рудаси<br>(гр.). | УГК<br>Флотореагент<br>миқдори,<br>(гр. · томчи) | Флота-<br>ция<br>вақти<br>(мин) | Тайёр<br>концентратсия<br>чиқиши<br>(гр.), (%) | Флотациядан<br>кейинги<br>қолдиқ<br>(гр.), (%) |
|------------|------------------------|----------------------------|--|---------------------------------|--|--|
| 1:2        |                        |                            |  |                                 |  |  |
| Намуна 1-6 | 15                     | 1250                       | 0.031·22 (0.682)                                 | 80                              | 872.7 (69.8%)                                  | 293.4 (23.5%)                                  |
| 1:4        |                        |                            |  |                                 |  |  |
| Намуна 1-5 | 12.5                   | 625                        | 0.031·20 (0.62)                                  | 60                              | 430.2 (68.8%)                                  | 146.6 (23.4%)                                  |
| 1:6        |                        |                            |  |                                 |  |  |
| Намуна 1-3 | 10.2                   | 416                        | 0.031·16 (0.496)                                 | 36                              | 292.13 (70.2%)                                 | 98.3 (23.6%)                                   |
| 1:8        |                        |                            |  |                                 |  |  |
| Намуна 1-3 | 10.2                   | 312.5                      | 0.031·16 (0.496)                                 | 25                              | 212.4 (67.9%)                                  | 72.3 (23.1%)                                   |

Шундан келиб чиққан ҳолда, тажрибанинг 1-чи босқичида *Essa FTM101* флотомашинаси камерасига хона ҳароратида 1000 см<sup>3</sup> сув қуйилди, керосин (0,016 г) қўшилди ва 7 дақиқа давомида аралаштирилди, сўнгра 0,074 мм ўлчамгача майдаланган графит рудаси флотомашина камерасига 50 гр. миқдорда солинди ва 3 дақиқа аралаштирилди ва 10 томчи кўпикловчи ПТ-2 (0,202 гр.) қўшилди. Фаоллаштириш ва аэрациядан сўнг ажратиш жараёни содир бўлади ва графит концентрати минераллашган кўпик шаклида тўпланеди, сўнгра кўпик йиғувчи ёрдамида идишга қуйилади. Камерадаги бўтқа сатҳи сув ёрдамида ушлаб турилди. Флотация минераллашган кўпик тўлиқ йўқолгунча ёки маълум вақт давомида (18-20 дақиқа) олиб борилади. Шундан сўнг, йиғилган кўпик вакуум филтрдан ўтказилди ва филтрда қолган қолдиқ печда 90-100 °С ҳароратда қуритилди. 1-чи бойитиш натижасида 29,7 гр. (59,4%) миқдорида графит концентратини олиш мумкин. 2-чи босқичда жараёнларнинг худди шу босқичлари аввалгида бўлгани каби амалга оширилди, фақат йиғувчи (КЕ) берилмаган ҳолда, УГК универсал кўпикловчи реагентдан 6 томчи (0,248 гр.) қўшилди. Биринчи бойитиш натижасида 24 гр. (48,0%) миқдорда графит концентрати олинди. Ҳар хил турдаги кўпик ҳосил қилувчи моддаларнинг графит концентратини олиш даражасига таъсири 5-жадвалда келтирилган.

Тажрибалар натижасида биринчи тажриба бўйича флотацион бойитиш пайтида ПТ-2 кўпикловчи реагентнинг сарфи 2,5-3,0 кг/т, йиғувчи (керосин) сарфи эса 0,5 кг/т ни ташкил этганлиги аниқланди.

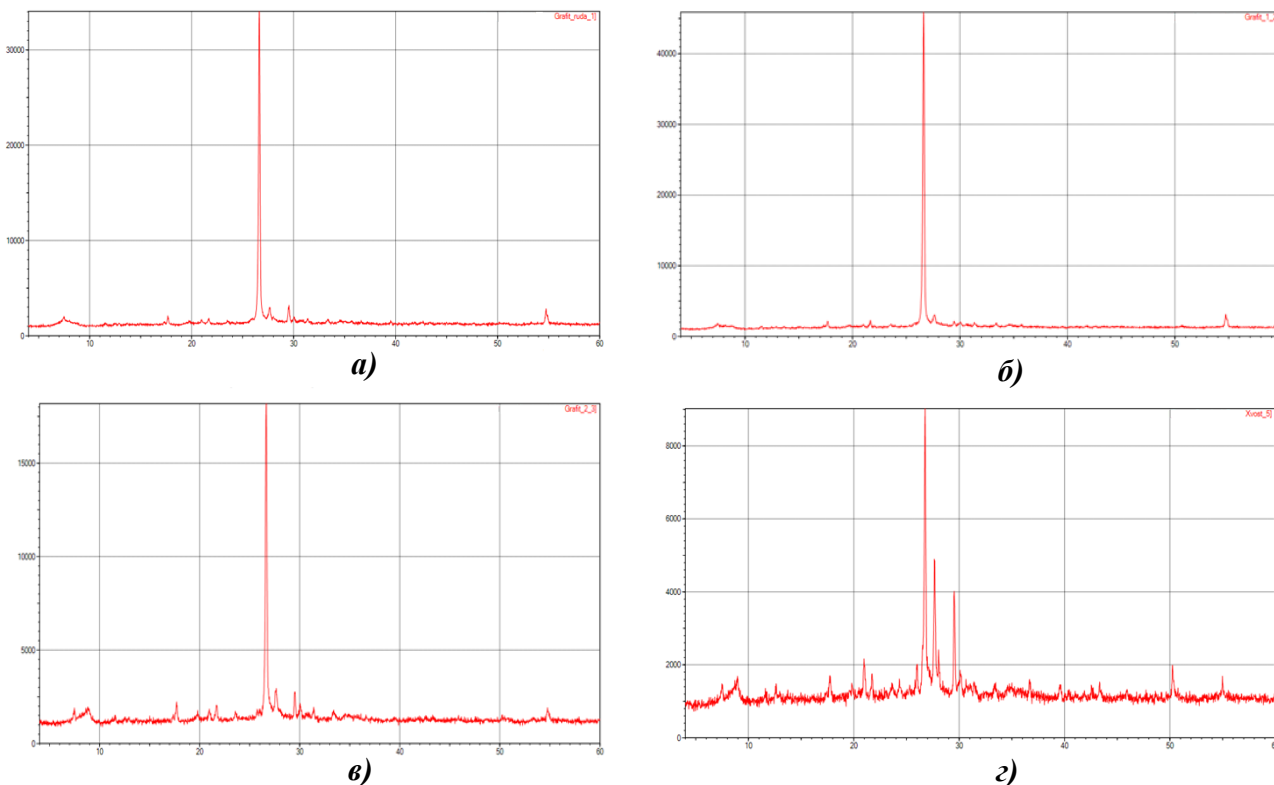
Умуман олганда, УГК кўпикловчи реагентнинг сарфи йиғувчиларни ишлатмаган ҳолда 0,70-0,85 кг/т ни ташкил қилади, бу кимёвий реагентларга кетган харажатларни тежашга имкон беради, флотация вақтини қисқартиради, энергия ресурсларидан фойдаланиш харажатларини камайтиради ва технологик жараённи соддалаштиради.

### Турли флотореагентлар билан флотациянинг қиёсий якуний натижалари

| Кўпикловчи номи                  | Кўпикловчи миқдори |       | КЕ йиғувчининг миқдори |       | Олинган графит |      | Қуруқ қолдиқ |      |
|----------------------------------|--------------------|-------|------------------------|-------|----------------|------|--------------|------|
|                                  | томчи              | гр.   | томчи                  | гр.   | гр.            | %    | гр.          | %    |
| 1:6 (300 мл сув - 50 гр. руда)   |                    |       |                        |       |                |      |              |      |
| ПТ-2                             | 10                 | 0.202 | 4                      | 0.016 | 29.7           | 59.4 | 17.3         | 34.6 |
| 1:6 (2500 мл сув - 416 гр. руда) |                    |       |                        |       |                |      |              |      |
| УГК                              | 8                  | 0.496 | -                      | -     | 292.13         | 70.2 | 98.3         | 23.6 |

1-расмда графит рудаси хомашёси, бойитишнинг 1 ва 2 босқичларидан кейинги концентратлар, шунингдек флотацион бойитишнинг қолдиқ массаси (хвост) рентгенограммалари кўрсатилган.

Рентгенфаза таҳлил натижалари (1-расм) шуни кўрсатдики, бойитилган графит рудаси намуналарининг рентгенограммаларида интенсив чўққилар ўзгариши  $d=0,337; 0,203; 0,168; 0,54$  нм, майда кристалли графитга мос келганлигини кўрсатди. Бунда бойитиш босқичларининг оширилиши билан интенсивлик даражаси ҳам ортади.



1-расм. Графит рудаси (а), 1-босқич бойитишдан кейинги(б) ва 2-босқич бойитишдан кейинги(в) концентратлар, флотация қолдиғи(гр.) рентгенограммалари

Олиб борилган лаборатория тажрибалари натижаларига кўра УГК кўпикловчи реагенти мисолида графит рудаси кукунини уч босқичли бойитишни энг мақбул натижалари танлаб олинди (6-жадвал).

7-жадвалда УГК флотореагентидан фойдаланган ҳолда, уч марталик флотацион бойитишдаги углероднинг концентратга чиқиши бўйича моддий баланс маълумотлари келтирилган. Кўришиб турибдики, УГК кўпикли

агентидан фойдаланган ҳолда, уч марталик флотацион бойитиш билан олинган концентратдаги углероднинг умумий чиқиши 90,11-92,22% ни ташкил этди.

6-жадвал

### Графит рудасини уч марта флотацион бойитиш натижалари

| Номи                       | Сув микдори (л), | Графит рудаси (гр.). | УГК флотореагент микдори, (гр.·томчи) | Флотация вақти (мин) | Тайёр концентрат чиқиши (гр.), (%) | Флотациядан кейинги қолдиқ (гр.), (%) |
|----------------------------|------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Биринчи бойитишдаги графит |                  |                      |                                       |                      |                                    | 98.3<br>(23.6%)                       |
| Намуна 1                   | 2.5+2.5=5.0      | 416.0                | 0.279                                 | 10                   | 222.34 (53.4%)                     |                                       |
| Иккинчи бойитишдаги графит |                  |                      |                                       |                      |                                    |                                       |
| Намуна 2                   | 2.6              | -                    | 0.155                                 | 16                   | 51.06 (12.3%)                      |                                       |
| Учинчи бойитишдаги графит  |                  |                      |                                       |                      |                                    |                                       |
| Намуна 3                   | 2.6              | -                    | 0.062                                 | 10                   | 18.73 (4.5%)                       |                                       |

7-жадвал

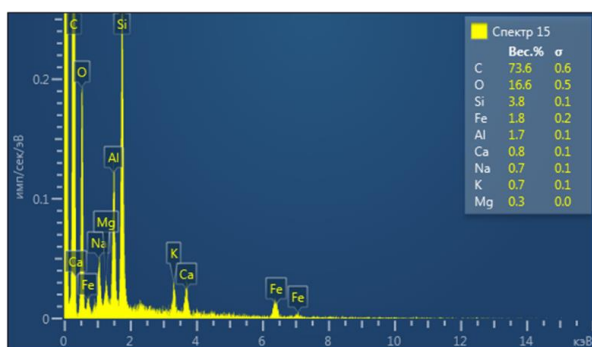
### УГК қўлланган ҳолда уч марта флотацион бойитилган намуналардаги углерод микдори

| Намунанинг номи                | Намунанинг курук массаси, гр. | Намунадаги углерод улуши, % | Намунадаги углерод микдори, гр. | Углероднинг чиқиши, % |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Графит рудаси                  | 416.0                         | 24.9                        | 103.584                         | 100*                  |
| Биринчи бойитишдаги концентрат | 222.34                        | 32.4                        | 72.038                          | 69.54                 |
| Иккинчи бойитишдаги концентрат | 51.06                         | 30.3                        | 15.471                          | 14.93                 |
| Учинчи бойитишдаги концентрат  | 18.73                         | 31.2                        | 5.843                           | 5.64                  |
| Қолдиқ                         | 98.3                          | 8.2                         | 8.06                            | 7.78**                |

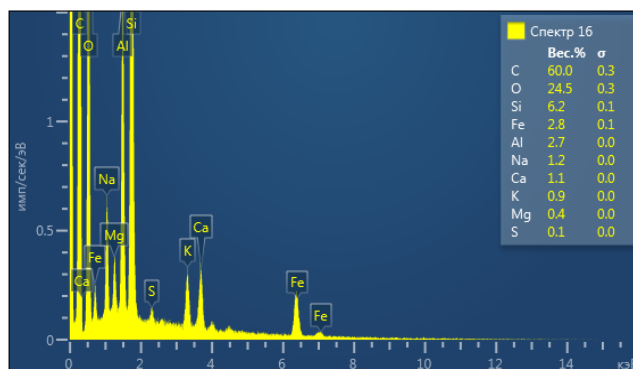
Эслатма: \* - 100 сони шартли равишда графит рудаси намунасидаги углероднинг умумий фоиз улушини англатади (массаси 416 гр.) 69.54

\*\* - 7.78 сони - қолдиқда қолган углероднинг фоиз улуши.

Концентрат намунаси LEICA DM электрон микроскопида ўрганилган, ҳамда спектрограммаларда иккита 15 ва 16 худудларнинг кимёвий таркиби берилган (2 ва 3-расмлар).



2-расм. 15-худуд графит концентратининг кимёвий ва элементар таркиби

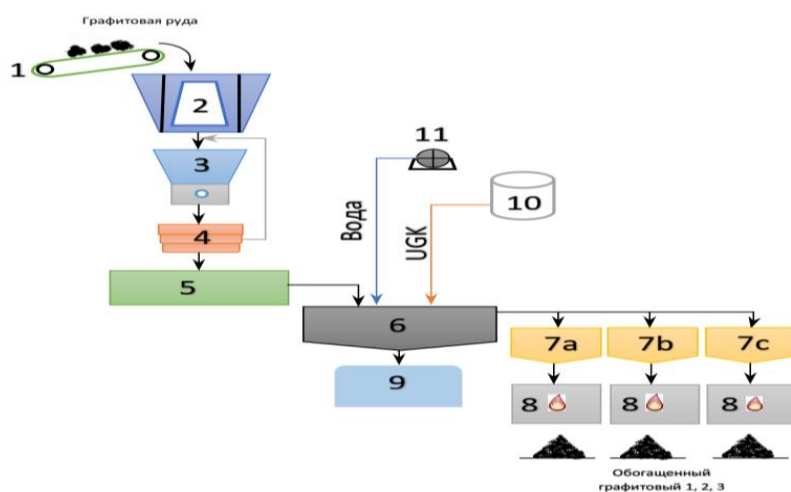


3-расм. 16- худуд графит концентратининг кимёвий ва элементар таркиби

Расмлардан кўриниб турибдики, графит концентратидаги углерод миқдори 84,5-90,25 % оралиғида бўлмоқда.

Тасказган графит рудасини флотацион бойитишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган бўлиб, у 3 босқичдан: намуна олиш, майдалаш ва саралаш, босқичма-босқич тозалаш ва концентрат ҳамда қолдиқларни қуритишдан иборат (4-расм).

Технологик схемадан кўриниб турибдики, графит рудасини флотацион бойитишда универсал кўпикловчи реагент – УГК, ҳам йиғувчи ҳам кўпикловчи реагент вазифасини бажаради, натижада бошқа флотореагентлардан фойдаланиш талаб этилмайди.



**4-расм. Графит рудасини бойитишнинг принципиал схемаси:**

1-тасмали транспортёр; 2-жағли майдалагич; 3-шарли тегирмон; 4-элеватор; 5-майдаланган графит рудаси йиғгичи; 6-флотацион машина; 7-7а,7б,7с-1, 2, 3 графит концентрати; 8-куритиш печи; 9-қолдиқ; 10-УГК реагенти учун бак; 11-сув учун сифим.

Диссертациянинг “Тасказган конининг бойитилган графитлари асосида графит-шамот оловбардош маҳсулотлари ва сурков материалларининг оптимал таркибини ишлаб чиқиш ва тажриба-саноат синовларини ўтказиш” деб номланган тўртинчи боби графит-шамот оловбардош материалларининг таркибини ишлаб чиқиш ва технологик хусусиятларини синовдан ўтказишга бағишланган. Тадқиқот учун биз Тасказган конини УГК флоатреагенти билан бойитиб олинган графитдан фойдаландик. Шамот АКФ-78 маркали бойитилган Ангрэн гилини 750-850°С ҳароратда куйдириш орқали олинган. Боғловчи модда сифатида бойитилмаган Ангрэн каолин гилидан фойдаланилди (8-жадвал). 8-жадвалдан кўриниб турибдики, бойитилган каолин АКФ-78, ўртача 30-35% оралиғида алюминий оксид, 1,0% дан кам бўлган миқдорда темир оксиди сақлаши билан тавсифланади. Ушбу материал яхши қолиплаш, пластиклик, боғловчилик ва бошқа хоссаларга эга. АКФ-78 маркали бойитилган каолиннинг асосий минерали бўлиб, дифраксион максимуми  $d=0,714; 0,357; 0,233$  нм бўлган каолинит ва  $\beta$ -кварцнинг паст ҳароратли ( $d= 0,334; 0,182$  нм) шакли ҳисобланади.

Графит-шамот оловбардош материали таркибини ишлаб чиқиш бўйича синовларни ўтказиш учун бойитилмаган Ангрэн каолин гили, АКФ-78 маркали бойитилган каолиндан олинган шамот ва биз ишлаб чиққан технология асосида Тасказган конининг графит рудаларини бойитиш орқали олинган 0,2 мм элакда 78-80% қолдиққа эга графит концентрати ишлатилган.



**Ангрен каолинларининг таркиби**

| Материал номи                    | Компонентларнинг таркиби, масс. % |                                |                                |                  |      |                   |                  |                 |       | Компонентлар йиғиндиси, % |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|-------------------|------------------|-----------------|-------|---------------------------|
|                                  | SiO <sub>2</sub>                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> | ппп   |                           |
| Бойитилмаган Ангрен каолини      | 67,4                              | 17,85                          | 1,03                           | 0,35             | 1,02 | 0,48              | 0,72             | <0,10           | 11,15 | 99,28                     |
| АКФ-78 маркали бойитилган каолин | 52,72                             | 31,96                          | 0,57                           | 0,52             | 1,05 | 0,06              | 0,31             | 0,32            | 10,53 | 98,04                     |

Олинган бойитилган графит намуналари ва ГОСТ 4596-75 га мос келадиган қўшимча компонентлар асосида биз графит-шамотли оловбардош материалларининг экспериментал композицияларини тайёрладик (9-жадвал).

9-жадвал

**Хар хил таркибли графит концентрати тутган графит-шамот оловбардош материалнинг тажриба композициялари**

| Хомашё материаллари            | Аралшмадаги таркибий қисмларнинг нисбати, масс. % |    |    |    |    |
|--------------------------------|---|----|----|----|----|
|                                | Намуналар рақами                                  |    |    |    |    |
|                                | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Ангрен каолин гили             | 40  | 40 | 30 | 20 | 10 |
| АКФ-78 каолини асосидаги шамот | 50  | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Графит концентрати             | 10  | 20 | 30 | 40 | 50 |

Тайёрланган композициялар 8-10% H<sub>2</sub>O гача намланди ва максимал бир хил жинсли дисперсликкача яхшилаб аралаштирилди. Тайёрланган массадан 20-25 МПа босим остида 3х3х3 см ва 5х5х0.5 см ли призмалар ҳосил қилинди, сўнгра формаланган намуналар қуритгичда 50-60 °С ҳароратда қуритилди. Қуритилган намуналар муфел печида 1250-1350 °С ҳароратда 30-40 дақиқа давомида куйдирилди. Шундан сўнг уларнинг физик-механик хоссалари аниқланди. Синов натижалари 10-жадвалда келтирилган.

10-жадвал

**Графит-шамот оловбардош материаллари тажриба намуналарининг синов натижалари**

| № таркиб | Заррачалар ўлчами            | Каж .пор. P <sub>кажГ</sub> /см <sup>3</sup> | Очилган ғоваклик, % | Умумий ғоваклик, % | Сув ютиш, % | Мустаҳкамлик, МПа | Оловга бардошлилик, Т, °С |
|----------|------------------------------|--|---------------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------------------|
| 1        | Элакдаги қолдиқ № 0,2 75-80% | 0,04   | 0,8                 | 0,8                | 0,6         | 7                 | >1500                     |
| 2        |                              | 0,03   | 0,8                 | 0,8                | 0,6         | 9                 | >1500                     |
| 3        |                              | 0,03   | 0,7                 | 0,7                | 0,5         | 10                | >1500                     |
| 4        |                              | 0,05   | 0,7                 | 0,7                | 0,5         | 11                | >1500                     |
| 5        |                              | 0,05   | 0,8                 | 0,8                | 0,5         | 10                | >1500                     |

Очиқ ва умумий ғоваклик қийматлари бир-бирига яқин, чунки намуналар жуда зич ва мос ҳолда сувни сингдириш қиймати ҳам нисбатан паст.

Синовларда намуналар юқори мустаҳкамлик кўрсаткичларини намоён қилди, айниқса №3 и №4 таркибдагилар энг юқори қийматларни кўрсатди.

Шундай қилиб, графит-шамот оловбардош материалларининг тажриба-синов намуналари ГОСТ 4596-75 ва 2909-2014 талабларига мос келади.

Графит сурков мойи таркиби 5.0 дан 10.0 % гача қўшилган рафинациядан кейинги махсар мойи, рапс мойи, олтингугуртли пахта ва бошқа мойлар асосида, ҳамда 0,75 дан 0,005 мм гача дисперсликда, 50 дан 90 % гача миқдорда қўшилган бойитилган графит асосида тайёрланди. Графит концентрати қўшишдан олдин курутгичда 150-200 °С ҳароратда 5 соат давомида курутилган ва № 045 элакдан ўтказилган. Шундан сўнг, унга аралашманинг умумий оғирлигининг 10 дан 20% гача мой қўшилган. Олинган аралашма 1,5-2 соат давомида 90-100 °С ҳароратда сув ҳаммомида тўлиқ бир ҳил масса бўлгунча аралаштиргич ёрдамида яхшилаб аралаштирилди. Сурков материаллари таркибидаги графитнинг дисперслик таъсирини аниқлаш учун 30 мкм дан 120 мкм гача майдаликда турли хил графит дисперсияси бўлган композициялар тайёрланди. Тайёрланган таркиблардаги сурков материаллари мустаҳкамлик ва қовушқоқлик бўйича синовдан ўтказилди (11-жадвал).

*11-жадвал*

### **Графит дисперсиясининг графит сурков мойининг физик хусусиятларига таъсири**

| Графитнинг дисперслик даражаси, мкм | Турли хил ҳароратлардаги қовушқоқлик, пуазларда |       |       | Турли хил ҳароратлардаги мустаҳкамлик чегараси, МПа |       |       |
|-------------------------------------|---|-------|-------|---|-------|-------|
|                                     | 0 °С  | 20 °С | 50 °С | 0 °С  | 20 °С | 80 °С |
| 30-40                               | 1550  | 1420  | 640   | 6,3   | 6,0   | 5,5   |
| 80-100                              | 1700  | 1480  | 660   | 4,1   | 4,2   | 3,6   |
| 110-140                             | 1750  | 1500  | 700   | 3,2   | 2,8   | 2,1   |

Олинган натижалар графит сурков мойларининг физик хусусиятларини қўшилган графит концентратининг дисперслик даражасига тўғридан-тўғри боғлиқлигини кўрсатади. Графитнинг дисперслик даражаси ошиши билан сурков материалларининг ишқаланиш кучи ва механик барқарорлиги доимий равишда ошиб боради.

Олиб борилган синовлар асосида асосий физик-кимёвий кўрсаткичлар бўйича тегишли ГОСТларга мувофиқ натижалар олинди. Олинган натижалар шуни кўрсатадики, сурков мойи таркибидаги графит концентрати қўшимча миқдорининг ўзгариши билан мос равишда физик-кимёвий хусусиятлар ҳам ўзгаради (12-жадвал). Тайёрланган янги сурков мойи композицияларининг физик-механик хоссаларини синовдан ўтказиш шуни кўрсатдики, ГОСТ 3333-80 ва ГОСТ 8295-73 стандартлари талабларига мос келадиган хусусиятларга эга бўлган энг мақбул композиция №3, таркибида 90% бойитилган графит ва 10% И-20 маркали мой бўлган сурков мойи ҳисобланади. Лаборатория тажрибалари ва олинган ижобий натижалар асосида биз томондан ишлаб чиқилган сурков материалларининг мақбул таркиблари «SPZ-BEARINGS» ҚКнинг ишлаб чиқариш шароитида 1М65; СУВ-5 ва АГЛ-25 маркали машиналарида юқори ишқаланиш билан ишлайдиган подшибникларда синовдан ўтказилди.

**Графит концентрати кўшимчаси микдорининг сурков материалининг физик-кимёвий хусусиятларига таъсири**

| № п/п | Кўрсаткичлар номи                                   | Сурков мойи таркиби, % |                  |                  | Синов усули     |
|-------|---|------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|       |   | Графит-70 мой-30       | Графит-80 мой-20 | Графит-90 мой-10 |                 |
| 1     | Кинематик қовушқоқлик, мм Фс<br>100°С да<br>40°С да | 7.12<br>29.44          | 9.21<br>38.59    | 9.38<br>40.22    | ГОСТ 31391-2009 |
| 2     | Қовушқоқлик индекси                                 | 170                    | 165              | 160              | ГОСТ 25371-2018 |
| 3     | Қаттиқланиш харорати, С                             | -18                    | -22              | -25              | ГОСТ 20287-91   |
| 4     | Зичлиги 20 °С да, кг/м <sup>3</sup>                 | 835                    | 867              | 895              | ГОСТ 3900-85    |

Синовлар учун 70, 80 ва 90% графит концентратидан иборат сурков материаллари, И-20 маркали мотор мойи билан биргаликда 1:2; 1:1 ва 2:1 нисбатга мос равишда тайёрланган.

Сурков материаллари бирикмаларини синовдан ўтказиш тишли узатмаларнинг ишқаланиш қисмларида, бир соат давомида амалга оширилди. Турли хил композициядаги сурков мойлари суркалган қисмларнинг ҳолатини визуал таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, энг мақбул таркиб 90% графит концентратини ўз ичига олади. Визуал текширув натижаларига асосланиб, биз И-20 маркали мотор мойи ва 90% графит концентрати тутган бирикмани турли нисбатларда бир жинсли бўлгунча яхшилаб аралаштириб сурков мойини тайёрладик. Синовлар 1М65; СУВ-5 ва АГЛ-25 агрегатлар подшипникларининг ишқаланадиган қисмларида синовдан ўтказилди.

Сурков материаллари ишлаб чиқаришда бойитилган Тасказган графитидан фойдаланишдан қутилаётган иқтисодий самарадорлик ҳисобланди.

Ҳисоблаш учун етказиб берувчиларнинг нархлари рўйхатида, графит рудасини бойитишда ишлатиладиган кўпикловчи ва йиғувчи моддалар, сурков материаллари учун графит кукуни ва компонентларнинг мавжуд нархлари дастлабки маълумотлар сифатида қабул қилинган.

Керосин нархи 1 л -12 000 сўм (йиғувчи)

ПТ - 2 нархи 1 л - 15 000 сўм (импорт қилинган кўпикловчи реагент)

Маҳаллий УГК реагенти нархи 1 л - 16 300 сўм (кўпикловчи реагент),

И20 саноат мойи, нархи 1 л - 10 000 сўм

Графит (Россиядан импорт қилинган), 1 кг учун нарх-10780 сўм

Маҳаллий графит (Тасказган конидан бойитиб олинган) - 1 кг учун нарх - 5 700 сўм. Бундан келиб чиқадик, УГК реагенти ёрдамида 1 тонна графит рудасини бойитишда иқтисодий тежамкорлик қуйидагича:

$$70\ 773 - 19\ 429.6 = 51\ 343,4 \text{ сўм.}$$

Йилига 1000 тонна бойитиш самарадорлиги билан бу кўрсаткич 51 343 400 сўмни ташкил этади.

Бир тонна сурков материални тежаш қуйидагича иқтисодий самарадорликни беради:

$$14\ 085\ 000 - 10\ 275\ 000 = 3\ 810\ 000 \text{ сўм.}$$

Тавсия этилган схема бўйича бойитилган графит концентратидан фойдаланиш умумий йиллик иқтисодий самарадорлиги қуйидагича бўлади:

$$3\ 810\ 000 + 51\ 343\ 400 = 55\ 163\ 400 \text{ сўм.}$$

Шундай қилиб, маҳаллий УГК реагентидан фойдаланган ҳолда импорт ўрнига Тасказган графит рудасидан графит концентратини олишнинг ишлаб чиқилган усули йилига 55 163 400 сўм миқдорда энергия ва молиявий харажатларни тежашга ёрдам беради.

## ХУЛОСА

Диссертация ишини бажаришда олинган асосий илмий ва амалий натижалар қуйидагилар:

1. Тасказган кони графит рудаларининг кимёвий-минералогик ва физик-кимёвий хоссалари ва технологик хусусиятлари ўрганилди. Намуналарда графитнинг ёпиқ кристалли тузилишидан ташқари, оз миқдорда майда тангачали турлари, шунингдек, кварц  $\text{SiO}_2$ , кальцит  $\text{CaCO}_3$  ва слюда кўринишидаги аралашмалар мавжудлиги аниқланди.

2. Замонавий физик-кимёвий, классик ва технологик таҳлил усулларидан фойдаланган ҳолда олиб борилган тадқиқотлар Бухоро вилояти Тасказган конининг графит рудаларидан графит концентратини олишнинг ҳақиқий имконияти мавжудлигини кўрсатди.

3. Рентгенфазали, ИҚ-спектроскопик ва электрон - микроскопик таҳлил усуллари ёрдамида аморфли Тасказган кони графит рудасини бойитишда самарали реагентлар танланган ва мақбул усуллар ҳамда технологик режим аниқланган.

4. Тажрибалар шуни кўрсатдики, графитни одатий ишлатиладиган иккита реагент ўрнига маҳаллий ишлаб чиқарилган янги тур УГК кўпикловчи реагентни алмаштириб бойитиш усули, мақбул ва иқтисодий самаралироқ бўлиб чиқди.

5. Ишлаб чиқилган бойитиш технологияда универсал УГК флотреагентини қўллаш ва 3 босқичли жараёндан ўтиши натижасида олинадиган графит концентрати таннархи сезиларли даражада пасайиши кўрсатилди.

6. Ўтказилган экспериментал синовлар ГОСТ 3333-80; 8295-73 ва ГОСТ 4596-75; ГОСТ 2909-2014 талабларига мос равишда графит-сурков ва графит-шамот оловбардош материаллари ишлаб чиқаришни аниқ имкониятини кўрсатди.

7. Тавсия этилган схемада бойитилган графит концентратидан фойдаланишнинг умумий йиллик иқтисодий самарадорлиги 55 163 400 сўмни ташкил этганлиги кўрсатилган. Тасказган конининг бойитилган графит концентрати ва мотор мойининг оптимал нисбатларида ишлаб чиқилган компонентлар таркиби импорт қилинадиган сурков материаллари ўрнига ишлатилиши мумкин.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD. 03/30.12.2019.К/Т.66.02 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ НАМАНГАНСКОМ  
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**  

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**ТУРСУНОВ АЗАМЖОН САЛИМЖОН УГЛИ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ГРАФИТОВОЙ  
РУДЫ ТАСКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА СМАЗОЧНЫЕ И  
СИЛИКАТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**02.00.13 - Технология неорганических веществ и материалов на их основе**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Наманган – 2023**

Тема диссертация доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2022.3.PhD/T3022.

Диссертационная работа выполнена в Ташкентский химико-технологический институт.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице Научного совета в информационно-образовательном портале «Zivonet» по адресу [www.zivonet.uz](http://www.zivonet.uz)

**Научный руководитель:**

**Турдалиев Умид Мухтаралиевич**  
доктор технических наук, с.н.с.

**Официальные оппоненты:**

**Султонов Боходир Элбекович**  
доктор технических наук, профессор

**Сейтназаров Атаназар Рейпназарович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Ферганский политехнический институт**

Защита диссертационной работы состоится « 4 » марта 2023 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании цифрового Научного совета PhD. 03/30.12.2019.К/Т.66.02 по присуждению научных степеней при Наманганском инженерно-технологическом институте (адресу: 160115, г. Наманган, улица Косонсой, 7. Тел.: (99869) 228-76-75; факс: (99869) 228-76-71, e-mail: niei\_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института (зарегистрирован под № 522 ). (Адрес: 160115, г. Наманган, ул. Косонсой, 7. Тел.: (99869) 228-76-75; факс: (99869) 228-76-71).

Автореферат диссертации разослан « 20 » февраля 2023 года.

(реестр протокола рассылки № 2 от « 20 » февраля 2023 года).



**О.К. Эргашев**  
Председатель Научного совета по присуждению  
ученой степени, д.х.н., проф.

**Д.Ш. Шеркузиев**  
Ученый секретарь Научного совета по присуждению  
ученой степени, д.т.н., проф.

**З.К. Дехканов**  
Председатель Научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мире наблюдается непрерывный рост производства графита, как ценного материала для изготовления высоконагреваемых конструкций летательных аппаратов, для двигателей электрощеток, электродов при электролизных процессах, как анодный материал для щелочных литий-ионных батарей. Кроме того, графит хорошо проявляет себя в производстве огнеупорных и смазочных материалов, в энергетических ядерных реакторах, формы для литья в металлургии и антифрикционного материала в углеграфитовых волокнистых изделиях. В связи с отсутствием в нашей стране производство графита уделяется большое внимание к переработке графитовых руд Тасказганского месторождения, запасы которых достаточно велики.

В мире ведутся научные исследования по разработке флотационного обогащения труднообогатительных чешуйчатых графитовых руд, где применяют традиционные реагенты, выполняющие функцию пенообразователя (терпеновое масло, метилизобутилкарбинол), собирателя (керосин) и депрессора (силикат натрия). В этом аспекте особое внимание уделяется исследованиям по выбору эффективных флотореагентов и снижению их расходов; созданию рационального аппаратурно-технологического оформления во избежание многостадийности процесса; обогащению графитовой руды с использованием единого химического реагента в малой дозе; разработка ресурсо- и энергосберегающей технологии обогащения графитовых руд Тасказганского месторождения и переработки концентрата в смазочные и огнеупорные материалы, необходимых для отрасли промышленности.

В республике осуществляют широкомасштабные мероприятия по производству огнеупорных и смазочных материалов, электрощеток, сварочных электродов, металлических деталей и конструкций из местных сырьевых материалов. В третьем направлении стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы отмечены важные задачи, направленные на «... продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и роста объёма производства промышленной продукции в 1,4 раза»<sup>2</sup>. В связи с этим актуальность приобретает проведение исследований по разработке технологии обогащения и переработки графитовых руд Тасказганского месторождения в импортозамещающие смазочные и огнеупорные материалы.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП – 3145 от 24 июля 2017 года «О необходимости проведения прикладных и инновационных научно-исследовательских работ в области технологии добычи и комплексной переработки минерального сырья с учетом максимального извлечения основных и сопутствующих ценных

---

<sup>2</sup>Указом Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

компонентов», № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», № ПП-4937 от 28 декабря 2020 года «О мерах по реализации инвестиционной программы Республики Узбекистан на 2021-2023 годы», № ПП-4992 от 13 февраля 2021 года «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** В мире проведены работы, посвященные исследованиям составам и свойств углеродсодержащих руд, в том числе созданию способов обогащения графитовых и каолиновых руд, применению полученных концентратов в различных отраслях промышленности. Исследованиями зарубежных ученых показано, что обогащение углеродных материалов можно вести селективным измельчением породы при его добыче, основанный на способности размола графита и пустой породы (Е.И. Жмуриков, И.А. Бубненко, D.R. Cooper, B.D. Anjou), а также флотационным методом (S.C. Chelgani, C.L. Yue, V.E. Ross, Q.Yangshuai). Разработаны новые смазочные и жаропрочные материалы (Д.А.Ю. Аль-Саади, В. Ф. Першин, А.Н. Петров, А.В. Яговцев, W.S. Resende, R.M. Stoll). В Германии разработан химический метод обогащения графитовых руд с использованием щелочного обжига, обработка плавиковой кислотой с последующим хлорирующим обжигом. Они более эффективны для очистки графитовых руд, чем физические методы (пенная флотация, гравитационная сепарация, пленочная флотация, двухжидкостная сепарация).

В Узбекистане, в Ташкентском химико-технологическом институте под руководством М.Х. Ариповой, З.А. Бабахановой, в Навоийском ННГИ - Э.А. Абдурахмановым, в Институте общей и неорганической химии АН РУз - Д.К. Адыловым, Р.К. Ахмедовым, в Институте геологии и геофизики А.Х. Туресебековым; сотрудниками НГМК - Ш.Р. Шукуровым и Б.И. Мирходжаевым, а также другими ведутся исследования, посвященные обогащению графитовой руды и применению графита в огнеупорной и других различных областях промышленности.

Таким образом, к настоящему времени проведены широкие исследования и достигнуты важные результаты. Однако нет информации по флотационному обогащению графитовой руды с использованием низким расходом универсального реагента, выполняющую роль собирателя и вспенивателя, подробно не рассмотрены вопросы переработки графитового концентрата в смазочные и огнеупорные материалы.

**Связь диссертационного исследования с тематическими планами научно-исследовательских работ.** Диссертационное исследование выполнено



в рамках плана научно-исследовательских работ ТашХТИ и Навоийского отделения АН РУз по прикладному проекту ПЗ-20170930394 «Разработка технологии обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения с целью получения смазочного графита» (2017-2019 гг.) и инновационному проекту №104/14– «Разработка технологии получения графитового концентрата из руды месторождения Тасказган для дальнейшего применения его в электротехнике, металлургической и химической промышленности» (2021 г.).

**Целью исследования** является разработка эффективной технологии обогащения графитовых руд Тасказганского месторождения и получения графитовых смазочных и огнеупорных материалов.

**Задачи исследования:**

исследование химико-минералогических и технологических характеристик графитовой руды Тасказганского месторождения;

исследование влияние технологических факторов на процесс обогащения графитовой руды Тасказган с применением традиционных флотореагентов;

исследование процесса обогащения графитовой руды Тасказган с применением универсального флотореагента УГП и нахождение оптимальных условий получения концентрата в флотомашине;

подготовка и выпуск опытно-промышленной партии графитового концентрата по разработанной технологии в условиях ГП Навоийского ГМК;

разработка научно-технической документации (НТД) на новые продукции – графитовой руды и графитовой смазки;

разработка оптимальных составов графито-шамотного огнеупора в зависимости от соотношений каолина : шамот : графитовый концентрат;

определение физико-механических характеристик новых образцов огнеупорных материалов;

оценка соответствий физико-химических показателей графитсодержащих огнеупорных изделий, предъявляемым ГОСТ 4596-75.

**Объектом исследования** необогащенная графитовая руда Тасказганского месторождения, отечественные и зарубежные вспениватели и собиратели, реагент УГП (вспениватель и разбавитель), опытные образцы смазочных материалов из графитового концентрата, а также силикатные материалы из каолина Ангрэнского месторождения.

**Предметом исследования** является процесс обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения и получения графитового смазочного и силикатного материала на основе графитового концентрата и каолина Ангрэнского месторождения.

**Методы исследования.** В диссертации использованы химические, физико-химические (рентгенографический, ИК-спектроскопический, сканирующий электронно-микроскопический) методы анализа.

**Научная новизна исследования:**

установлен химико-минералогический состав и структура графитовых руд Тасказганского месторождения физико-химический, классический и технологический методами исследования;

найжены оптимальные условия обогащения графитовой руды с использованием зарубежных и отечественных химических реагентов собирателей и вспенивателей;

выявлена корреляционная зависимость кинетики измельчения графитовой руды до требуемого класса и зависимость оптимальных количеств мелких частиц от времени измельчения для оптимального выхода обогащенного графитового концентрата;

разработан эффективный способ флотационного обогащения графитовой руды с универсальным пенообразователем УГП, выполняющая роль, как пенообразователя, так и собирателя;

рентгенофазовым, ИК-спектроскопическим и электронной микроскопическими методами анализа установлен оптимальный состав графитового концентрата, вполне отвечающая требованиям для получения смазочных и огнеупорных материалов;

установлена зависимость изменения физико-механических и физико-химических показателей графито-шамотных огнеупоров от массового соотношения каолин : шамот : графитовый концентрат.

разработана технология обогащения и переработки графитовой руды в смазочные и огнеупорных материалов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология флотационного обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения с использованием универсального вспенивателя комплексного действия УГП с улучшенными технологическими показателями;

разработана технология переработки графитового концентрата в смазочные материалы, которые по своим физико-химические свойствам соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 3333-80 и 8295-73;

разработан оптимальный композиционный состав графито-шамотного огнеупорного материала из местных сырьевых материалов, соответствующий ГОСТ 4596-75.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты современных физико-химических методов анализа подтверждены лабораторными опытами и опытно-производственными испытаниями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований заключается в обосновании сравнительных данных процессов обогащения графитовых руд Тасказганского месторождения с использованием отечественных реагентов и УГП (вспенивателя и собирателя) от времени обработки, соотношения Ж:Т и количества добавки, а также установлении корреляционных зависимостей получения смазочных и огнеупорных материалов от исходного сырья.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке технологии флотационного обогащения графитовой руды с использованием универсального реагента УГП в 3-х кратном цикле перечистки, а также переработки полученного концентрата для получения смазочного материала и графито-шамотного огнеупорного кирпича, которые по качеству соответствуют всем нормативам ГОСТ.

**Внедрение результатов исследований.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии обогащения и переработки Тасказганской графитовой руды на смазочные и силикатные материалы:

технология флотационного обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения внедрена на АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 27 июля 2022 года № 23.01-01-07/434). В результате появилась возможность использования местного универсального пенообразователя УГП при получении флотоконцентрата, отвечающим требованиям смазочных и огнеупорных материалов;

технология обогащение графитовых руд реагентами нового типа включена в «Перечень перспективных проектов, реализуемых в 2024-2026 годах» на СП «SPZ-BEARINGS» (справка СП «SPZ-BEARINGS» от 28 июля 2022 года № 83/06-22). В результате появилась возможность организации производства нового вида графитового смазочного материала для дальнейшего применения его в электротехнике, металлургической и химической промышленности.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждены на 4 международных и 4 республиканской научно-практической конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Опубликованы 12 научных работ по теме диссертации. В частности, основными научными результатами диссертации (PhD) являются 4 научных статей, из которых 1 опубликованы в республиканских и 3 зарубежных журналах, рекомендованных высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторской диссертаций (PhD).

**Структура и объем диссертации** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных литератур, условные знаки и приложений. Объем диссертации 103 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и необходимость темы диссертации, формулируются цель и задачи исследования, описываются объект и тема исследования, соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, описаны научные инновации и практические результаты исследований, приведено внедрение результатов в практику, опубликованы сведения о структуре научных работ и диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Современное состояние вопроса обогащения и переработки графитовых руд**» дана характеристика аллотропической модификацией углерода и структура его состояние. Физические свойства природного графита. Типы природного графита, которые принято разделять на чешуйчатые, плотнокристаллические и скрытокристаллические. Показана потенциальная возможность использования графита в различных сферах его использования. Проанализирован мировой

обзор добыча и производства графита из различных месторождений и приведен список ряд стран, занимающих по доставке данного вида сырья. Также представлены технологии обогащения графитовых руд флотационным методом обогащения различными технологическими комбинациями. Показана роль флотреагентов для обогащения чешуйчатых типов графитовых руд и методы максимального извлечения концентрата с высоким содержанием углерода. Представлены способы получения графитовых смазок с использованием ПАВ и других видов добавок.

Во второй главе диссертации под названием **«Характеристика исходных материалов и физико-химические методы исследования»** описывается происхождение, местоположение, объем, запас и физико-химическая характеристика графитовой руды Тасказганского месторождения. Представлен подбор традиционных собирателей и пенообразователей в качестве флотреагентов для обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения. Показана физические свойства реагента УГП – (алкилбензолсульфо кислота-АБСК), получаемый сульфированием линейного алкилбензола и используемый для получения алкилбензолсульфонатов – компонентов моющих средств, ПАВ для флотации руд. Данный реагент представлен универсальным флотреагентом, который рекомендуется заменить собирателя и пенообразователя.

Приведена методика обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения на флотационной машине марки Essa FTM101 (объем камеры – 2.5 литра) с использованием традиционным и новыми видами флотреагентов для получения сравнительных данных. Исследованы основные показатели – вещественный и минералогический состав исходной руды методом физико-химического анализа, а также определены его влага, зольность и др показатели.

В третьей главе диссертации на тему **«Исследование процесса флотационного обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения»** приведенные данные по влиянию различных видов флотреагентов на процесс обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения на флотационной машине марки Essa FTM101.

В экспериментах были использованы следующие собиратели: керосин (КЕ), моторное масло (ММ), иммерсионное масло (ИМ), трансформаторное масло (ТМ), отработанное машинное масло (ОММ), промышленное масло (ИМ). Были использованы вспениватели, в том числе и новые, местные: сосновое масло, Т92, Т66, Т80, ПТ-2, ПТ-4, УГП. Результаты испытаний, показали, что при постоянном количестве вспенивателя ПТ-2 и различных видов и количествах собирателя оптимальный выход графитового концентрата достигается при собирателе КЕ в количестве 0,02 мл и вспенивателе ПТ-2 в количестве 0,22 мл.

Результаты проведенных испытаний в таблице 1 показали влияния различных типов и комбинаций собирателя и вспенивателя на выход концентрата. Найдено, что максимальный выход графитового концентрата происходит при сочетании флотреагентов: КЕ (0.016 гр.) + вспениватель ПТ-2 (0.202 гр.) и ТМ (0.016 гр.) + вспениватель ПТ-2 (0.202 гр.)

**Влияние различных типов собирателей и вспенивателей на флотационное обогащение графитовой руды Тасказганского месторождения**

| №           | Наименование собирателя | Количество собирателя |       | Наименование и количество вспенивателя |       | Получено графита из 50 гр. руды |      | Пустая порода из 50 гр. руды |      |
|-------------|-------------------------|-----------------------|-------|--|-------|---------------------------------|------|------------------------------|------|
|             |                         | капля                 | гр.   | капля                                  | гр.   | гр.                             | %    | гр.                          | %    |
| <b>ПТ-2</b> |                         |                       |       |  |       |                                 |      |                              |      |
| 1           | КЕ                      | 4                     | 0.016 | 10                                     | 0.202 | 29.7                            | 59.4 | 17.3                         | 34.6 |
| 2           | ТМ                      | 4                     | 0.017 | 10                                     | 0.202 | 30.7                            | 61.4 | 16.8                         | 33.6 |
| 3           | ИМ                      | 4                     | 0.025 | 10                                     | 0.202 | 28.6                            | 57.2 | 17.2                         | 34.4 |
| 4           | ОММ                     | 4                     | 0.100 | 10                                     | 0.202 | 29.2                            | 58.4 | 16.3                         | 32.6 |
| <b>Т-92</b> |                         |                       |       |  |       |                                 |      |                              |      |
| 5           | КЕ                      | 1                     | 0.004 | 4                                      | 0.090 | 25.3                            | 50.6 | 22.1                         | 44.2 |
| 6           | ТМ                      | 1                     | 0.004 | 4                                      | 0.090 | 25.1                            | 50.2 | 23.7                         | 47.4 |
| 7           | ИМ                      | 1                     | 0.006 | 4                                      | 0.090 | 23.7                            | 47.4 | 25.25                        | 50.5 |
| 8           | ОММ                     | 1                     | 0.025 | 4                                      | 0.090 | 24.8                            | 49.6 | 22.7                         | 45.4 |
| <b>ПТ-4</b> |                         |                       |       |  |       |                                 |      |                              |      |
| 9           | КЕ                      | 4                     | 0.016 | 10                                     | 0.202 | 26.4                            | 52.8 | 22.4                         | 44.8 |
| 10          | ТМ                      | 4                     | 0.016 | 10                                     | 0.202 | 25.3                            | 50.6 | 21.8                         | 43.6 |
| 11          | ИМ                      | 4                     | 0.016 | 10                                     | 0.202 | 25.8                            | 51.6 | 20.75                        | 41.5 |
| 12          | ОММ                     | 4                     | 0.016 | 10                                     | 0.202 | 25.2                            | 50.4 | 23.7                         | 47.4 |
| <b>СУ</b>   |                         |                       |       |  |       |                                 |      |                              |      |
| 13          | КЕ                      | 1                     | 0.004 | 9                                      | 0.200 | 23.7                            | 47.4 | 24.0                         | 48.0 |
| 14          | ТМ                      | 1                     | 0.004 | 9                                      | 0.200 | 22.8                            | 45.6 | 24.85                        | 49.7 |
| 15          | ИМ                      | 1                     | 0.006 | 9                                      | 0.200 | 20.5                            | 41.0 | 27.2                         | 54.4 |
| 16          | ОММ                     | 1                     | 0.025 | 9                                      | 0.200 | 23.2                            | 46.4 | 25.15                        | 50.3 |

Кроме того, результаты исследований флотации с использованием керосина в качестве собирателя со вспенивателем ПТ-2 показали, что наиболее максимальный выход концентрата наблюдается при соотношении 1:6, то есть 300мл воды и 50 гр. графитовой необогащенной руды.

В лабораторных условиях получены опытные образцы графитового концентрата и пустой породы после первого, второго и третьего флотационного обогащения графитовой руды Тасказганского месторождения, технологические характеристики которых приведены в таблице 2.

Полученные образцы обогащенных руд на различных этапах обработки были переданы в ЦИИЛНГМК города Навои для определения количества выхода углерода, результаты которых приведены в таблице 3.

Для получения кондиционного графитового концентрата с содержанием углерода до 96% потребовалось шесть флотационных перечисток с выбранными флотореагентами: (собиратель КЕ + пенообразователь ПТ-2). Расход пенообразователя ПТ-2 на 1 тонну графитовой руды составил 3,0 кг, расход КЕ 0,5 кг. Выход графитового концентрата после шестой перечистки графита составил 46,85 гр. (93,7%).

Таблица 2

**Технологические характеристики графитового концентрата после различных этапов обогащения**

| № флотации | Вода, использованная для флотации (л), t=20°C | Количество собирателя керосина (КЕ), капли/грамм | Время активации (мин) | Наименование пенообразователя ПТ-2, капли/грамм | Время флотации (мин) | Получено графитового концентрата из 50 г графитовой руды |      | Хвосты после флотации 50 г графитовой руды |      | Потери графитовой руды во время процесса флотации |     |
|------------|---|--|-----------------------|---|----------------------|--|------|--|------|---|-----|
|            |   |  |                       |   |                      | грамм  | %    | грамм                                      | %    | грамм   | %   |
| 1          | 1   | 4/0.016  | 7                     | 10/0.202  | 7                    | 29.7   | 59.4 | 17.3                                       | 34.6 | 3.0   | 6.0 |
| 2          | 1   | 4/0.016  | 7                     | 7/0.141   | 5                    | 39.3   | 78.6 | 9.8  | 19.6 | 0.9   | 1.8 |
| 3          | 1   | 4/0.016  | 7                     | 6/0.024   | 2                    | 43.3   | 86.6 | 5.5  | 11.0 | 1.2   | 2.4 |

Таблица 3

**Содержание углерода в опытных образцах обогащенных графитовых концентратах**

| № п/п | Наименование материала                             | Процентное содержание С – углерода в (%) |
|-------|--|--|
| 1     | Графитовая руда необогащенная                      | 17.1                                     |
| 2     | Графитовый концентрат после 1 –го этапа обогащения | 25.0                                     |
| 3     | Хвосты после 1 –го этапа                           | 7.3                                      |
| 4     | Графитовый концентрат после 2 –го этапа обогащения | 31.0                                     |
| 5     | Хвосты после 2 –го этапа                           | 4.0                                      |
| 6     | Графитовый концентрат после 3 –го этапа обогащения | 35.1                                     |
| 7     | Хвосты после 3 –го этапа                           | 11.3                                     |

Полученный концентрат подвергали рентгенографическому анализу для определения значения количества образовавшегося мелкокристаллического графита. Результат исследования показал, что содержание углерода в шестикратном обогащенном графитовом концентрате составляет 96 %.

Дальнейшее исследование было направлено на применении нового местного пенообразователя УГП, который является высокомолекулярным синтетически- модифицированным линейным полимером, относится к поверхностно-активным веществам. Для определения влияния различных соотношений воды и графитовой руды нами проведена серия лабораторных испытаний, начиная с соотношения 1:2 до соотношения 1:8 с пенообразователями (таблица 4). Экспериментальным путём было установлено, что при введении в пульпу собирателя (керосина), а затем после активации пенообразователя УГП количество пены значительно меньше, чем без собирателя, из чего следует, что в этом случае собиратель проявляет себя как

пенегаситель. Соответственно, это негативно отражается на процессе обогащения графитовой руды, в частности на выходе графитового концентрата.

Таблице 4

**Влияние соотношения вода: руда на процесс флотации графитовой руды на флотомашине *Essa FTM101***

| Наименование | Количество воды, (л), | Графитовая руда (гр.) | УГП кол-во флотореагента, (гр.*капель) | Время флотации (мин) | Выход готового концентрата (гр.), (%) | Хвосты после флотации (гр.), (%) |
|--------------|-----------------------|-----------------------|--|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1:2          |                       |                       |  |                      |                                       |                                  |
| Пример 1-6   | 15                    | 1250                  | 0.031*22(0.682)                        | 80                   | 872.7(69.8%)                          | 293.4(23.5%)                     |
| 1:4          |                       |                       |  |                      |                                       |                                  |
| Пример 1-5   | 12.5                  | 625                   | 0.031*20(0.62)                         | 60                   | 430.2(68.8%)                          | 146.6(23.4%)                     |
| 1:6          |                       |                       |  |                      |                                       |                                  |
| Пример 1-3   | 10.2                  | 416                   | 0.031*16(0.496)                        | 36                   | 292.1(70.2%)                          | 98.3(23.6%)                      |
| 1:8          |                       |                       |  |                      |                                       |                                  |
| Пример 1-3   | 10.2                  | 312.5                 | 0.031*16(0.496)                        | 25                   | 212.4(67.9%)                          | 72.3(23.1%)                      |

Исходя из этого, на первом этапе испытаний в камеру флотомашин *Essa FTM101* заливали воду 1000 см<sup>3</sup> при комнатной температуре, добавляли керосин (0,016 гр.) и перемешивали в течение 7 мин., затем засыпали в камеру флотомашин измельченную графитовую руду до тонины помола 0,074 мм 50 гр. и перемешивали в течение 3 мин, добавляли пенообразователь ПТ-2 - 10 капель (0,202 гр.). После активации и подачи аэрации происходит процесс разделения и сбор графитового концентрата в виде минерализованной пены, что переливали при помощи пеносъемника в чашку. Уровень пульпы в камере поддерживали с помощью добавления воды. Флотацию продолжали до полного исчезновения минерализованной пены или в течение заданного времени (18-20 мин). После чего собранную пену пропускали через вакуум фильтр и осевший на фильтре остаток сушили в печи, при температуре 90 – 100°С. В результате первого обогащения можно получить графитовый концентрат в количестве 29,7 гр. (59,4 %). Во втором этапе проводили те же этапы операций, как в предыдущем, но только количество добавляемого универсального пенообразователя УГП составило 6 капель (0,248 гр.), но без добавления собирателя (КЕ). В результате получен графитовый концентрат после первого обогащения в количестве 24 гр. (48,0%).

Влияние различных видов пенообразователей на степень извлечения графитового концентрата приведены в таблице 5.

В результате проведенных экспериментов установлено, что при флотационном обогащении по первому эксперименту расход пенообразователя ПТ-2 составил от 2,5-3,0 кг/т, а расход собирателя (керосина) 0,5 кг/т.

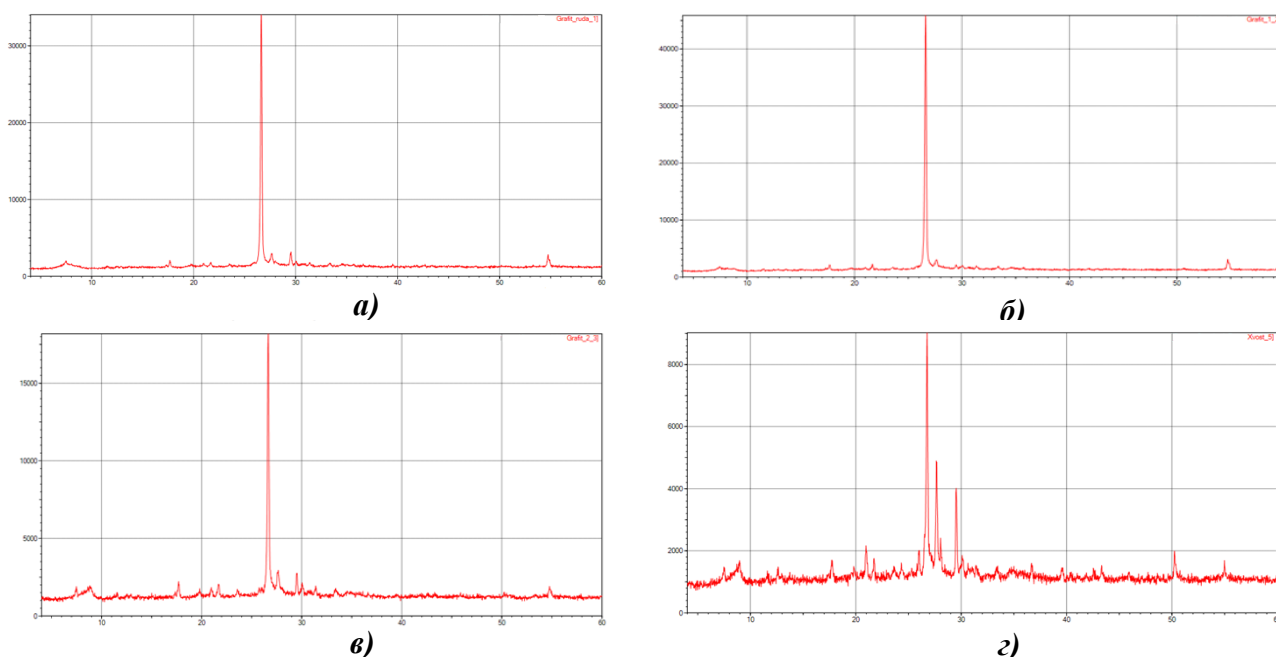
В любом случае, расход пенообразователя УГП составляет 0,70-0,85 кг/т без применения собирателей, дает возможность экономии затрат на химические реагенты, сокращается время флотации, уменьшаются затраты за использование энергоресурсов, упрощается технологический процесс.

### Сравнительные итоговые результаты флотации с различными флотореагентами

| Наименование вспенивателя         | Количество вспенивателя |       | Наименование и количество собирателя КЕ |       | Получено графита |      | Пустая порода |      |
|-----------------------------------|-------------------------|-------|---|-------|------------------|------|---------------|------|
|                                   | капля                   | гр.   | капля                                   | гр.   | гр.              | %    | гр.           | %    |
| 1:6 (300 мл вода - 50 гр. руды)   |                         |       |   |       |                  |      |               |      |
| ПТ-2                              | 10                      | 0.202 | 4                                       | 0.016 | 29.7             | 59.4 | 17.3          | 34.6 |
| 1:6 (2500 мл вода - 416 гр. руды) |                         |       |   |       |                  |      |               |      |
| УГП                               | 8                       | 0.496 | -                                       | -     | 292.13           | 70.2 | 98.3          | 23.6 |

На рис. 1 приведены рентгенограммы исходной графитовой руды, концентратов после 1-го и 2-го этапов обогащения, а также остаток флотации обогащения (хвост).

Результаты рентгенофазового анализа (рис. 1) показали, что на рентгенограммах проб обогащенной графитовой руды наблюдаются изменения интенсивности эффектов  $d=0,337$ ;  $0,203$ ;  $0,168$ ;  $0,54$  нм, соответствующие мелкокристаллическому графиту. Значение интенсивности которых увеличивается с увеличением этапов обогащения.



**Рис. 1. Рентгенограммы графитовой руды (а), концентратов после 1-го этапа обогащения (б) и после 2-го этапа обогащения (в), хвоста флотации (г).**

Исходя из результатов проведенных лабораторных опытов нами выбрано трехстадийное обогащение порошка графитовой руды с наиболее оптимальными результатами на примере пенообразователь УГП (таблица 6).

В таблице 7 приведены данные материального баланса по выходу углерода в концентраты при трехкратном флотационном обогащении с применением флотореагента УГП. Из таблицы 8 видно, что при трехкратном флотационном обогащении с использованием нового местного пенообразователя УГП общее извлечение углерода в концентрат составило 90.11-92.22 %.



Таблица 6

### Результаты трехкратного флотационного обогащения графитовой руды

| Наименование               | Количество воды, (л), | Графитовая руда, (гр.) | Кол-во флотореагента УГП, (гр.) | Время флотации, (мин) | Выход готового концентрата, (гр.), (%) | Хвосты после флотации (гр.), (%) |  |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|--|----------------------------------|--|
| Графит первого обогащения  |                       |                        |                                 |                       |  |                                  |  |
| Пример 1                   | 2.5+2.5=5.0           | 416.0                  | 0.279                           | 10                    | 222.34(53.4%)                          | 98.3<br>(23.6%)                  |  |
| Графит второго обогащения  |                       |                        |                                 |                       |  |                                  |  |
| Пример 2                   | 2.6                   | -                      | 0.155                           | 16                    | 51.06(12.3%)                           |                                  |  |
| Графит третьего обогащения |                       |                        |                                 |                       |  |                                  |  |
| Пример 3                   | 2.6                   | -                      | 0.062                           | 10                    | 18.73 (4.5%)                           |                                  |  |

Таблица 7

### Количество углерода в образцах при трехкратном флотационном обогащении с применением УГП

| Название образца           | Сухой вес образца, гр. | Содержание углерода в образце, %. | Количество углерода в образце, гр. | Извлечение углерода, в % |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Графитовая руда            | 416.0                  | 24.9                              | 103.584                            | 100*                     |
| Концентрат 1-го обогащения | 222.34                 | 32.4                              | 72.038                             | 69.54                    |
| Концентрат 2-го обогащения | 51.06                  | 30.3                              | 15.471                             | 14.93                    |
| Концентрат 3-го обогащения | 18.73                  | 31.2                              | 5.843                              | 5.64                     |
| Хвост                      | 98.3                   | 8.2                               | 8.06                               | 7.78**                   |

**Примечание:** \* - цифра 100 условно подразумевает общее процентное содержание углерода в исходном образце графитовой руды (вес 416 гр.) 69.54

\*\* - цифра 7.78 –процентное содержание не извлечённого углерода в хвостах.

Образцы концентрата исследованы на электронном микроскопе LEICA DM, приведен химический состав двух участков 15 и 16 на спектрограммах (рис. 2 и 3).

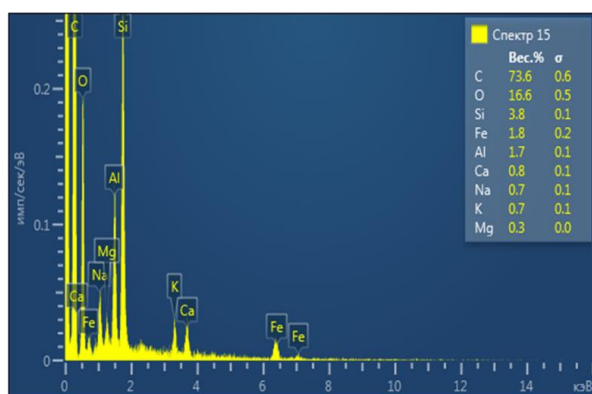


Рис. 2. Химический и элементный состав графитового концентрата участка 15

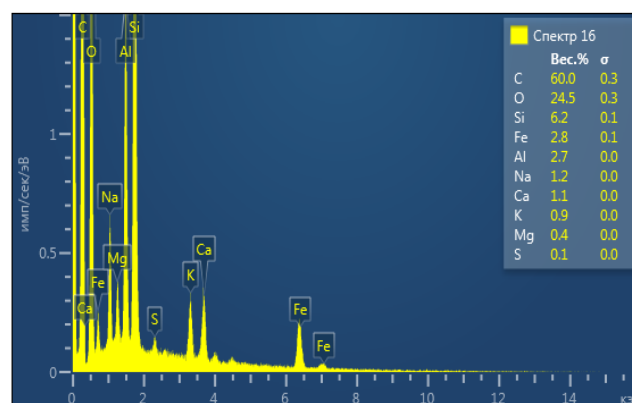
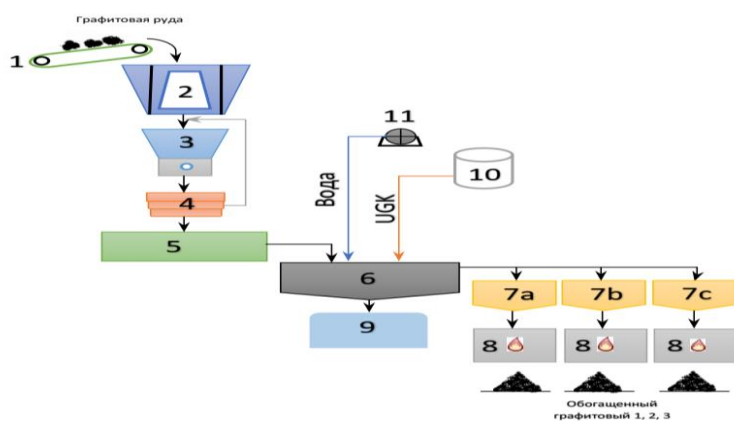


Рис. 3. Химический и элементный состав графитового концентрата участка 16

Из рисунков видно, что содержание углерода в графитовом концентрате составляет в пределах 84,5-90,25%.

Разработана технологическая схема флотационного обогащения Тасказганского графитовой руды, включающая 3 этапов: отбор проб, измельчение и классификация, ступенчатая перемешка и сушка концентрата и хвостов (рис. 4).

Из технологической схемы следует, что универсальный пенообразователь - УГП при флотационном обогащении графитовой руды выполняет функции собирателя и пенообразователя, благодаря чему исключается применение других флотореагентов.



**Рис. 4. Принципиальная схема обогащения графитовой руды:**

1-ленточный транспортёр; 2-щековая дробилка; 3-шаровая мельница; 4-элеватор; 5-сборник молотой графитовой руды; 6-флотационная машина; 7-7a,7b,7c-1, 2, 3 графитовый концентрат; 8-сушильная печь; 9-хвост; 10- бак для реагента- УГП; 11-емкость для воды.

Четвертая глава «**Разработка оптимальных составов и опытно-промышленные испытания графито-шамотных огнеупоров и смазочных материалов на основе обогащенных графитов Тасказганского месторождения**» посвящена разработке составов и испытание технологических характеристик графито-шамотных огнеупоров. Для исследований нами использованы обогащенный графит из графитовой руды Тасказганского месторождения с применением в качестве флотореагента УГП. Шамот был получен обжигом Ангренскую обогащенную глину марки АКФ-78 (при 750-850°C). В качестве связующего использовали Ангренскую необогащенную каолиновую глину (табл. 8). Из табл. 8 видно, что обогащенный каолин АКФ-78, характеризуется средним содержанием оксида алюминия в пределах 30-35%, оксида железа менее 1,0%. Материал обладает удовлетворительными формовочными свойствами, пластичностью, связующей способностью и др. Основными минералами обогащенного каолина марки АКФ-78 является каолинит с дифракционными максимумами  $d=0,714$ ;  $0,357$ ;  $0,233$  нм и низкотемпературная форма  $\beta$ -кварца ( $d=0,334$ ;  $0,182$  нм).

Для проведения испытаний по разработке составов графито-шамотного огнеупора использовали необогащенную Ангренскую каолиновую глину, шамот, полученный из обогащённого каолина марки АКФ-78 и графитовый концентрат с остатком на сите 0,2 мм - 78-80%, полученный на основе разработанного нами технологии обогащения графитовых руд Тасказганского месторождения.

Таблица 8

**Вещественный состав Ангренских каолинов**

| Наименование материалов      | Содержание компонентов, вес. % |                                |                                |                  |      |                   |                  |                 |       | Сумма компонентов, % |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|-------------------|------------------|-----------------|-------|----------------------|
|                              | SiO <sub>2</sub>               | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> | ппп   |                      |
| Ангренский небогащ. каолин   | 67,4                           | 17,85                          | 1,03                           | 0,35             | 1,02 | 0,48              | 0,72             | <0,10           | 11,15 | 99,28                |
| Обогащый каолин марки АКФ-78 | 52,72                          | 31,96                          | 0,57                           | 0,52             | 1,05 | 0,06              | 0,31             | 0,32            | 10,53 | 98,04                |

На основе полученных опытных образцов обогащенного графита и дополнительных компонентов, соответствующих ГОСТ 4596-75 нами приготовлены опытные составы графито-шамотного огнеупора (табл. 9).

Таблица 9

**Опытные составы графито-шамотного огнеупора с различным содержанием графитового концентрата**

| Исходные материалы          | Соотношение компонентов в смеси, масс. % |    |    |    |    |
|-----------------------------|--|----|----|----|----|
|                             | Номер образцов                           |    |    |    |    |
|                             | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Ангренская каолиновая глина | 40                                       | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Шамот из каолина АКФ-78     | 50                                       | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Графитовый концентрат       | 10                                       | 20 | 30 | 40 | 50 |

Приготовленные составы увлажняли до 8-10% H<sub>2</sub>O и тщательно перемешивали до максимальной однородности. Из приготовленной массы формовали призмы 3x3x3 см и 5x5x0,5 см под давлением 20-25 МПа, затем отформованные образцы высушивали при температуре 50-60°C в сушильном шкафу. Высушенные образцы обжигали в муфельной печи при температуре 1250-1350°C в течение 30-40 минут. После чего определяли их физико-механические характеристики. Результаты испытаний представлены в табл. 10.

Значения открытой и общей пористости близки между собой, так как образцы являются очень плотными, соответственно и значение водопоглощения относительно низко. Прочностные характеристики образцов при испытании на сжатие также показали высокие значения, особенно составы №3 и №4, которые являются наиболее прочными.

Таблица 10

**Результаты испытаний опытных образцов графито-шамотных огнеупоров**

| № сост. | Размеры частиц               | Каж. пор. R <sub>каж</sub> г\см <sup>3</sup> | Порист. откр., % | Пористость общая, % | Водопоглощение, % | Прочность, МПа | Огнеупорность, Т°С |
|---------|------------------------------|--|------------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------------|
| 1       | Остаток на сите № 0,2 75-80% | 0,04   | 0,8              | 0,8                 | 0,6               | 7              | >1500              |
| 2       |                              | 0,03   | 0,8              | 0,8                 | 0,6               | 9              | >1500              |
| 3       |                              | 0,03   | 0,7              | 0,7                 | 0,5               | 10             | >1500              |
| 4       |                              | 0,05   | 0,7              | 0,7                 | 0,5               | 11             | >1500              |
| 5       |                              | 0,05   | 0,8              | 0,8                 | 0,5               | 10             | >1500              |

Таким образом, можно считать, что испытываемые опытные образцы графито-шамотных огнеупоров соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 4596-75 и 2909-2014.

Составы графитовой смазки готовили на основе сафлорового масла после рафинирования, рапсового масла, осернённого хлопкового и др. масел от 5,0 до 10,0% с добавкой обогащенного графита от 50 до 90% с дисперсностью от 0,75 до 0,005 мм. Графитовый концентрат перед дозировкой высушивали в сушильном шкафу при температуре 150-200°C в течение 5 часов и просеивали через сито №045. После чего к нему добавляли масло от 10 до 20% от общего веса смеси. Полученную смесь тщательно перемешивали до полной однородности в емкости с мешалкой и водяной рубашкой при температуре 90-100°C в течение 1,5-2 часов. Для определения влияния дисперсности графита в составе смазочного материала были приготовлены составы с различной дисперсностью графита от 30 мкм до 120 мкм. Приготовленные составы смазочного материала испытывали на прочность и вязкость (таблица 11).

*Таблица 11*

**Влияние дисперсности графита на физические свойства графитовой смазки**

| Дисперсность графита, в мкм | Вязкость, в пуазах, при различных температурах |      |      | Предел прочности, в МПа, при различных температурах |      |      |
|-----------------------------|--|------|------|---|------|------|
|                             | 0°C  | 20°C | 50°C | 0°C   | 20°C | 80°C |
| 30-40                       | 1550   | 1420 | 640  | 6,3   | 6,0  | 5,5  |
| 80-100                      | 1700   | 1480 | 660  | 4,1   | 4,2  | 3,6  |
| 110-140                     | 1750   | 1500 | 700  | 3,2   | 2,8  | 2,1  |

Полученные результаты свидетельствуют о прямой зависимости физических свойств графитовых смазок от дисперсности добавляемого графитового концентрата. С увеличением дисперсности графита предел прочности на сдвиг и механическая стабильность смазок неуклонно возрастает.

На основе проведенных испытаний, по основным физико-химическим показателям получены результаты согласно соответствующим ГОСТам. Они показывают, что физико-химические свойства изменяются соответственно с изменением количества добавки графитового концентрата в составе смазки (таблица 12). Проведенные испытания физико-механических характеристик приготовленных новых составов смазочных композиций показали, что наиболее оптимальным составом с характеристиками, удовлетворяющими требованиям стандартов ГОСТ 3333-80 и ГОСТ 8295-73, которые имеются у состава №3 с содержанием 90% обогащенного графита и 10% масла марки И20.

На основе проведенных лабораторных экспериментов и полученных положительных результатов разработанные нами оптимальные составы смазочных материалов апробировались в производственных условиях СП «SPZ-BEARINGS» в станках марок 1М65; СУВ-5 и АГЛ-25 для узлов подшипниковых деталей, где создается максимальное трение.

**Влияние количества добавки графитового концентрата на физико-химические свойства смазочного состава**

| № п/п | Наименование показателей                              | Состав смазки, в %    |                       |                       | Методы испытаний |
|-------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
|       |   | Графит-70<br>масло 30 | Графит-80<br>масло 20 | Графит-90<br>масло 10 |                  |
| 1     | Вязкость кинематическая, мм Фс, при 100°С<br>при 40°С | 7.12<br>29.44         | 9.21<br>38.59         | 9.38<br>40.22         | ГОСТ 31391-2009  |
| 2     | Индекс вязкости                                       | 170                   | 165                   | 160                   | ГОСТ 25371-2018  |
| 3     | Температура застывания, С                             | -18                   | -22                   | -25                   | ГОСТ 20287-91    |
| 4     | Плотность при 20 <sup>0</sup> С, кг/м <sup>3</sup>    | 835                   | 867                   | 895                   | ГОСТ 3900-85     |

Для испытаний были приготовлены составы смазочного материала, состоящие из 70, 80 и 90 %-ного графитового концентрата в сочетании с моторным маслом марки И-20 при соотношениях 1:2; 1:1 и 2:1, соответственно.

Испытания смазочных составов проводили в трущихся узлах шестеренок, за условный период работы в течение одного часа. Визуальный анализ состояния узлов нанесенных, опытных смазок различного состава показали, что наиболее оптимальным является состав, содержащий 90% графитового концентрата. Исходя из полученных результатов визуального осмотра, нами были приготовлены тщательно гомогенизированные составы смазок на основе моторного масла марки И20 и 90 %-ного графитового концентрата различного соотношения. Испытания проводили на трущихся узлах подшипниковых деталей агрегатов - 1М65; СУВ-5 и АГЛ-25.

Расчитана ожидаемая экономическая эффективность от использования обогащенного Тасказганского графита в производстве смазочных материалов.

Для расчета в качестве исходных данных приняты существующие расценки, на прайс-листах поставщиков, на пенообразователи и собиратели, используемые при обогащении графитовой руды, и на графитовый порошок и компоненты для смазочного материала.

Керосин цена за 1 л -12 000 сум (собиратель)

ПТ-2 цена за 1 л – 15 000 сум (импортный пенообразователь)

Отечественный реагент УГП цена за 1 л -16 300 сум (пенообразователь),

Индустриальное масло И-20, цена за 1 л – 10 000 сум

Графит (импорт из РФ), цена за 1 кг- 10780 сум

Графит отечественный (обогащенный из Тасказганского месторождения) – цена за 1 кг – 5 700 сум. Отсюда вытекает, что экономия при обогащении 1 тонны графитовой руды с применением реагента УГП составляет

$$70\ 773 - 19\ 429.6 = 51\ 343.4 \text{ сум.}$$

При производительности обогащения 1 000 тонн в год этот показатель составляет уже 51 343 400 сум.

Экономия за одну тонну смазочного материала составит:

$$14\ 085\ 000 - 10\ 275\ 000 = 3\ 810\ 000 \text{ сум.}$$

Общая годовая экономическая эффективность от применения графитового концентрата, обогащенного по предлагаемой схеме составит:

$$3\ 810\ 000 + 51\ 343\ 400 = 55\ 163\ 400 \text{ сум.}$$

Таким образом, разработанный способ получения графитового концентрата из Тасказганской графитовой руды с использованием отечественного реагента УГП, взамен импортного способствует экономии энергетических и финансовых затрат в количестве 55 163 400 сум в год.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основные научные и практические результаты, полученные при выполнении диссертационной работы следующие:

1. Изучены химико-минералогические и физико-химические свойства и технологические характеристики графитовых руд Тасказганского месторождения. Установлено, что в пробах кроме явно кристаллической структуры графит, хотя в малом количестве встречаются и мелкочешуйчатые виды, а также примеси в виде кварца  $\text{SiO}_2$ , кальцита  $\text{CaCO}_3$  и слюды.

2. Проведенные исследования с использованием современных физико-химических, классических и технологических методов анализа показали реальную возможность получения графитового концентрата из графитовых руд Тасказганского месторождения Бухарской области.

3. Рентгенофазовой, ИК - спектроскопической и электронно - микраскопической методами анализа подобраны эффективные реагенты, определены оптимальные способы и технологические режимы для обогащения сверхкристаллического графита из Тасказганского месторождения .

4. Экспериментально показано, что способ обогащения с использованием одного флотореагента нового поколения - пенообразователя отечественного производства УГП, взамен обычно используемых двух реагентов, является наиболее оптимальным и экономически выгодным.

5. Показано, что на основе разработанной технологии обогащения с использованием универсального флоатреагента УГП и проведение процесса обогащения в 3-х картном ступене значительно снижается себестоимость графитового концентрата.

6. Проведенные экспериментальные испытания показали реальную возможность разработки графито смазочных и графито-шамотных огнеупоров, которые соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 3333-80; 8295-73 и ГОСТ 4596-75; ГОСТ 2909-2014 соответственно.

7. Показано, что общая годовая экономическая эффективность от применения графитового концентрата, обогащенного по предлагаемой схеме составило 55 163 400 сум. Разработанный состав обогащенного графитового концентрата Тасказганского месторождения и моторного масла в оптимальных соотношениях компонентов могут быть использованы в качестве смазочного материала взамен импортируемых смазочных материалов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREE  
PhD. 03/30.12.2019.T.66.02 NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING  
AND TECHNOLOGY**

---

**TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**TURSUNOV AZAMJON SALIMJON O'G'LI**

**TECHNOLOGY OF BENEFICIATION AND PROCESSING OF  
GRAPHITE ORE OF THE TASKAZGAN MINE FOR LUBRICANTS  
AND SILICATE MATERIALS**

**02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis**

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

**Namangan – 2023**

The title of dissertation of doctor of philosophy (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration number B2022.3.PhD/T3022.

The dissertation has been prepared at Tashkent chemical-technological institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific website and on the website of "Ziyonet" Information and educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

**Research supervisor:** **Turdialliyev Umid**  
Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher

**Official opponents:** **Sultonov Bokhodir**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Seytnazarov Atanazar**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Leading organization:** **Ferghana Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation will take place on 4 March, 2023 at 14<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council PhD. 03/30.12.2019.K/T.66.02 at the Namangan institute of engineering and technology and Research Center at the following address: 7, Kosonsoy Street, Namangan District, 160115, Namangan, Tel.: (+99 869) 228-76-75, fax: (+99 869) 228-76-71, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)

The dissertation has been registered at the Information-resource Centre of the Namangan institute of engineering and technology (registration number № 522 ). (Address: 7, Kosonsoy Street, 160115, Namangan, Tel.: (+99 869) 228-76-75, fax: (+99 869) 228-76-71).

The abstract of dissertation is distributed on « 20 » February 2023 y.

(Register of the mailing protocol № 2 dated « 20 » February 2023 y).



**O.K.Ergashev**  
Chairman of the scientific council awarding scientific degree, doctor.chem.sciences, professor

**D.Sh. Sherkuziyev**  
Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degree, doctor of technical sciences, professor

**Z.K. Dekhkanov**  
Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degree, doctor of technical sciences, professor



## **INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)**

**The aim of the study** is to develop an effective technology for beneficiation of graphite ores from the Taskazgan deposit into graphite lubricants and refractory materials.

**Subject of the research work** is unenriched graphite ore of the Taskazgan deposit, domestic and foreign blowing agents and collectors, UGF reagent (foaming agent and diluent), pilot samples of lubricants from graphite concentrate, as well as silicate materials from kaolin of the Angren deposit.

**The scientific novelty of the research** is as follows:

the chemical-mineralogical composition and structure of graphite ores of the Taskazganskoe deposit were established by the method of physico-chemical, classical and technological research methods;

the optimal conditions for beneficiation of graphite ore were found by studying the physicochemical and technological properties of foreign and domestic chemical reagents, collectors and blowing agents;

the correlation dependence of the kinetics of grinding graphite ore to the required class and the dependence of the optimal amounts of fine particles on the grinding time for the optimal yield of enriched graphite concentrate were revealed;

an effective method of flotation enrichment of graphite ore from the universal frother UGF, which performs the function of both a frother and a collector was developed;

the optimal composition of the graphite concentrate, which fully meets the requirements for obtaining lubricants and refractory materials was established by X-ray phase, IR spectroscopic and electron microscopic methods of analysis;

the dependence of changes in the physicommechanical and physicochemical parameters of graphite-chamotte refractories on the mass ratio of kaolin : chamotte : graphite concentrate has been established;

the technology of beneficiation and processing of graphite ore into lubricants and refractory materials has been developed.

**Implementation of research results.** Implementation of research results. Based on the results of research on the development of technology for the enrichment and processing of Taskazgan graphite ore for lubricants and silicate materials: The technology of flotation beneficiation of the graphite ore of the Taskazgan mine has been put into practice at "Navoi mining-metallurgical combine" JSC. (Reference No. 23.01-01-07/434 dated June 27, 2022 of JSC "Navoi Mining and Metallurgical Combine"). As a result, it is possible to use domestic universal UGK foaming reagent when obtaining a floatoconcentrate that meets the production requirements of plastering and refractory materials; the technology of enrichment of graphite ores with new type of reagents is included in the "List of promising developments for implementation in 2024-2026" at the "SPZ-BEARINGS" Joint Enterprise. (Information No. 83/06-22 dated June 28, 2022 of SPZ-BEARINGS Joint Enterprise). As a result, it will be possible to produce a new type of graphite material to use in electrical engineering, mechanical engineering, metallurgy and chemical industries in the future.

**The structure and volume of the dissertation**

The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature, conditional notation and appendices. The volume of the thesis is 103 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Турсунов А.С., Адылов Дж.К., Ахмедов Р.К., Турдалиев У.М., Черниченко Н.И., Мирзаев Б.А., “Исследования процесса флотационного обогащения графитовой руды месторождения тасказган Республики Ўзбекистан”, UNIVERSUM: технические науки, Выпуск: 10(67), 2019 г, 42-47 ст. (02.00.00, №2)

2. Адылов Д.К., Ахмедов Р.К., Черниченко Н.И., Турсунов А.С., “Опытно – лабораторные испытания местного универсального пенообразователя УГП при флотационном обогащении графитовых руд”. Научно-технический и производственный журнал Горный вестник Узбекистана, №1(80)2020, 84-87 ст. (05.00.00, №1)

3. Tursunov A.S., Turdialiyev U.M. “Flotation Processing of Graphite ore Using a Local Foamer” International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 8, Issue 3, March 2021. p.16920-16924. (05.00.00, №8)

4. Adylov D.K., Kuyliyeva Sh.K., Tursunov A.C. “Study of enrichment of tashkazgan graphite ore with organic substance” Academics: An International Multidisciplinary Research Journal, Vol 11, Issue 5, May 2021. p.1305-1315. (Impact Factor SJIF 2021: 7.492)

**II бўлим (II часть; part II)**

5. Турсунов А.С., Адылов Дж.К., Ахмедов Р.К., Черниченко Н.И., “Бухоро вилоятидаги тошказган конинидаги графит рудаларини Ўзбекистон шароитида бойитиш усуллари”, “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” I Международной научно-практической конференции, 2019 г, 2-том, 142-144 ст

6. Турсунов А.С., Адылов Дж.К., Ахмедов Р.К., Турдалиев У.М., “Ўзбекистон шароитида графит рудаларини янги турдаги бойитиш усуллари”, “Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар” Республика илмий-амалий анжуман. 2019 й, 128-129 бет

7. Адылов Дж.К., Ахмедов Р.К., Черниченко Н.И., Турсунов А.С., “Местный универсальный пенообразователь (ПАВ) для флотационного обогащения графитовой руды месторождения Тасказган”, Сборник трудов I международного Узбекско-Казакского симпозиум о «Актуальные проблемы развития химической наука и промышленности», 2019 г, 166-171 стр.

8. Турсунов А.С., Адылов Д.К., Якубов С.И., Мирзаев Б.У., Турдалиев У.М. “Выбор технологии обогащения графитовых руд месторождения Тасказган”. “Умидли кимёгарлар-2020” ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини XXIX илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами, 2020 й, 43-44 бет

9. Турсунов А.С., Адылов Д.К., Якубов С.И., Мирзаев Б.У., Турдалиев У.М., “Тасказганского месторождение полных ископаемых-крупная сырьевая база графитовых руд”. “Умидли кимёгарлар-2020” ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини ХХІХ илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами, 2020 й, 45-46 бет.

10. Турсунов А.С., Турдалиев У.М., “Графитовые руды Тасказганского месторождения Узбекистана”, Международная научно-практическая конференция по теме: “Современные проблемы инновационного развития науки, образования и производства”. 2020 г. 3-5 стр.

11. Якубов С.И., Турсунов А.С., Адылов Д.К., Турдалиев У.М. Местные графитовые руды Тасказганского месторождения Узбекистана. Булатовские чтения: материалы IV Международной научно-практической конференции. 2020 г. 241-244 стр.

12. Д.К. Адылов, Р.К. Ахмедов, Н.И. Черниченко, А.С. Турсунов, Б.А. Мирзаев. Флотационное обогащение графитовой руды Тасказганского месторождения местным универсальным пенообразователем. Of the international conference on integrated innovative development of zarafshan region achievements, challenges and prospects. 2019 г, 220-227 стр.

Автореферат «Наманган муҳандислик-технология институти Илмий техника журнали» таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнлари мослиги текширилди («20» феврал 2023 й.).

Босишга рухсат этилди: «20» феврал 2023 й.  
Бичим 60x84  $\frac{1}{16}$ , “Times New Roman”  
Гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табоғи: 3. Адади: 70. Буюртма № 2.  
НамМТИ босмахонасида чоп этилган.  
Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй.