

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/30.12.2019.T.03.04 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**УБАЙДУЛЛАЕВ МАМАСИДИҚ МАХАММАТСОЛИЕВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁ АСОСИДА ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ВА**  
**МЕТАЛЛУРГИЯ СОҲАЛАРИ УЧУН УГЛЕГРАФИТЛИ**  
**МАТЕРИАЛЛАРНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

05.02.01 - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси (қуймачилик ва металларга ишлов бериш йўналиши)

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

**Тошкент- 2022**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси  
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
техническим наукам  
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical  
sciences**

<b>Убайдуллаев Мамасидик Махамматсолиевич</b> Маҳаллий хомашё асосида электротехника ва металлургия соҳалари учун углеграфитли материалларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....	<b>3</b>
<b>Убайдуллаев Мамасидик Махамматсолиевич</b> Разработка технологии получения углеграфитовых материалов для электротехнической и металлургической промышленности на основе местного сырья.....	<b>21</b>
<b>Ubaydullaev Mamasidik Maxammatsolievich</b> Development of technology for obtaining carbon-graphite materials for the electrical and metallurgical industries based on local raw materials.....	<b>39</b>
<b>Эълон қилинган ишлар рўйхати</b> Список опубликованных работ List of published works.....	<b>43</b>

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/30.12.2019.T.03.04 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**УБАЙДУЛЛАЕВ МАМАСИДИҚ МАХАММАТСОЛИЕВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁ АСОСИДА ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ВА**  
**МЕТАЛЛУРГИЯ СОҲАЛАРИ УЧУН УГЛЕГРАФИТЛИ**  
**МАТЕРИАЛЛАРНИ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

05.02.01 - Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси. Камёб, нодир ва радиоактив элементлар технологияси (қуймачилик ва металлларга ишлов бериш йўналиши)

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

**Тошкент- 2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестацияси комиссиясида В2020.2.PhD/Т1594 рақам билан рўйхатга олинган.**

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) ва “Ziynet” Ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Каримов Шоирджан Ахралович**  
техника фанлари номзоди, профессор

**Расмий опонентлар:**

**Дуняшин Николай Сергеевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Мамарахимов Хамза Мамаджанович**  
Техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Андижон машинасозлик институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 рақамли илмий кенгашнинг 2022 йил « 26 » ноябрь соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел. / факс: (99871) 227-10-32, E-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (276-рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел. / факс: (99871) 227-10-32).

Диссертация автореферати 2022 йил 10 ноябрь куни тарқатилди.  
(2022 йил « 03 » ноябрдаги 152 рақамли реестр баённомаси).

**К.А.Каримов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Ш.Б.Ташбулатов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби,  
т.ф.ф.д.(PhD)

**Н.Д.Тураходжаев**

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

## **КИРИШ (техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг зарурати ва долзарблиги.** Дунёда электротехника ва металлургия соҳалари учун юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган углерод ва графит асосли материалларини ишлаб чиқариш алоҳида аҳамият берилмоқда. Шу билан бирга ушбу материалларнинг ишлаш муддатини ошириш, электротехник, антифрикцион ва механик хоссаларини яхшилаш ҳам муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Канада, Германия, Белоруссия, Россия ва бошқа мамлакатларда электротехника ва металлургия соҳалари учун электр сирпаниш контактлари, электродлар ва электр қиздириш элементларини аморф углеродни графитлаш орқали ишлаб чиқариш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда металлларни эритишда қўлланиладиган электр ёй печлари учун графит электродларини нефт кокси кукуни ва тошқўмир смоласининг аралашмасини пресслаш ва графитлаш орқали ишлаб чиқариш бўйича кенг кўламда илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда материалга боғловчи компонент сифатида киритиладиган моддаларнинг янги турларини ишлаб чиқиш, унинг графитланиш даражасини ва миқдорини материал хоссаларига таъсирини аниқлаш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга углерод ва графит материалларини ишлаб чиқаришдаги таннархларини камайтириш мақсадида уларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини сезиларли даражада пасайтирмайдиган турли углеродли моддалар асосида янги боғловчи компонентларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда электротехника ва металлургия соҳалари учун нисбатан арзон, юқори физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга эга бўлган углерод ва графит асосли электротехник, антифрикцион ва конструкцион материалларни ишлаб чиқариш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан "... макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш"<sup>1</sup> вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан углеродга бой бўлган маҳаллий хомашёлардан тўғри ва тўлиқ фойдаланиш, улар асосида углерод ҳамда графит материалларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

---

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

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон “2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чоратадбирлари тўғрисида”ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон “Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чоратадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. “Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё амалиётида аморф углерод ва графитланган углеродли материалларини олишда углеродга бой бўлган боғловчи моддаларнинг янги турларини аниқлаш, уларнинг хоссаларини ўрганиш бўйича олиб борилган илмий-тадқиқот ишлари бўйича дунёнинг бир қатор олимлари, жумладан: E.F. Chalh, H.S. Kiple, G.C. Kreumer, E. Bade, J.A. Gurland, H. Holleck, S. Takeda, P. Rautala, J.T. Norton, M. Gruter, В.П. Соседов, В.П. Зуев, В.В. Михайлов, В.И. Костиков, Н.Н. Шпиков, А.С. Фиалков ва бошқалар ишларида графитланган углеродли материалларни олиш, уларга тўлдирувчи сифатида нефт кокси, боғловчи сифатида тошкўмир смоласини киритиш ва уларнинг миқдорини материалнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларига таъсир этиш кинетика асослари тадқиқ этилган.

Электр ёй печлари учун графит электродларни нефт кокси, табиий графит, антрацит ва тошкўмир смоласидан ташкил топган аралашмани графитлаш, ҳар бир компонентлар миқдорини ҳамда уларнинг бир-бирига бўлган нисбатларини, уларни графитлашдаги ҳарорат давомийлигини материаллар структура-фазалар таркибига, физик-механик ва эксплуатацион хоссаларга таъсирини бир қатор олимлар, жумладан I.A. Konyashin, R.P. Herber, K. Nishigaki, H. Yoshimura, H. Doi, J.F. Zhao, T. Holland, C. Unuvar, Z.A. Munir, Г.В. Самонов, Я.С. Уманскийлар томонидан ишлаб чиқилган.

Ўзбек олимларидан Р.М. Михридинов, З.А. Бабахонова, М.М. Мамарахимов, Ш.М. Шакиров, Ш.А. Каримов нефт коксига турли углерод асосли моддаларни боғловчи сифатида киритиш, уларни графитланиш ҳамда графитланган материалнинг физик-механик ҳамда эксплуатацион хоссаларига таъсири бўйича илмий-тадқиқот ишларини олиб боришган. Бу илмий-тадқиқот ишларида графит олиш учун меласса боғловчи компонентидан фойдаланиш кўриб чиқилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети ҳамда “Олмалиқ КМК” АЖ қошидаги “Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ” билан тузилган ҳамкорлик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади:** углеродга бой бўлган маҳаллий хомашё асосида электротехника ва металлургия соҳалари учун углеродли ва углеграфитли материалларни олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

углерод асосли материалларни олиш имконини берувчи углеродга бой бўлган маҳаллий хомашё базасини аниқлаш ва уларнинг структуравий фазалар ўзгаришининг кинетик асослари бўйича коксланиш технологиясини ишлаб чиқиш;

маҳаллий хомашё асосида олинган углеродли материаллардан металлургия соҳалари учун қўлланиладиган қиздириш элементининг мақбул таркибини ишлаб чиқиш ва материалнинг физик-механик ҳамда эксплуатацион хоссаларига таъсирини аниқлаш;

маҳаллий хомашёлардан янги таркиб асосида олинган, юқори ҳароратларда ишловчи углерод асосли қиздириш элементларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва уларни эксплуатацион шароитда физик хоссаларига таъсирини аниқлаш;

маҳаллий хомашё асосида олинган углерод асосли материалларни хажмий ва структуравий фазалар ўзгаришининг кинетик асослари бўйича уларни графитлаш технологиясини ишлаб чиқиш;

маҳаллий хомашё асосида олинган графитли материалларни электротехника ва металлургия соҳаларида синовлардан ўтказиш ҳамда синовлар натижаси асосида уларни ўз соҳаларида қўллашдаги техник-иктисодий самарадорлигини аниқлаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида углеграфит асосли электр-чўтка ва электр қаршилигида ишловчи қиздириш элементи олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** нефт ва тошқўмир коксларининг кукунлари, меласса суюқлиги, нефт кокси ва меласса аралашмаларининг прессланган брикетлари, қиздириб пиширилган аморф углерод ва графитланган углеродли материаллар ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида углерод асосли қиздириб пиширилган ҳамда графитланган материалларнинг структура-фазавий таркибини рентген дифрактометрли, намуналарнинг микро ва макроструктурасини оптик микроскопли ва намунадаги ғовакликлар микрофотосуратни электрон автоматик таҳлил қилиш усулларида фойдаланилган ҳамда уларнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссаларини аниқлашда давлат стандартлари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги:**

“Хоразм шакар” АЖ корхонасининг иккиламчи хомашёси бўлган

меласса моддасини юқори ҳароратларда ишлов бериш орқали унда содир бўладиган ҳажмий ва структуравий фазалар ўзгаришининг кинетик асослари бўйича коксланиш технологияси ишлаб чиқилган;

таркибида 62% нефт кокси, 18% каолин ва 20% меласса бўлган янги таркиб асосида электр қаршилиги 780 мкОм·м бўлган углерод асосли материал ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган таркиб асосида печлар учун юқори физик-механик хоссаларга ҳамда электр қаршилиги ҳисобига 2000 °С ҳароратгача қизиб ишлай оладиган углерод асосли қиздириш элементларини олиш технологияси ишлаб чиқилган;

таркибида 80% нефт кокси ва 20% мелассага эга бўлган углеродли материалга юқори ҳароратларда ишлов бериш орқали унда содир бўладиган ҳажмий ва структуравий фазалар ўзгаришининг кинетик асослари бўйича графитлаш технологияси ишлаб чиқилган;

таркибида 80% нефт кокси ва 20% мелассага эга бўлган углеродли материални графитлаш асосида солиштирма электр қаршилигига 80 мкОм·м, сирпанишдаги ишқаланиш коэффициенти 0,16 бўлган электротехника соҳаси учун электр-чўткасини олиш технологияси ишлаб чиқилган.

#### **Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Фарғона нефтни қайта ишлаш корхонасининг нефт кокси ва “Хоразм шакар” АЖ заводининг иккиламчи хомашёси бўлган меласса моддаларининг аралашмасидан электротехник аморф углеродли материалларни олиш технологияси ишлаб чиқилган;

нефт кокси ва меласса моддаларининг аралашмасидан олинган электротехник аморф углеродли материал ҳозирда мавжуд бўлган аналогларига нисбатан узатадиган электр юклама даражасини 1,5...2,0 баробарга оширилган;

нефт кокси ва меласса моддаларининг аралашмасидан олинган аморф углеродли материални графитлаш асосида угеграфитли электр сирпаниш контакт материалларни олиш технологияси ишлаб чиқилган;

аморф углеродли материални графитлаш асосида углеграфитли электр сирпаниш контакт материалларни олиш технологияси материалнинг таннархини 2,0...2,5 баробарга ва энергия сарф харажатларини эса 1,3...1,5 баробарга камайтирган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги синаб текшириш усуллари асосида аниқланган физик-механик ва эксплуатацион хоссаларнинг кўрсаткичлари бўйича олинган натижаларни физик-математик формулалар ёрдамида ҳисоблаб топилган кўрсаткичлар натижаларини таққосланганлиги ва тўлиқ мослиги таъминланганлиги билан асосланади. Фарғона нефт кокси ва меласса асосли углерод намуналарни синаб текшириш усуллари асосида аниқланган макро ва микроструктура таҳлил натижаларини мослиги, амалиётга жорий этилганлиги ҳамда тадқиқот натижаларини ваколатли ташкилотлар томонидан тасдиқлангани билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти нефт кокси ва меласса аралашмасини юқори ҳароратда коксланиш, коксларни графитланиш жараёнида содир бўладиган материалнинг ҳажмий ва структура-фазалар ўзгаришининг шаклланиш кинетик асослари ва тартиби аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти Фарғона нефтни қайта ишлаш корхонасининг нефт кокси ва “Хоразм шакар” АЖ заводининг иккиламчи хомашёси бўлган меласса аралашмасидан электротехник аморф углеродли қиздириш элементи ва уни графитлаш асосида углеграфитли электр сирпаниш контакт материалларни олиш технологияси ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Маҳаллий хомашё асосида электротехника ва металлургия соҳалари учун углеграфитли материалларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

углерод асосли материаллар олиш технологияси жорий этилди (“Olmaliq КМК” АЖ 2022 йил 10 июндаги №АА-004270 сонли маълумотномаси). Технологияни жорий этилиши натижасида электр қаршилиги ҳисобига ишлайдиган печлар анолигига нисбатан 25...30% иқтисодий самарага эга бўлган углеродли қиздириш элементини олиш имконини берган;

юқори солиштирама электр қаршилигига эга бўлган углерод асосли материалнинг янги “Нефт кокси, меласса, каолин” таркиби ишлаб чиқаришга жорий этилди (“Olmaliq КМК” АЖ 2022 йил 10 июндаги №АА-004270 сонли маълумотномаси). Таркибни жорий этилиши натижасида материалга узатиладиган электр юклама даражасини 1,5...2,0 баробарга ошириш имконини берган;

графит асосли материалларни олиш технологияси жорий этилди (“Olmaliq КМК” АЖ 2022 йил 10 июндаги №АА-004270 сонли маълумотномаси). Технологиянинг жорий этилиши натижасида графит асосли электротехник материалларни олишдаги таннархини 2,0...2,5 баробарга ва ишлаб чиқаришдаги энергия сарфини 1,3...1,5 баробарга камайтирилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари, жумладан 6 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманлари ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 13 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларни чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 4 та мақола, жумладан 3 таси республика ва 1 таси хорижий журналда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида мавзунинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончилиги, илмий ва амалий аҳамияти изоҳлаб берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, нашр этилган ишлар, диссертациянинг тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Замонавий углеграфит материалларининг хоссалари, қўлланиши ва ишлаб чиқариш технологияси”** деб номланган биринчи бобида нефтни пиролиз ва крекинг қолдиқларидан кокс олиш технологик жараёнлари, уларнинг кимёвий таркибидаги моддаларни кокслаш ва графитлаш жараёнига таъсирини таҳлилий натижалари ҳамда маҳаллий хомашё материалларидан фойдаланиш бўйича истиқболли усуллар ҳақида маълумотлар келтирилган.

Ушбу бобда углеродли материалларни турлари, хоссалари, қўлланилиш соҳалари, хомашё материаллари ва ишлаб чиқариш технологик жараён босқичларидаги материалда содир бўладиган ўзгаришлар ҳамда Республикаимизнинг турли соҳаларида қўлланиладиган углеродли материаллар бўйича ўтказилган таҳлиллар натижалари келтирилган. Шу билан бирга нефт кокси хомашё материални нефтнинг пиролиз ва крекинг қолдиқларидан олиш жараёнидаги ўзгаришларнинг кокс сифатига таъсирини таҳлил натижалари келтирилган. Материални графитлаш жараёнига кокс олиш технологик жараёнларини ва коксга қўшилган боғловчи моддалар миқдорини графитланиш даражасини таъсири ўрганилган. Бундан ташқари, бу бобда нефт коксини ишлаб чиқариш технологиялари бўйича чет эл олимлари томонидан ўтказилган тадқиқот натижалари ўрганилган ва таҳлил қилинган. Бунга кўра турли таркибли нефт қолдиқларини графитлангандан кейин материалларнинг физик-механик хоссалари бўйича солиштирма таҳлиллари ўтказилган.

Диссертациянинг **“Тадқиқот объектларни танлаш ва углеграфит материалларни хоссаларини тадқиқ қилиш методикаси”** деб номланган иккинчи боби объект танлаш, нефт кокси, меласса ва каолин таркибли углеграфитли материал намуналарини физик-механик ҳамда эксплуатацион хоссаларини экспериментал тадқиқот қилиш, намуна устида рентген фаза таҳлил ўтказиш ҳамда экспериментал тадқиқот натижалари юзасидан таҳлилий хулосалар олишга бағишланган.

Тадқиқот объекти сифатида углеграфит электр-чўткаси ва аморф углеродли қиздириш элементи олинган.

Нефт кокси+меласса ва нефт кокси+меласса+каолин таркибли аморф углерод намуналарининг физик – механик ҳамда эксплуатацион хоссаларини тадқиқот қилиш учун солиштирма электр қаршилигини электр қаршилиқни

ўлчовчи электр тузилмасида, сирпанишдаги ишқаланиш коэффициенти ўлчанган.

Маҳаллий хомашё асосида олинган углеродли материал намуналарнинг механик хоссаларини тадқиқот қилишда ҳар бир технологик жараёнда тайёрланган углеродли намуналарнинг: макро ва микроструктуравий таҳлили; зичлиги; НВ ва НV бўйича қаттиқлиги; эгилишдаги ва сиқилишдаги рухсат этилган мустаҳкамлик чегараси ва зарбий қовушқоқлиги экспериментал усулларда аниқланган.

Намуналарнинг микро ва макроструктура таҳлилини МБС-9, МИМ-8 ва “NEOPHOT-21” оптик микроскопларида, намунадаги ғовакликлар “SIAMS 700” русумдаги микрофотосуратни автоматик таҳлил қилувчи қурилмада, графит намуналарнинг структура-фазавий таркибининг таҳлили “MiniFlex 600” рентгенли дифрактометрида (XRD)да амалга оширилган.

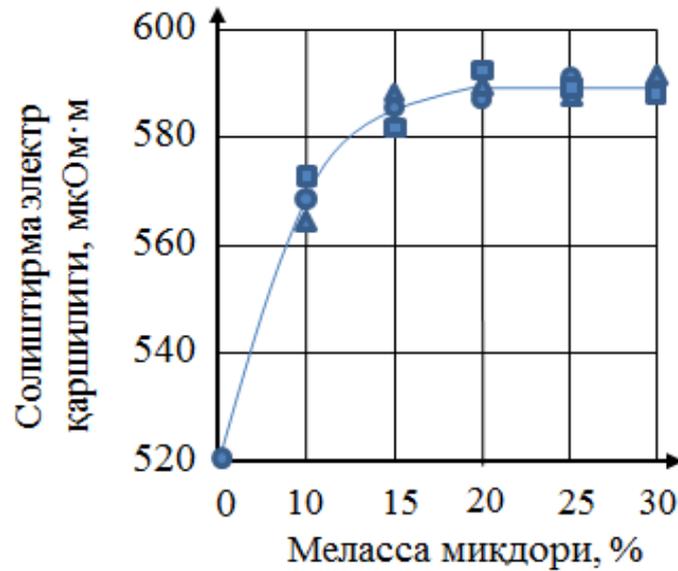
Диссертациянинг **“Маҳаллий хомашёдан углерод асосли материалларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш”** деб номланган учинчи бобида нефт кокси+меласса ва нефт кокси+меласса+каолин таркибли аморф углерод намуналарини тайёрлаш технологиясини ишлаб чиқиш, уларнинг физик-механик хоссаларига меласса, каолин миқдорларини ҳамда каолин кукун заррачаларини таъсирини тадқиқ қилиш, олинган углеродли материалларни юқори ҳароратли қиздириш элементи сифатида апробациядан ўтказиш, юқори электр қаршиликли деталларни ишлаб чиқаришда техник-иқтисодий самарадорликни баҳолаш бўйича маълумотлар келтирилган.

Биз намуналарни қиздириб пишириш жараёнини вакуум муҳитида 900...1300 °С ҳарорат оралиғида амалга оширдик. Бунда ҳароратнинг пастки ва юқори чегаралари, пишириш вақтининг давомийлиги, боғловчини (мелассани) тўлиқ кокс ҳолатига ўтиши ҳамда талаб этилган физик-механик хоссаларидан келиб чиққан ҳолда белгиланади.

Заготовкларни вакуум муҳитида пиширишдан кўзланган мақсад, юқори ҳароратларгача қизиган кокс ва меласса кукун заррачалари қизиш жараёнида кислород билан оксидланишини олдини олишдан иборат. Шунга асосланган ҳолда биз диаметри 20 мм, баландлиги 30 мм бўлган цилиндр шаклидаги намуна заготовкларини контейнерга жойлаштирган ҳолда ШЦН-7Л моделдаги печда 900...1300°С ҳароратда вакуум муҳитида, намуналарнинг геометрик ўлчамидан келиб чиқиб 1...4 соат давомида пишириш жараёнини амалга оширдик.

Шихтага киритилган меласса миқдорига боғлиқ ҳолда қиздириб пиширилган намуналарнинг солиштирма электр қаршилигини ўзгариши 1 – расмда график шаклда келтирилган.

Олинган экспериментал натижалари шуни кўрсатадики, меласса миқдори намуналарнинг солиштирма электр қаршилигига ўзгарувчан таъсир кўрсатган (1 – расм). Таркибига 1% дан 20% гача меласса киритилган шихтадан пресслаб кейин қиздириб пиширилган намуналарнинг солиштирма электр қаршилиги меласса миқдори 20% га етгунча ортиб борган.

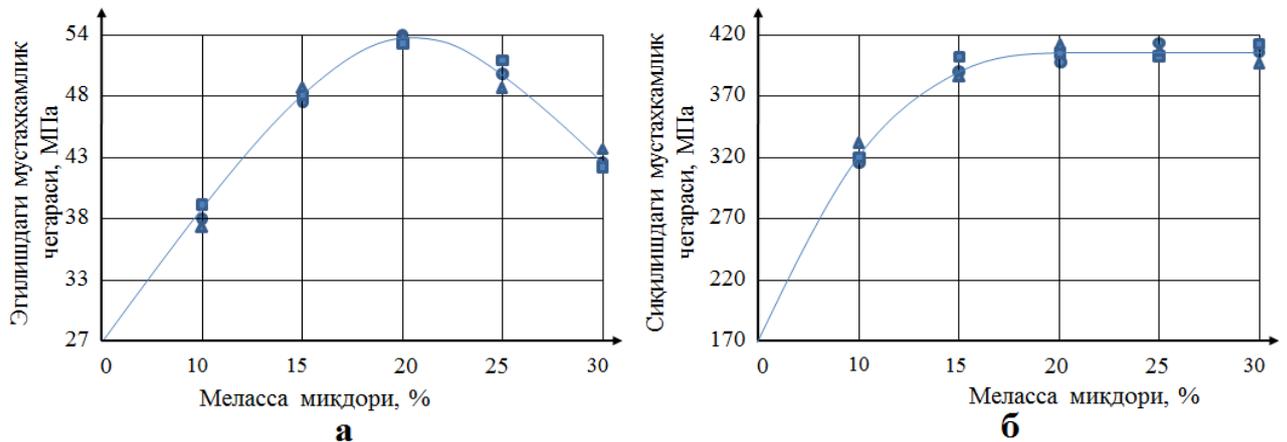


**1 – расм. Меласса миқдorigа боғлиқ ҳолда намуналарнинг солиштирма электр қаршилигининг ўзгариши**

Таркибида меласса миқдори 25% дан 30% гача бўлган шихтадан тайёрланган намуналарнинг солиштирма электр қаршилиги ўзгармас қийматга эга бўлган.

Олинган экспериментал маълумотларнинг таҳлилига кўра шихта таркибига 20% миқдордан ортиқ меласса киритиш уларнинг солиштирма электр қаршилигига таъсир кўрсатмайди.

Намуна таркибида меласса миқдори ортиши билан намуналарни эгилишдаги ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасини ўзгариши 2 – расмда график шаклда келтирилган.

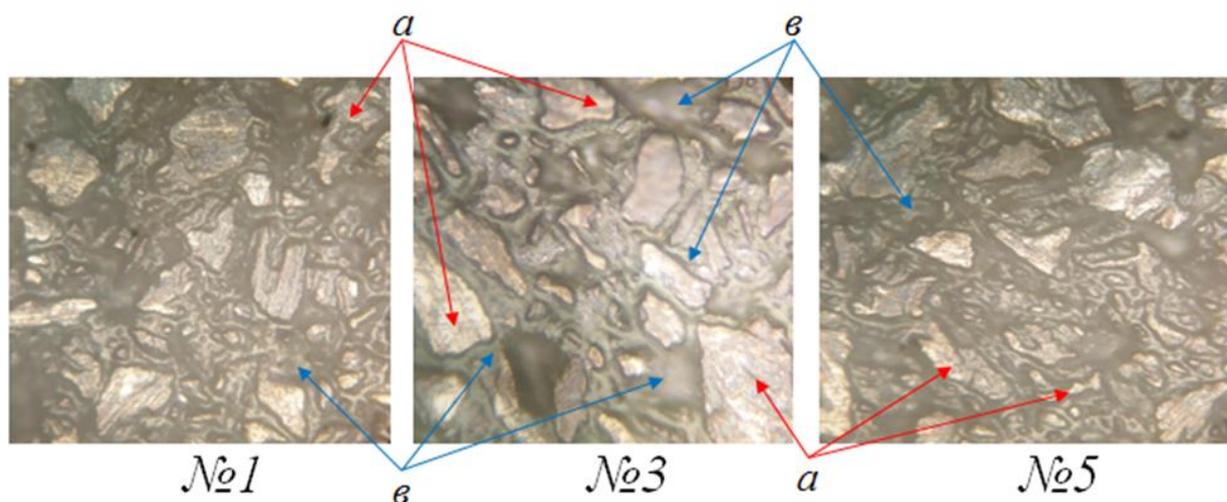


**2 – расм. Намуналарнинг таркибидаги меласса миқдorigа боғлиқ равишда эгилишдаги ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасини ўзгариши**

Олинган экспериментал натижаларига кўра, намуна таркибида меласса миқдори ортиши углеродли материалнинг эгилишдаги ва сиқилишдаги мустаҳкамлик чегарасига ўзгарувчан таъсир кўрсатди (2 – расм). Ушбу графикдан кўриниб турибдики, меласса миқдори 1% дан 20% гача бўлган оралиқда намуналарнинг эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси 27 МПа дан 54 МПа гача ортиб борган. Меласса миқдори 20% дан ортиши намуналарнинг

эгилишдаги мустаҳкамлик чегарасига салбий таъсир кўрсата бошлаган (2 – расм, а). Намуна таркибида меласса миқдори 1% дан 20% гача бўлган ораликда намунанинг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси 170 МПа дан 410 МПа гача ортиб борган ва меласса миқдори 20% дан ортиши билан намунанинг сиқилишдаги мустаҳкамлик чегараси ўзгармас қийматга эга бўлган (2 – расм, б).

Юқорида олинган ҳолатни ўрганиш мақсадида таркибида турли миқдорда меласса киритилиб тайёрланган углерод намуналарни 2.4.1 бўлимда келтирилган тартибда микроструктуравий таҳлил учун шлифларини тайёрладик. Турли меласса миқдорига эга бўлган намуналарнинг микроструктураси 3 – расмда келтирилган.



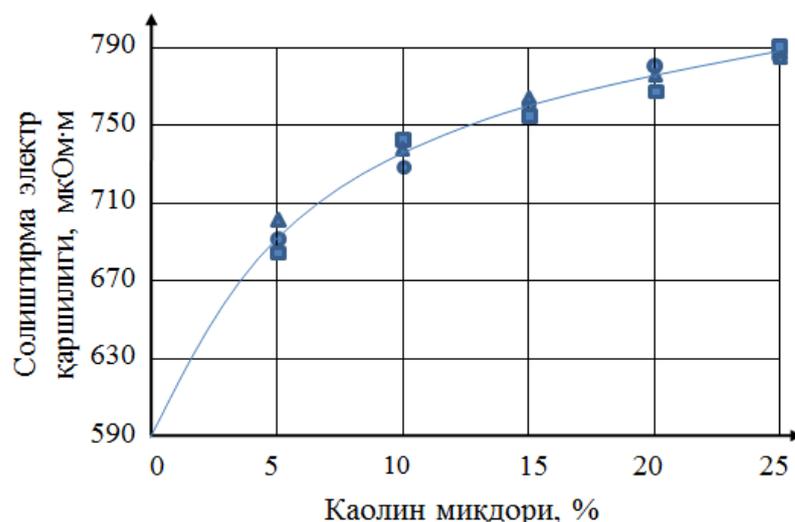
**а – кокс заррачалари; в – коксланган меласса**

**3 – расм. Таркибига 10%, 20% ва 30% миқдорда меласса киритилган намуналар микроструктураларининг суратлари, х500:**

Ўтказилган микроструктуравий таҳлиллар натижалар шуни кўрсатадики намунада меласса миқдори ортиши билан материалнинг микроструктурасида нефт коксининг заррачалар аро ҳудудлари мелассани киздириб пишириш жараёнида коксланишидан ҳосил бўлган иккиламчи фазадан ташкил топади. Намунада иккиламчи фаза миқдори (3 – расм, в) нефт коксининг (3 – расм, а) миқдори билан тенглашгунча материалнинг эгилишдаги мустаҳкамлик чегарасининг ортиб боради (3 – расм., №1, №3). Аммо иккиламчи фаза миқдори нефт коксининг миқдоридан ортиши билан материалнинг эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси кескин пасайишга ўтади, чунки мелассанинг коксланишидан ҳосил бўлган иккиламчи фазанинг физик-механик хоссаси, кокс асоснинг физик-механик хоссасидан паст (3 – расм., №5).

Намуна таркибида каолин миқдори ортиши билан уларнинг солиштирма электр қаршилиги ўзгариши 4 – расмда график шаклда келтирилган.

Олинган экспериментал натижалари шуни кўрсатадики, каолин миқдори намуналарнинг солиштирма электр қаршилигига ўзгарувчан таъсир кўрсатган (4 – расм).



**4 – расм. Намуналар таркибидаги каолин миқдорига боғлиқ равишда солиштирма электр қаршилигини ўзгариши**

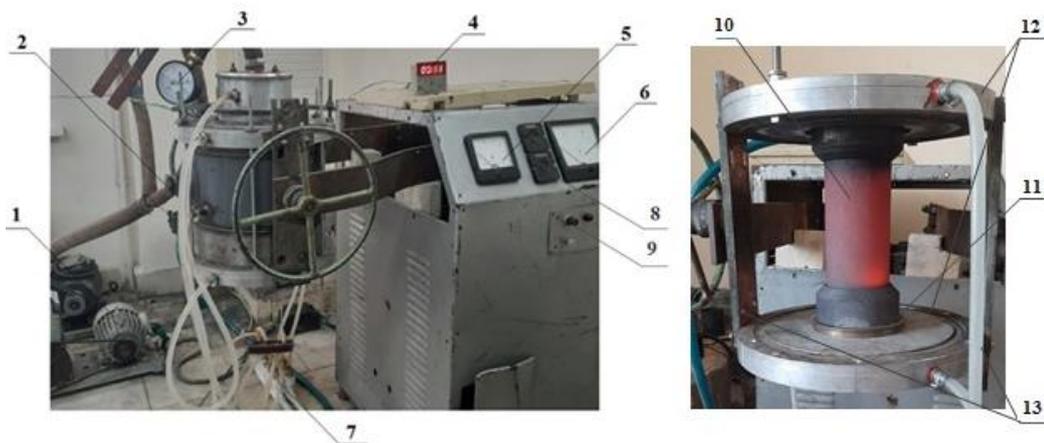
Ушбу графикдан кўриниб турибдики, каолин миқдори 1% дан 5% гача бўлган ораликда намунанинг солиштирма электр қаршилигини кескин ортиши кузатилган бўлса, 10...25% ларда намунанинг солиштирма электр қаршилиги ортиши бироз пасайган. Олинган экспериментал натижалар шуни кўрсатадики, углеродли материаллар таркибида каолин миқдори ортиши уларнинг солиштирма электр қаршилиги юқори бўлишини таъминлайди. Бу кўрсаткич углеродли материалларнинг солиштирма электр қаршилиги каолиннинг солиштирма электр қаршилигига етгунча ошиб боради.

Ўтказилган тадқиқотлар натижалари асосида биз маҳаллий хомашё асосида ишлаб чиқилган таркиб бўйича углеродли материалнинг ҳақиқий эксплуатацион шароитда ишлай олиш қобилиятини тадқиқ қилиш мақсадида 3.1 бўлимда келтирилган тартибда ташқи диаметри 96 мм, ички диаметри 76 мм, баландлиги 240 мм ўлчамли труба шаклига эга бўлган углеродли қиздириш элементини тайёрладик.

Тайёрланган қиздириш элементининг апробацияси “Олмалиқ КМК” АЖ қошидаги “Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ”даги электр қаршилиги ҳисобига ишлайдиган махсус лаборатория печида амалга оширдик (5 – расм).

Синов жараёнида қиздириш элементининг физик-механик хоссаларини ҳозирда “Олмалиқ КМК” АЖ қошидаги “Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича ИИЧБ” да махсус лаборатория печида қўлланилиб келинаётган МПГ маркали углеродли қиздириш элементининг физик-механик хоссаларини таққослаш орқали амалга оширдик.

Махсус лаборатория печи кукун металлургияси усулида тайёрланган намуналарни юқори вакуумда ёки ҳимояловчи газ муҳитида 2000 °С ҳароратгача қиздириб пиширишга мўлжалланган. Печни ташқи қисми икки қаватли пўлат листдан тайёрланган бўлиб, печь қизиби кетмаслиги учун листлар орасидан сув ўтказиб доимий равишда совутиб турилади.

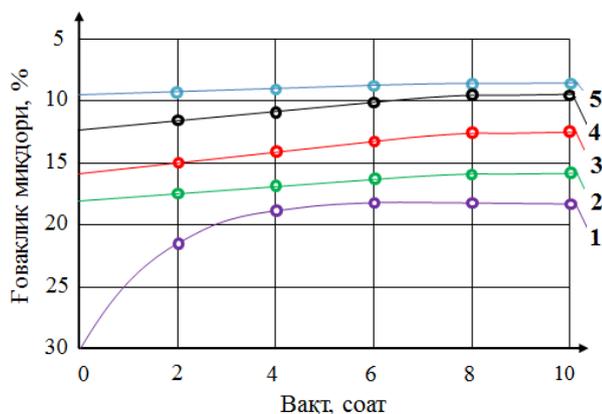


1 – вакуум насос; 2 – термopара; 3 – манометр; 4 – термо датчик; 5 – амперметр; 6 – вольтметр; 7 – совитиш тизими; 8 – автомат; 9 – тиристор блок; 10 – синов намунаси; 11 – бронза контакт; 12 – радиатор; 13 – ток узатгич.

5 – расм. Махсус лаборатория печида қиздириб пишириш ва материалнинг физик-механик хоссаларини синаш

Диссертациянинг “Маҳаллий хомашёдан олинган углеродли материалларни графитлаш технологиясини ишлаб чиқиш” деб номланган тўртинчи бобида аморф углеродли тадқиқот намуналарини графитлаш технологиясини ишлаб чиқиш ва графитлаш жараёнидан ўтказиш, графитланиш даражасига вақт ва ҳароратнинг таъсирини аниқлаш, солиштирма электр қаршилиги, сирпанишдаги ишқаланиш коэффицентини, ҳарорат таъсирида чизиқли кенгайиш коэффицентини, термомустаҳкамлиги ва кимёвий хоссалари устида синов жараёнларини ўтказиш, графит деталларни эксплуатацион шароитда таққослаш орқали апробациядан ўтказиш бўйича маълумотлар келтирилган.

Шимдириш жараёнининг ҳар бир босқичда шимдириш вақт давомийлигига боғлиқ ҳолда углерод намуналарнинг қолдиқ ғоваклик миқдорининг ўзгариши бўйича олинган экспериментал натижалар 6 – расмда график шаклда келтирилган.

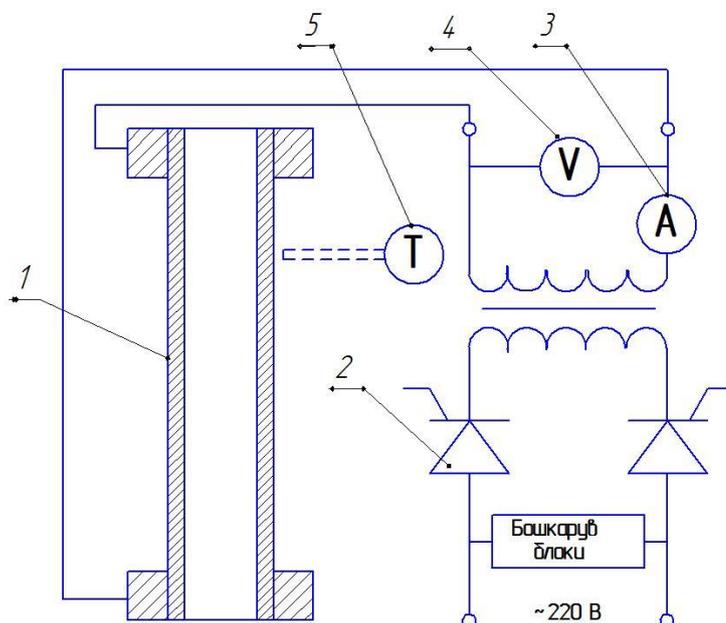


6 – расм. Намуналарни шимдиришдаги жараён вақтига боғлиқ ҳолда ғоваклик миқдорининг ўзгариш графиги

Олинган экспериментал натижалар шуни кўрсатдики бошланғич қолдиқ ғоваклиги 30% бўлган углеродли намуна биринчи шимдирилганида,

шимдириш вақтга боғлиқ ҳолда қолдиқ ғоваклик 30% дан 18% гача камайган бўлса, кейинги шимдиришларда бошланғич қолдиқ ғоваклик миқдори камайиши углерод намунанинг шимиш қобилиятини ҳам пасайишига олиб келди, масалан охирги шимдиришда бошланғич қолдиқ ғоваклиги 8% бўлган намунани атиги 1% эриган меллассани шимиб қолдиқ ғоваклигини 8% дан 7% га камайтирди.

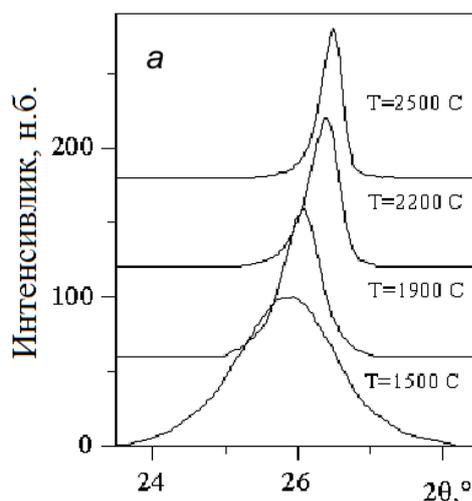
Намуналарни графитлаш жараёнини амалга ошириш учун ишлаб чиқилган печнинг электрик схемаси 7 – расмда кўрсатилган.



1-намуна; 2 –тиристор; 3 –амперметр; 4 – вольтметр; 5 –термопара.  
7 – расм. Графитлаш жараёнини схематик кўриниши.

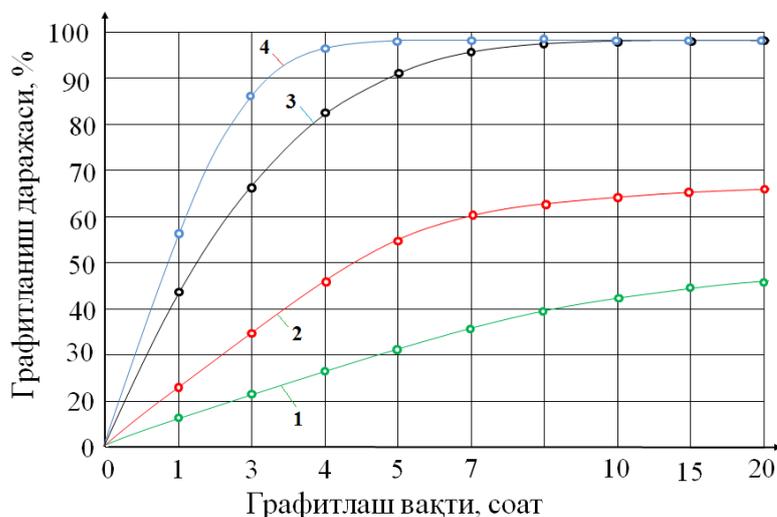
Аморф углеродли намуналарнинг графитланиш даражасини аниқлаш учун графитланган жараёндан ўтган намуналардан фрагментлар кесиб олдик ва уларнинг структура-фазавий таркибини “MiniFlex 600” рентгенли дифрактометрида (XRD) амалга оширдик. 8 – расмда тадқиқ этилган углерод намуналарининг 002 кристаллографик текисликларнинг дифракцион профиллар максимумлари келтирилган.

Бунда 002 дифракцион чизиқнинг  $\beta$  – интеграл кенглиги, ишлов бериш ҳарорати ортиши билан 1,56 дан 0,2° гача кичрайиб борди. Интеграл кенгликнинг бундай тартибда ўзгариши энг аввало  $L_c$  – кристаллографик «с» ўқ йўналиши томон рентген нурларининг когерентлик сочилиш ҳудудларининг ўртача ўлчамини ўзгариши билан боғлиқ бўлиб бунда ишлов бериш ҳарорат ортиши билан  $L_c$  аста секин, 1500 °С ҳароратда 5 нм, 2500 °С ҳароратда 45 нм га катталашди. Ишлов бериш ҳарорати ортиши билан когерентлик сочилиш ҳудудлар ўлчамини катталашини 002 кристаллографик текисликларнинг дифракцион профиллар марказини ўнг (катта бурчаклар) томонга силжиши билан содир бўлди (8 – расм). Бу эса  $d_{002}$  кристаллографик текисликлар аро масофани, 1500 °С ҳароратда 0,344 нм дан, 2500 °С ҳароратда 0,33 нм гача кичрайиши билан боғлиқ.



**8 – расм. Турли ҳароратларда (002) йўналиш чизиклари бўйича графитланиш жараёнидаги углеродли намуналарнинг дифракция профиллари**

Турли ҳарорат ва турли вақтлар оралиғида графитлаш жараёнидан ўтказилган намуналар устида олиб борилган сонли рентгенли структура-фазалар таҳлиллари натижаларига нисбий бирликлар ёрдамида ишлов бериш орқали олинган маълумотлар 9 – расмда график кўринишда келтирилган.



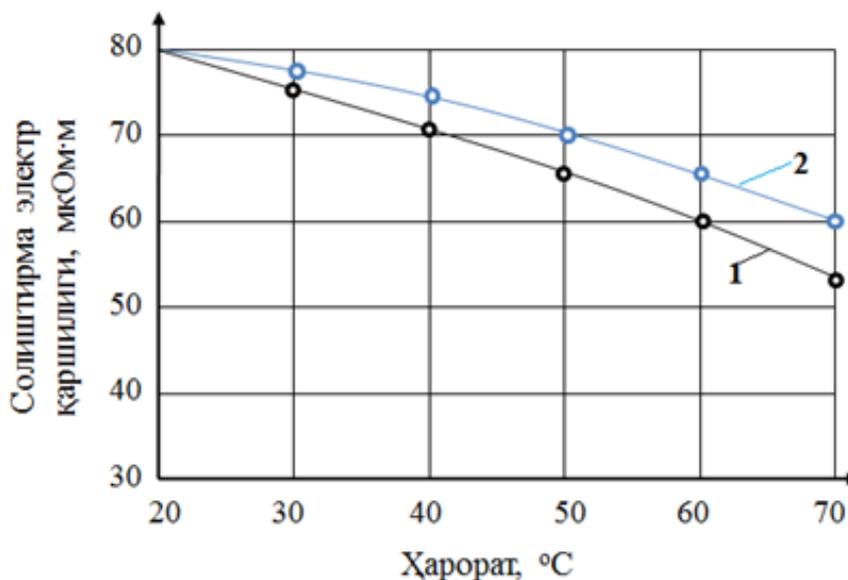
**1 – 1500 °C; 2 – 1900 °C; 3 – 2200 °C; 4 – 2500 °C.**

**9 – расм. Пишириш жараёни давомийлигини аморф углероднинг графитланиш даражасига таъсири**

Олинган экспериментал натижаларга кўра графитлаш жараёнининг ҳарорати ва шу ҳароратда ушлаб туриш вақти ортиши билан аморф углеродли намуналарнинг графитланиш даражаси 0% дан 98% га ортган. Масалан, 1900 °C ҳароратда 20 соат давомида графитланиш жараёнидан ўтган намунанинг кристалланиш даражаси 66% ни ташкил этган бўлса, 2200 °C ҳароратда, бу натижага 1,5...3 соат оралиғида эришилган.

Биз графит намуналарининг солиштирма электр қаршилигини аниқлашни ҳароратга боғлиқ ҳолда амалга оширдик. Маҳаллий хомашёдан олинган ва Россияда ишлаб чиқарилган графит намуналарининг солиштирма электр қаршилигини 2.2.1 бўлимда келтирилган тартибда ўлчанди. Олинган

экспериментал натижалар асосида қиздириш ҳароратни ортиши билан намуналарнинг солиштирма электр қаршилигини ўзгариши бўйича олинган маълумотлар 10 – расмда график шаклда келтирилган.



1 – Маҳаллий хомашёдан олинган графит; 2 – ЭГ-14 маркали графит.

10 – расм. Графит намуналарининг ҳарорати ортиши билан унинг солиштирма электр қаршилиги ўзгариши

Олинган экспериментал натижалари шуни кўрсатадики, графит намуналарига таъсир қилаётган ҳарорат ошиб бориши билан уларнинг солиштирма электр қаршилиги камайиб борди (10 – расм). Масалан, 1 – намунанинг солиштирма электр қаршилиги 20 °C дан 70 °C оралиғида 80 мкОм·м дан 68 мкОм·м камайган бўлса, 2 – намунаники 80 мкОм·м дан 53 мкОм·м камайган.

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики Фарғона кокси ва меласса боғловчиси асосида олинган графитнинг солиштирма электр қаршилиги, электротехник соҳаларда кенг қўлланиладиган ЭГ-14 маркали графитнинг солиштирма электр қаршилигидан жуда кам фарқ қилади.

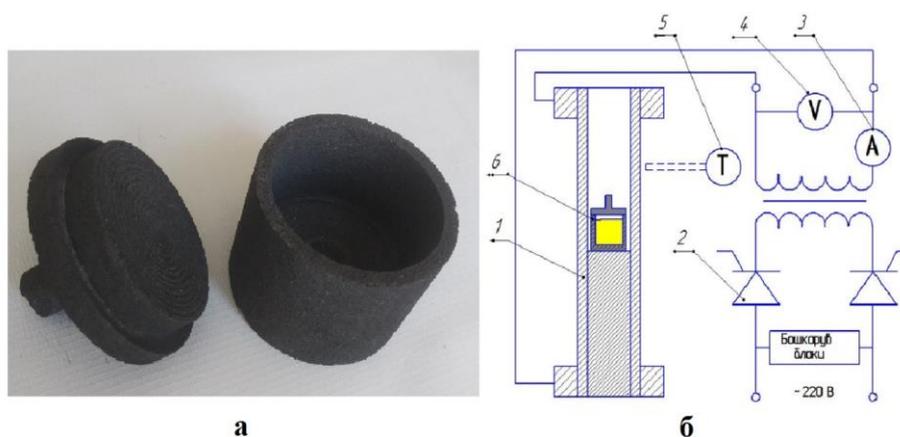
Биз графит намуналарини суяқ металллар билан ўзаро таъсирини аниқлаш учун ташқи диаметри 60 мм, ички диаметри 40 мм, баландлиги 55 мм ўлчамли графит тигелда пўлат 3 маркани 1600 °C ҳароратда суяқлантириб, вакуум муҳитида 8 соат вақт давомида Россияда ишлаб чиқарилган ЭГ-14 маркали тигел билан таққослаш орқали амалга оширдик. Пўлат 3 маркали қотишманинг кимёвий таркиби 1 – жадвалда келтирилган.

1 – жадвал

Пўлат 3 маркали қотишманинг кимёвий таркиби, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
0,14-0,22	0,15-0,3	0,4-0,65	<0,05	<0,05	< 0,3	< 0,3	< 0,3	қолгани

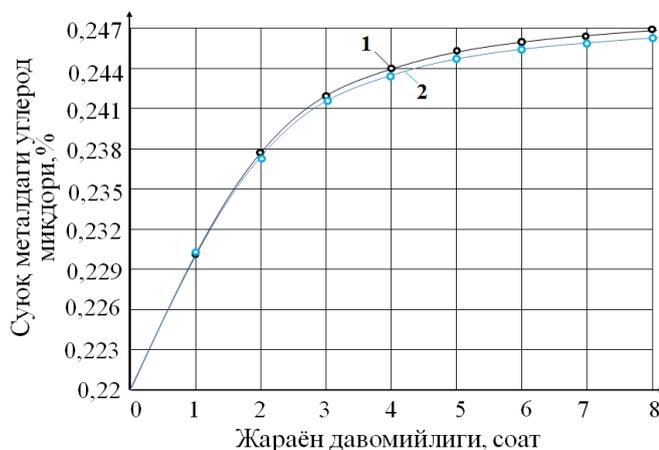
Синов жараёнини амалга ошириш учун фойдаланилган тигел расми ва печнинг электрик схемаси 11 – расмда кўрсатилган.



а – тигел; б - печнинг электик схемаси.

1-намуна; 2 –тиристор; 3 –амперметр; 4 – вольтметр; 5 –термопара; 6 – тигел.  
 11 – расм. Графитнинг суюқ металллар билан ўзаро таъсирини аниқлаш қурилма схемаси.

WLC-3 русумли спектрометрда ўтказилган кимёвий анализ натижалари асосида олинган графит намунаси билан контактда бўлган суюқ металл таркибига ўтган углерод миқдори ўзгариши график шаклида 12 – расмда келтирилган.



1 – Маҳаллий хомашёдан олинган графитли тигел;  
 2 – ЭГ-14 маркали графитли тигел.

12 – расм. Эритмани графит тигелда ушлаб туриш вақтининг пўлат эритмасидаги углерод миқдорига таъсири

Олинган экспериментал натижалари шуни кўрсатадики, жараён давомийлигининг вақти ошиб бориши билан тигел намунасидаги углеродни суюқ металлга кимёвий таъсир натижасида ўтиши ҳам ошиб борди (12 – расм). Масалан, 1 – намуна 1600 °C ҳароратда 8 соат давомида графит намунаси билан контактда бўлган суюқ металл таркибига 0,027% углерод ўтди. 2 – намуна 1600 °C ҳароратда 8 соат давомида графит намунаси билан контактда бўлган суюқ металл таркибига 0,026% углерод ўтди. Ушбу графитли тигел намуналарини таққослаганимизда маҳаллий хомашёдан олинган 1 – намуна, Россияда ишлаб чиқарилган ЭГ-14 маркали 2 – намунага нисбатан кимёвий реакция натижасида суюқ металл таркибига ўтган углерод миқдори 0,001% кўп эканлиги кимёвий анализ орқали аниқланди.

## ХУЛОСА

“Маҳаллий хомашё асосида электротехника ва металлургия соҳалари учун углеграфитли материалларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Фарғона нефтни қайта ишлаш заводида ишлаб чиқарилган КПС-1 маркали 1300 °С тобланган нефт кокси углеграфитли материалларини олишга яроқли эканлиги аниқланди. Натижада маҳаллий хомашё асосида электротехника ва металлургия соҳалари учун углеграфитли материалларни олиш имкони очилди.

2. “Хоразм шакар” АЖ корхонасининг иккиламчи хомашёси бўлган мелассани 1300 °С ҳароратда ишлов бериш орқали унда содир бўладиган хажмий ва структуравий фазалар ўзгаришининг кинетик асослари ўрганилди. Структуравий фазалар ўзгаришининг кинетик асослари бўйича мелассани коксланиш технологияси ишлаб чиқилди.

3. “Хоразм шакар” АЖ корхонасида шакар ишлаб чиқариш жараёнида ҳосил бўладиган меласса моддаси углеграфит материаллар олишга яроқли эканлиги аниқланди. Натижада маҳаллий хомашё асосида электротехника ва металлургия соҳалари учун углеграфитли материалларни олиш учун зарур бўлган боғловчи хомашё базасининг имкони очилди.

4. Таркибида турли миқдорда нефт кокси ва меласса киритиб қиздириб пиширилган намунанинг солиштирма электр қаршилигини аниқлаш орқали меласса миқдори 20% бўлганда намунанинг электр қаршилиги 590 мкОм·м бўлиши ва ундан ортиши билан уни ўзгармаслиги аниқланди. Натижада юқори физик хоссаларга эга бўлган углеродли материалдан электротехника ва металлургия соҳалари учун сунъий графит олиш имкони яратилди.

5. Таркибида 62% нефт кокси, 20% меласса ва 18% каолин бўлган намуналарни қиздириб пиширилгандан кейинги солиштирма электр қаршилиги 590 мкОм·м дан 780 мкОм·м ортиши экспериментал аниқланди. Ишлаб чиқилган технология асосида олинган аморф углеродли материалдан 2000 °С ҳароратгача ишловчи қиздириш элементлари сифатида фойдаланиш имкони очилди.

6. Кокс ва меласса таркибли аморф углеродли материалларни графитлаш орқали 80 мкОм·м солиштирма электр қаршилигига, 0,16 сирпанишдаги ишқаланиш коэффициентига эга бўлган графит материали олинди. Натижада олинган графит материалдан электротехника ва металлургия соҳаларида қўлланиладиган маҳсулотлар ишлаб чиқариш имкони очилди.

7. Углеграфитдан тайёрланган тигел суюқ металллар билан ўзаро таъсирини ўрганиш натижасида 1600 °С ҳароратда 8 соат давомида ст 3 маркали суюқ пўлат таркибига 0,027% углерод ўтиши экспериментал аниқланди. Натижада углеграфитли материалларда пўлатларни суюқлантириш учун тигел сифатида фойдаланиш имкони очилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**УБАЙДУЛЛАЕВ МАМАСИДИҚ МАХАММАТСОЛИЕВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕГРАФИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И МЕТАЛЛУРГИИ НА  
ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство. Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных, цветных и редких металлов. Технология редких, благородных и радиоактивных элементов (направления литейное производство и обработка металлов)

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

**Ташкент – 2022**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.2.PhD/T1594**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете. Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Каримов Шоирджан Ахралович**  
кандидат технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Дуняшин Николай Сергеевич**  
доктор технических наук, профессор

**Мамарахимов Хамза Мамаджанович**  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Андижанский машиностроительный институт**

Защита диссертации состоится « 26 » ноября 2022 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел./факс:(+998 71) 227-10-32, e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz))

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № 276). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.:(+998 71) 227-10-32.)

Автореферат диссертации разослан « 10 » ноября 2022 года.  
(реестр протокола рассылки № 152 от « 03 » ноября 2022 года).

**К.А.Каримов**  
Председатель научного  
совета по присуждению ученых  
степеней, д.т.н., профессор

**Ш.Б.Ташбулатов**  
Ученый секретарь научного  
совета по присуждению ученых  
степеней, д.ф.т.н. (PhD)

**Н.Д.Тураходжаев**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н. профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация автореферата диссертации доктора философских наук (PhD) по техническим наукам)**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире особое значение имеет производство материалов на основе углерода и графита с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами для областей электротехники и металлургии. В то же время увеличение срока службы этих материалов, улучшение их электротехнических, антифрикционных и механических свойств также является одним из важных вопросов. В связи с этим в развитых странах, в том числе в США, Канаде, Германии, Белоруссии, России и других странах, производство электрических скользящих контактов, электродов и электронагревательных элементов методом графитизации аморфного углерода имеет большое значение для областей электротехники и металлургии.

В мире ведутся обширные научно-исследовательские работы по производству графитированных электродов для электродуговых печей, применяемых при плавке металлов прессованием и графитированием смеси порошка нефтяного кокса и каменноугольной смолы. В этом направлении важно разработать новые виды веществ, вводимых в материал в качестве связующего компонента, определить влияние степени и количества его графитизации на свойства материала. При этом с целью снижения себестоимости производства углеродных и графитовых материалов особое внимание уделяется разработке новых связующих компонентов на основе различных углеродных веществ, не снижающих существенно их физико-механические и эксплуатационные свойства.

В нашей республике проводятся мероприятия по производству электротехнических, антифрикционных и конструкционных материалов на основе углерода и графита с относительно дешевыми, высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами для областей электротехники и металлургии. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, в том числе задача «...укрепления макроэкономической стабильности и поддержания высоких темпов экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики, снижения энергопотребления и ресурсов в экономике, широко внедряя в производство энергосберегающие технологии», - уточнил он. Реализация этих задач, в том числе правильное и полное использование местного углеродсодержащего сырья, разработка технологий получения углеродных и графитовых материалов на их основе, имеет большое значение.

Президента Республики Узбекистан 7 февраля 2017 года Постановление № ПФ-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № PQ-2698 от 26 декабря 2016 года «Меры по продолжению реализации перспективных проектов локализации производства готовой продукции, комплектующих и материалов в 2017-2019 гг. - мероприятия» от 27 апреля 2018 г. № ПЗ-3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию

системы внедрения в практику инновационных идей, технологий и проектов» и другие нормативные правовые документы, связанные с данной деятельностью. исследование служит в определенной степени.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.**

Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энергосбережение и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Ряд мировых ученых, в том числе ученых всего мира, проводили исследования по выявлению новых видов вяжущих, богатых углеродом, и изучению их свойств при производстве аморфных углеродных и графитизированных углеродных материалов в мировой практике E.F. Chalh, H.S. Kiple, G.C. Kreumer, E. Bade, J.A. Gurland, H. Holleck, S. Takeda, P. Rautala, J.T. Norton, M. Gruter, В.П. Соседов, В.П. Зуев, В.В. Михайлов, В.И. Костиков, Н.Н. Шпиков, в работе А.С. Фиалкова изучены кинетические основы получения графитированных углеродных материалов, в том числе нефтяного кокса в качестве наполнителя, каменноугольной смолы в качестве связующего, и влияние их количества на физико-механические и эксплуатационные свойства материала.

Графитизирование электродов для электродуговых печей смесью, состоящей из нефтяного кокса, природного графита, антрацита и каменноугольной смолы, количество каждого компонента и их соотношение между собой, влияние продолжительности температуры при их графитизировании на структуру-фазовый состав материалов, физико-механические и эксплуатационные свойства разрабатывалось рядом ученых, в том числе I.A. Konyashin, R.P. Herber, K. Nishigaki, H. Yoshimura, H. Doi, J.F. Zhao, T. Holland, C. Unuvar, Z.A. Munir, Г.В. Самонов, Я.С. Уманскими.

Таковыми узбекскими учеными-исследователями, как Р.М. Михридинов, З.А. Бабахонов, М.М. Мамарахимов, Ш.М. Шакиров, Ш.А. Каримов проводились научно-исследовательские работы по внедрению в нефтяной кокс в качестве связующего компонента различные углеродсодержащие вещества, изучали их влияние на процесс графитизаций а также на физико-механические и эксплуатационные свойства графитизированного материала. В этих научно-исследовательских работах не рассматривалось использование мелассы как связующего компонента для получения графита.

**Связь диссертационного исследования с планами научно - исследовательской работы высшего учебного заведения.**

Диссертационное исследование выполнено в рамках заключенных договоров о сотрудничестве с Ташкентским государственным техническим университетом и «НПО по производству редких металлов и твердых сплавов» при АО «Алмалыкский ГМК».

**Цель исследования:** заключается в разработке технологии получения углеродных и углеграфитовых материалов для электротехнической и

металлургической промышленности на основе богатого углеродом местного сырья.

**Задачи исследования:**

определение сырьевой базы на основе местного углеродосодержащих веществ позволяющая получить материалы на основе углерода и на основе их кинетики структурно фазовых превращении разработать технологии их коксования;

разработка оптимального состава нагревательного элемента, применяемого для металлургических производств из углеродных материалов, полученных на основе местного сырья, и определение влияния на физико-механические и эксплуатационные свойства материала;

разработка технологии получения углеродных нагревательных элементов, работающих при высоких температурах, на основе нового состава из местного сырья и определение их влияния на физические свойства в условиях эксплуатации;

разработка технологии графитизации углеродсодержащих материалов, полученных на основе местного сырья, на кинетической основе объемных и структурно-фазовых превращений;

проведение испытаний графитовых материалов, полученных на основе местного сырья, в областях электротехники и металлургии и определение их технико-экономической эффективности при использовании в своих областях по результатам испытаний.

**Объект исследования.** Получены электрическая щетка на основе углеграфита и нагревательный элемент, работающий на электрическом сопротивлении.

**Предметом исследования** являются порошки нефтяного и угольного кокса, мелассная жидкость, прессованные брикеты из нефтяного кокса и мелассовых смесей, нагретый аморфный углерод и графитизированные углеродные материалы.

**Методы исследований.** Исследовался структурно-фазовый состав углеродсодержащих нагретых и графитированных материалов определялся с помощью рентгеновского дифрактометра, микро- и макроструктуру образцов анализировали с помощью оптического микроскопа, применяли методы электронно-автоматического анализа микрофотографий. пор в образце, а для определения их физико-механических и эксплуатационных свойств применялись государственные стандарты.

**Научная новизна исследования:**

разработана технология коксования на кинетической основе объемных и структурно-фазовых превращений, происходящих в мелассе, вторичном сырье АО «Хорезмский сахар», при ее обработке с высоких температур;

разработана углеродсодержащий материал с электрическим сопротивлением 780 мкОм·м на основе нового состава, содержащего 62% нефтяного кокса, 18 % каолина и 20 % мелассы;

на основе разработанного содержания разработана технология получения углеродных нагревательных элементов для печей с высокими физико-механическими свойствами и нагревом до 2000 °С за счет электрического сопротивления;

разработана технология графитизации на кинетической основе объемных и структурно-фазовых превращений, происходящих в углеродном материале, содержащем 80 % нефтяного кокса и 20 % мелассы при высоких температурах;

на основе графитизации углеродного материала, содержащего 80 % нефтяного кокса и 20 % мелассы, разработана технология электрощеточной экстракции для электротехнической области с удельным электрическим сопротивлением 80 мкОм·м и коэффициентом трения скольжения 0,16.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана технология получения электротехнических аморфных углеродных материалов из смеси нефтяного кокса Ферганского нефтеперерабатывающего завода и мелассы, являющейся вторичным сырьем АО «Хорезмский сахарный завод»;

электротехнический аморфный углеродный материал, полученный из смеси нефтяного кокса и мелассы, повышает уровень электрического заряда в 1,5...2,0 раза по сравнению с имеющимися в настоящее время аналогами;

разработана технология получения графитовых электроконтактных материалов скольжения, основанная на графитизации аморфного углеродного материала, полученного из смеси нефтяного кокса и мелассовых веществ;

технология получения углеграфитовых электроконтактных материалов скольжения на основе графитизации аморфного углеродного материала позволила снизить себестоимость материала в 2,0...2,5 раза и энергоемкость в 1,3...1,5 раза.

**Достоверность результатов исследования** Достоверность результатов исследований основана на том, что результаты, полученные по показателям физико-механических и эксплуатационных свойств, определенных на основе методов испытаний, сравниваются с результатами показателей, рассчитанных по физико-математическим формулам, и определяется их полная совместимость. Обеспечено получение образцов углерода на основе ферганского нефтяного кокса и мелассы основанные на пригодности результатов анализа макро- и микроструктуры, реализации и согласовании результатов исследований компетентными организациями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований объясняется определением кинетических основ и порядка объемных и структурно-фазовых изменений материала, происходящих в процессе высокотемпературного коксования нефтяного кокса и мелассовой смеси, графитизации коксов.

Практическая значимость результатов исследований объясняется разработкой технологии получения углеграфитовых электроконтактных

материалов скольжения на основе смеси нефтяного кокса Ферганского нефтеперерабатывающего завода и мелассы, являющейся вторичным сырьем АО «Хорезмский сахарный завод», электротехнический аморфный углеродный нагревательный элемент и его графитизация.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных результатов по разработке технологии получения углеграфитовых материалов для электротехнической и металлургической промышленности на основе местного сырья:

внедрена технология получения углеродсодержащих материалов (Справка АО «Алмалыкский ГМК» №АА-004270 от 10 июня 2022 года). В результате внедрения технологии удалось получить угольный нагревательный элемент с экономической эффективностью 25...30 % по сравнению с печами, работающими за счет электрического сопротивления;

внедрена в производство новая композиция углеродсодержащего материала «Нефтяной кокс, меласса, каолин» с высоким удельным электрическим сопротивлением (Справка АО «Алмалыкский ГМК» №АА-004270 от 10 июня 2022 года). В результате введения наполнителя удалось повысить уровень передаваемой на материал электрической нагрузки в 1,5...2,0 раза;

внедрена технология получения материалов на основе графита (Справка АО «Алмалыкский ГМК» №АА-004270 от 10 июня 2022 года). В результате внедрения технологии себестоимость получения электротехнических материалов на основе графита снижена в 2,0...2,5 раза, а энергоемкость производства снижена в 1,3...1,5 раза.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования диссертации обсуждались на 6-х международных и 3-х республиканских научных конференциях и симпозиумах.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 13 научных работ, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии наук (PhD) из них 4 в научных журналах, 3 в республиканских и 1 в зарубежном журнале.

**Структура и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введение** основано на актуальности и необходимости темы, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники республики, описаны цель, задачи, объект и предмет исследования, описываются научная новизна и практические результаты исследования, поясняется достоверность, научная и практическая значимость полученных

результатов, исследовательская информация о внедрении результатов, опубликованных работах, структура и объем диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Свойства, применение и технология производства современных углеграфитовых материалов»** приведены сведения о технологических процессах получения кокса из остатков пиролиза нефти и крекинга, аналитические результаты их влияния на процессы коксования и графитизации химических вещества и перспективные способы использования местного сырья.

В данной главе представлены виды, свойства, области применения углеродных материалов, сырье и изменения, происходящие в материале на этапах производственного процесса, а также результаты анализов углеродных материалов, используемых в различных отраслях нашей Республики. При этом представлены результаты анализа влияния изменений в процессе получения нефтяного коксового сырья из остатков пиролиза нефти и крекинга на качество кокса. Изучено влияние технологических процессов извлечения кокса и количества вяжущих, добавляемых в кокс, на процесс графитизации материала. Кроме того, в данной главе рассматриваются и анализируются результаты исследований, проведенных зарубежными учеными по технологиям производства нефтяного кокса. В связи с этим были проведены сравнительные анализы физико-механических свойств материалов после графитизации нефтяных остатков разного состава.

Вторая глава диссертации под названием **«Методика выбора объектов исследования и исследования свойств углеграфитовых материалов»** включает в себя выбор объекта, экспериментальное исследование физико-механических и эксплуатационных свойств образцов углеграфитового материала, содержащих нефтяной кокс, мелассу и каолин, проведение рентгенофазового анализа на образце и результаты экспериментальных исследований, посвященных получению аналитических заключений.

В качестве объектов исследования были взяты углеграфитовая электрощетка и нагревательный элемент из аморфного углерода.

С целью исследования физико-механических и эксплуатационных свойств образцов аморфного углерода нефтяной кокс+меласса и нефтяной кокс+меласса+каолин измеряли относительное электрическое сопротивление в электрической конструкции, измеряющей электрическое сопротивление, и измеряли коэффициент трения скольжения.

При исследовании механических свойств образцов углеродных материалов, полученных на основе местного сырья, образцы углерода готовят в каждом технологическом процессе: макро- и микроструктурный анализ; плотность; твердость по НВ и НВ; допустимый предел прочности при изгибе и сжатии и ударная вязкость определяются экспериментальными методами.

Микро- и микроструктурный анализ образцов проводили на оптических микроскопах МБС-9, МИМ-8 и «НЕОФОТ-21», поры в образце анализировали на автоматическом микрофотоанализаторе «SIAMS 700»,

структурно-фазовый Состав образцов графита анализировали на рентгеновском дифрактометре «MiniFlex 600».

В третьей главе диссертации на тему «Разработка технологии получения углеродсодержащих материалов из местного сырья» разработана технология приготовления образцов аморфного углерода состава нефтяной кокс+меласса и нефтяной кокс+меласса+каолин, влияние количества мелассы, каолина и частиц порошка каолина на их физико-механические свойства, исследование, апробация полученных углеродных материалов в качестве высокотемпературного нагревательного элемента и оценка технико-экономической эффективности при производстве представлены детали с высоким электрическим сопротивлением.

Образцы нагревали в вакууме в диапазоне температур 900...1300 °С. При этом определяют нижний и верхний пределы температуры, продолжительность времени спекания, переход связующего (мелассы) в полнококсовое состояние, требуемые физико-механические свойства.

Целью приготовления заготовок в вакуумной среде является предотвращение окисления частиц порошка кокса и мелассы, нагретых до высоких температур, кислородом в процессе нагрева. Исходя из этого, цилиндрические образцы-заготовки диаметром 20 мм и высотой 30 мм помещали в емкость и обжигали их в печи модели ШЦН-7Л при температуре 900...1300°С в вакууме в течение 1...4 часа в зависимости от геометрических размеров образцов.

Изменение удельного электрического сопротивления нагретых образцов в зависимости от количества мелассы, входящей в состав шихты, представлено графически на рис. 1.

Полученные экспериментальные результаты показывают, что количество мелассы оказывало переменное влияние на относительное электрическое сопротивление образцов (рис. 1). Относительное электрическое сопротивление образцов, нагретых после прессования из мелассы с содержанием мелассы от 1 до 20 %, увеличивалось до тех пор, пока содержание мелассы не достигало 20 %.

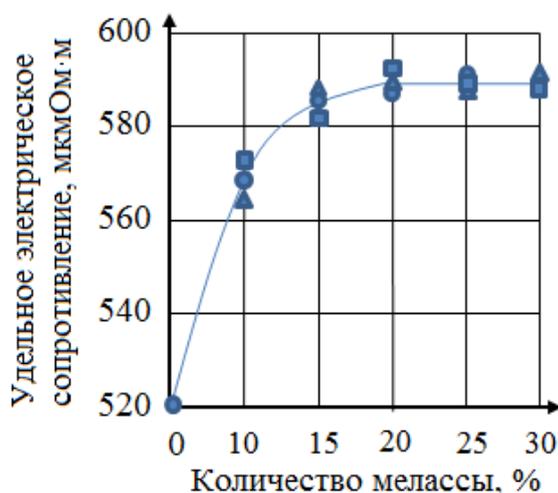
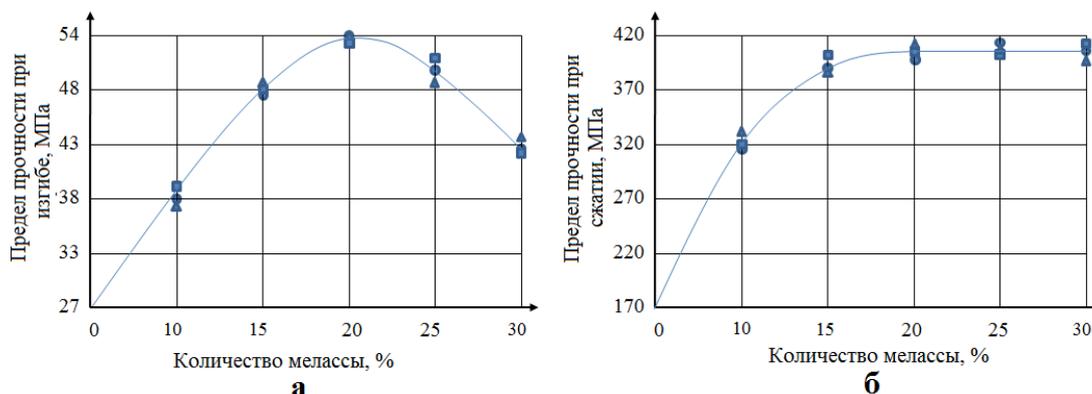


Рис. 1. Изменение удельного электрического сопротивления образцов в зависимости от количества мелассы

Удельное электрическое сопротивление образцов, изготовленных из шлака с содержанием мелассы от 25 до 30 %, имело постоянное значение.

Согласно анализу полученных экспериментальных данных, добавление в состав шихты более 20 % мелассы не влияет на их относительное электрическое сопротивление.

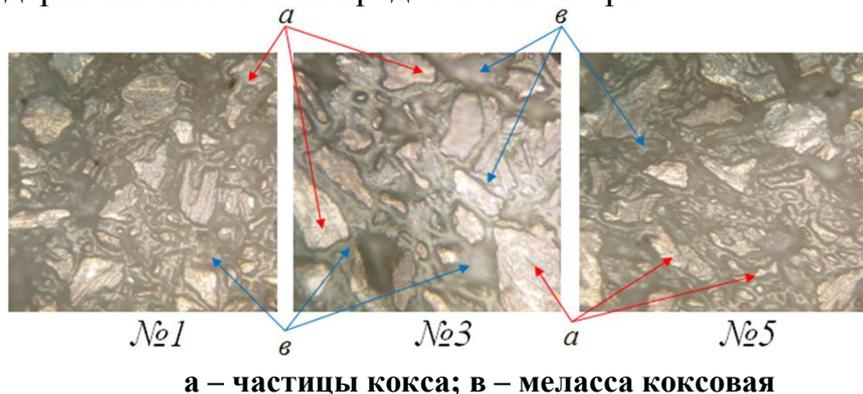
Изменение пределов прочности при изгибе и сжатии образцов с увеличением количества мелассы в образце представлено графически на рис.2.



**Рис. 2. Изменение пределов прочности при изгибе и сжатии в зависимости от количества мелассы в образцах**

Согласно полученным экспериментальным результатам, увеличение количества мелассы в образце оказывало переменное влияние на пределы прочности углеродного материала на изгиб и сжатие (рис. 2). Как видно из этого графика, прочность образца на изгиб увеличилась с 27 МПа до 54 МПа в диапазоне содержания мелассы от 1% до 20%. Увеличение количества мелассы выше 20 % начало отрицательно сказываться на пределе прочности образца при изгибе (рис. 2, а). Предел прочности при сжатии образца увеличивался со 170 МПа до 410 МПа в диапазоне содержания мелассы от 1 до 20 %, а при увеличении содержания мелассы до 20 % предел прочности при сжатии образца имел постоянное значение (рис. 2, б).

Для исследования полученной выше ситуации были приготовлены образцы углерода с различным количеством мелассы для микроструктурного анализа по методике, приведенной в разделе 2.4.1. Микроструктура образцов с разным содержанием мелассы представлена на рис. 3.



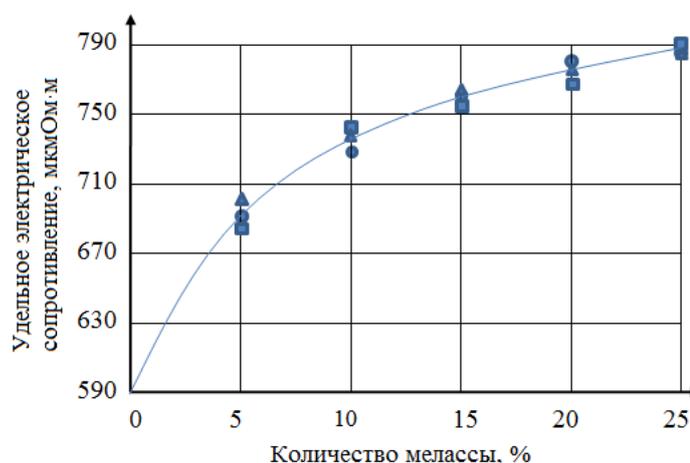
**а – частицы кокса; в – меласса коксовая**

**Рис. 3. Фотографии микроструктур образцов, содержащих 10%, 20% и 30% мелассы, x500:**

Результаты проведенных микроструктурных анализов показывают, что по мере увеличения количества мелассы в образце межчастичные области нефтяного кокса в микроструктуре материала формируются из вторичной фазы, образующейся при коксовании мелассы при нагреве. Предел прочности материала при изгибе увеличивается до тех пор, пока количество вторичной фазы (рис. 3, в) в образце не сравняется с количеством нефтяного кокса (рис. 3, а) (рис. 3, № 1, № 1). 3). Но при увеличении количества вторичной фазы от количества нефтяного кокса предел прочности материала при изгибе меняется на резкое снижение, так как физико-механические свойства вторичной фазы, образующейся при коксовании мелассы, ниже, чем у физико-механические свойства коксовой основы (рис. 3, № 5).

По мере увеличения количества каолина в образце изменение их относительного электрического сопротивления показано графически на рисунке 4.

Полученные экспериментальные результаты показывают, что количество каолина оказывало переменное влияние на относительное электрическое сопротивление образцов (рис. 4).



**Рис. 4. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от количества каолина в образцах**

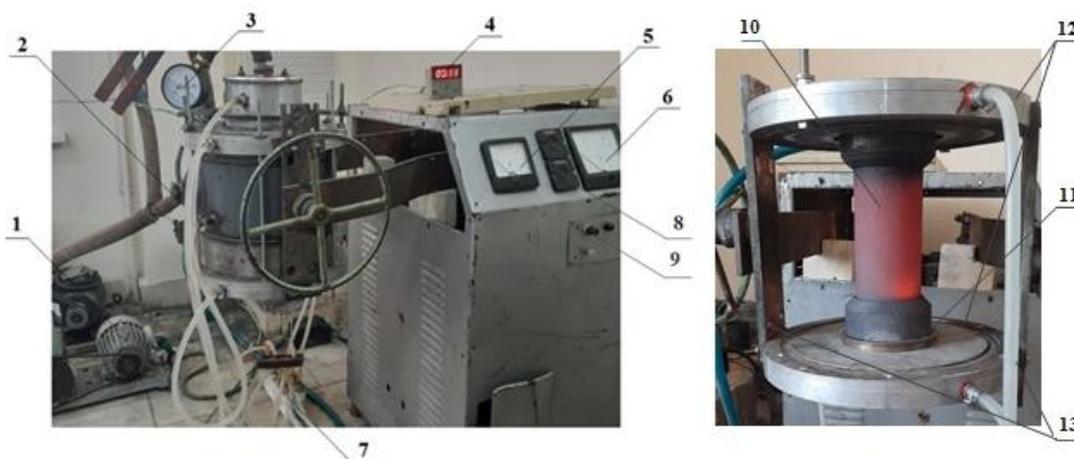
Как видно из этого графика, резкое увеличение удельного электрического сопротивления образца наблюдалось в диапазоне содержания каолина от 1 до 5%, а при 10...25% увеличение удельного электрического сопротивления выборки несколько снизился. Полученные экспериментальные результаты показывают, что увеличение количества каолина в составе углеродных материалов обеспечивает высокое их удельное электрическое сопротивление. Этот показатель увеличивается до тех пор, пока удельное электрическое сопротивление углеродных материалов не достигнет удельного электрического сопротивления каолина.

По результатам исследований был изготовлен угольный нагревательный элемент с внешним диаметром 96 мм, внутренним диаметром 76 мм и высотой 240 мм в порядке, указанном в разделе 3.1, с целью изучения способности углеродного материала для работы в реальных условиях эксплуатации на основе состава, разработанного на базе местного сырья.

Нами проведена аттестация изготовленного нагревательного элемента в специальной лабораторной печи, работающей на основе электрического сопротивления в АО «НПО по производству редких металлов и твердых сплавов» при АО «Алмалыкский ГМК» (рис. 5).

В ходе испытаний мы сравнили физико-механические свойства нагревательного элемента путем сравнения физико-механических свойств углеродного нагревательного элемента МПГ, который в настоящее время используется в специальной лабораторной печи на АО «НПО по производству редких металлов и твердых сплавов» при АО «Алмалыкский ГМК».

Специальная лабораторная печь предназначена для нагрева образцов, приготовленных методом порошковой металлургии, в условиях высокого вакуума или защитного газа до температуры 2000°C. Внешняя часть печи изготовлена из двухслойных стальных листов, которые постоянно охлаждаются проточной водой между листами, чтобы печь не перегревалась.

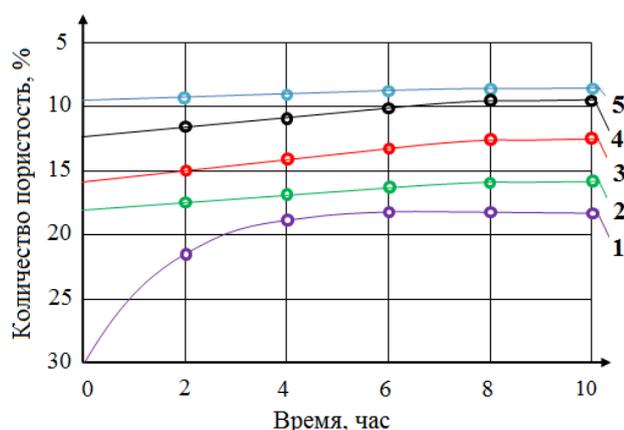


1 – вакуумный насос; 2 – термопара; 3 – манометр; 4 – термодатчик; 5 – амперметр; 6 – вольтметр; 7 – система охлаждения; 8 – автомат; 9 – тиристорный блок; 10 – испытуемый образец; 11 – бронзовый контакт; 12 – радиатор; 13 – датчик тока.

**Рис. 5. Нагрев в специальной лабораторной печи и проверка физико-механических свойств материала**

В четвертой главе диссертации под названием «**Разработка технологии графитации углеродных материалов, полученных из местного сырья**», разработана технология графитизации аморфного углерода исследуются образцы и процесс графитизации, определяется влияние времени и температуры на приведены степень графитации, удельное электрическое сопротивление, коэффициент трения скольжения, коэффициент линейного расширения под действием температуры, сведения о проведении процессов испытаний на термостойкость и химические свойства, аттестации графитовых деталей путем сравнения их в условиях эксплуатации.

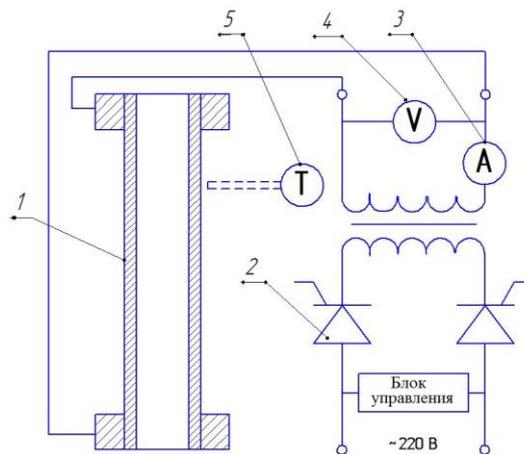
Полученные экспериментальные результаты по изменению величины остаточной пористости углеродных образцов в зависимости от продолжительности времени выдержки на каждой стадии процесса выдержки представлены графически на рис. 6.



**Рис. 6. График изменения величины пористости в зависимости от времени процесса замачивания образцов**

Полученные экспериментальные результаты показали, что при первом пропитывании образца углерода с исходной остаточной пористостью 30% остаточная пористость уменьшалась от 30 до 18% в зависимости от времени выдержки, при этом снижение величины исходной остаточной пористости и последующие пропитки также приводили к снижению емкости угольного образца, например, при последней пропитке образца с исходной остаточной пористостью 8% при не менее 1% растворенной мелассы снижала остаточную пористость с 8% до 7% .

Электрическая схема печи, разработанной для графитизации образцов, представлена на рис. 7.



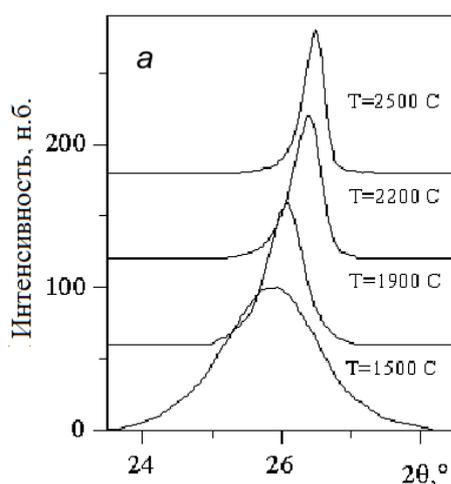
**1 - образец ; 2 - тиристор; 3 – амперметр; 4 – вольтметр; 5 - термопара.**

**Рис. 7. Схематическое изображение процесса графитизации.**

Для определения степени графитизации образцов аморфного углерода из графитизированных образцов вырезали фрагменты и анализировали их структурно-фазовый состав на рентгеновском дифрактометре (XRD) «MiniFlex 600». На рис. 8 представлены максимумы дифракционных профилей кристаллографических плоскостей 002 исследуемых образцов углерода.

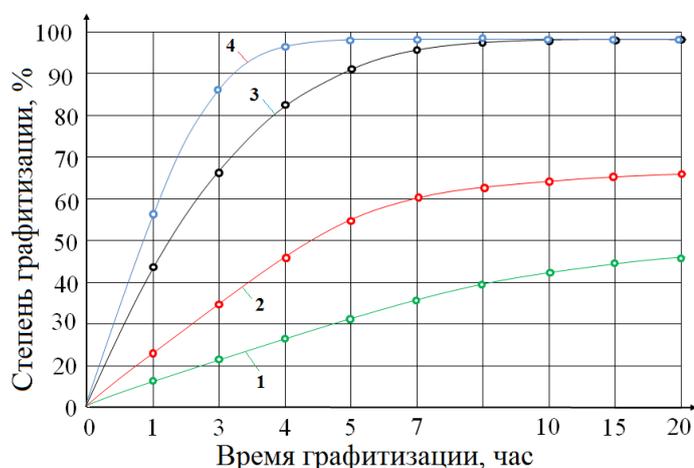
При этом  $\beta$ -интегральная ширина дифракционной линии (002) уменьшалась с 1,56 до 0,2° при повышении температуры обработки.

Изменение интегральной ширины в этом порядке связано прежде всего с изменением среднего размера областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей в сторону направления  $L_c$  - кристаллографической оси "с", а с повышением температуры обработки,  $L_c$  постепенно увеличивалась на 5 нм при температуре 1500 °С и на 45 нм при температуре 2500 °С. С повышением температуры обработки размеры областей когерентного рассеяния увеличивались, а центр дифракционных профилей кристаллографических плоскостей (002) смещался вправо (большие углы) (рис. 8). Это связано с тем, что расстояние между кристаллографическими плоскостями  $d_{002}$  уменьшается с 0,344 нм при температуре 1500 °С до 0,33 нм при температуре 2500 °С.



**Рис. 8. Дифракционные профили образцов углерода, линия (002) подвергнутых процессу графитизации при разных температурах**

Данные, полученные при обработке результатов количественного рентгеноструктурно-фазового анализа образцов, подвергнутых процессу графитизации при разных температурах и в разные промежутки времени в относительных единицах, представлены графически на рис. 9.

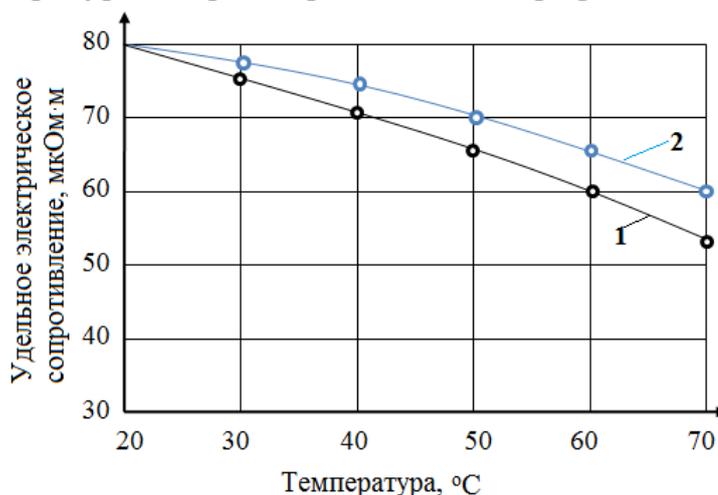


1 – 1600 °С; 2 – 1800 °С; 3 – 2200 °С; 4 – 2500 °С.

**Рис. 9. Влияние продолжительности процесса спекания на степень графитизации аморфного углерода**

Согласно полученным экспериментальным результатам, степень графитации образцов аморфного углерода возрасла от 0% до 98% с увеличением температуры процесса графитизации и времени выдержки при этой температуре. Например, степень кристаллизации образца, прошедшего процесс графитизации в течение 20 часов при температуре 1800 °С, составила 66%, а при температуре 2200 °С этот результат был достигнут в течение 1,5...3 часов.

Определено удельное электрическое сопротивление образцов графита в зависимости от температуры. Удельное электрическое сопротивление образцов графита, полученных из местного сырья и произведенных в России, измеряли по методике, приведенной в разделе 2.2.1. На основании полученных экспериментальных результатов полученные данные по изменению относительного электрического сопротивления образцов при повышении температуры нагрева представлены графически на рисунке 10.



1 – графит, полученный из местного сырья; 2 – графит марки ЭГ-14.

**Рис. 10. Изменение удельного электрического сопротивления образцов графита с повышением температуры**

Полученные экспериментальные результаты показывают, что с увеличением температуры, действующей на образцы графита, их относительное электрическое сопротивление уменьшалось (рис. 10). Например, удельное электрическое сопротивление образца 1 уменьшилось с 80 мкОм·м до 68 мкОм·м в диапазоне от 20 °С до 70 °С, а образца 2 — с 80 мкОм·м до 53 мкОм·м.

Анализ полученных результатов показывает, что удельное электрическое сопротивление графита, полученного на основе ферганского коксо-патотного вяжущего, очень мало отличается от удельного электрического сопротивления графита ЭГ-14, широко применяемого в электротехнических областях.

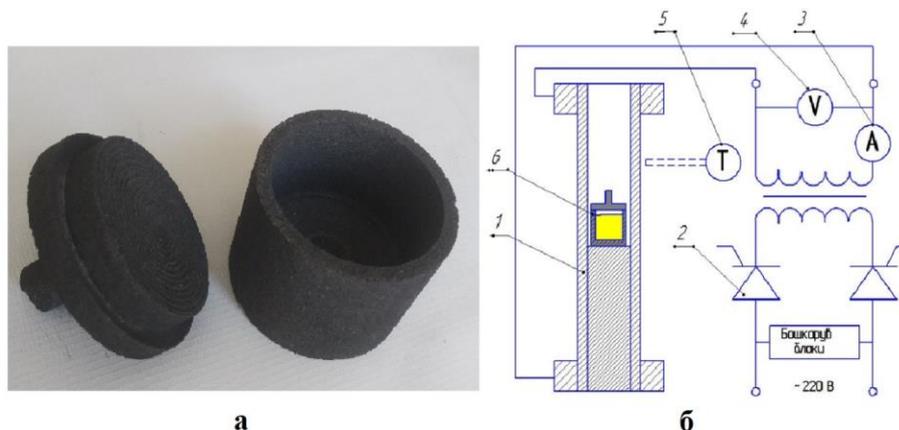
Для определения взаимодействия образцов графита с жидкими металлами сталь марки 3 расплавляли в графитовом тигле с внешним диаметром 60 мм, внутренним диаметром 40 мм и высотой 55 мм при температуре 1600 °С. и сравнили с тиглем марки ЭГ-14 российского

производства на 8 часов в вакуумной среде. Химический состав сплава стали марки 3 представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав марка сталь 3, %								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
0,14-0,22	0,15-0,3	0,4-0,65	<0,05	<0,05	< 0,3	< 0,3	< 0,3	остальные

Изображение тигля и электрическая схема печи, используемой для проведения процесса испытаний, показаны на рисунке 11.

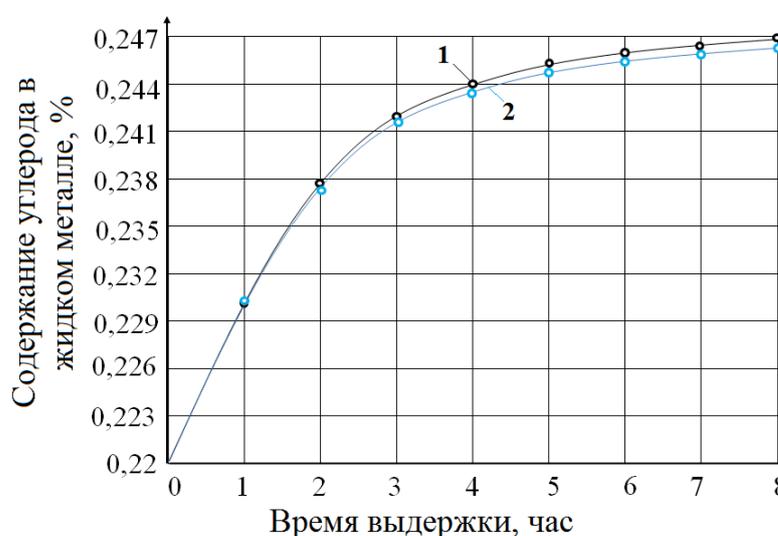


а – тигель; б - электрическая схема печи.

1 - образец; 2 - тиристор; 3 – амперметр; 4 – вольтметр; 5 - термопара; 6 – тигель.

Рис. 11. Схема прибора для определения взаимодействия графита с жидкими металлами.

Изменение количества углерода, перешедшего в состав жидкого металла при контакте с образцом графита, полученное по результатам химического анализа, проведенного на спектрометре WLC-3, представлено графически на рисунке 12.



1 – графитовый тигель, полученный из местного сырья;  
2 – графитовый тигель ЭГ-14.

Рис. 12. Влияние времени выдержки на содержание углерода в расплаве стали 3. при плавке в графитовых тиглях

Полученные экспериментальные результаты показывают, что с увеличением продолжительности процесса увеличивается и переход углерода в образец тигля в жидкий металл в результате химического воздействия (рис. 12). Например, образец 1, находившийся в контакте с графитовым образцом в течение 8 часов при температуре 1600 °С, имел содержание углерода 0,027%. 2 – образец 0,026% углерода перешел в жидкометаллическую композицию, которая находилась в контакте с графитовым образцом в течение 8 часов при температуре 1600 °С. При сравнении графитовых тиглей химическим анализом было установлено, что количество углерода, перешедшего в жидкий металл в результате химической реакции, было на 0,001% больше, чем в образце 1, полученном из местного сырья, и образце 2, изготовленном в России, марка ЭГ-14.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований по диссертации доктора философских наук (PhD) на тему «Разработка технологии получения углеграфитовых материалов для областей электротехники и металлургии на основе местного сырья» представлены следующие выводы:

1. Установлено, что нефтяной кокс, производимый на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе марки КПС-1 марки 1300 °С, пригоден для получения углеграфитовых материалов. В результате открылось возможность получения углеграфитовых материалов на основе местного сырья для электротехнической и металлургической отрасли.

2. Изучены кинетические основы объемных и структурно-фазовых превращений, происходящих в мелассе, вторичном сырье АО «Хорезмский сахар», при ее обработке при температуре 1300 °С. Технология коксования мелассы разработана на кинетической основе структурно-фазового превращения.

3. Установлено, что меласса, полученная в процессе производства сахара на АО «Хорезмский сахар», пригодна для получения углеграфитовых материалов. В результате на базе местного сырья открылась возможность использования сырья, необходимого для получения углеграфитовых материалов для электротехнической и металлургической промышленности.

4. Путем определения относительного электрического сопротивления образца, нагретого с разным количеством нефтяного кокса и мелассы, установлено, что электрическое сопротивление образца составляет 590 мкОм·м при содержании мелассы 20% и не изменяется при дальнейший увеличение мелассы. В результате удалось получить искусственный графит для электротехнической и металлургической областей из углеродного материала с высокими физическими свойствами.

5. Экспериментально установлено, что удельное электрическое сопротивление образцов, содержащих 62% нефтяного кокса, 20% мелассы и 18% каолина, после нагрева увеличилось с 590 мкОм·м до 780 мкОм·м. Открыта возможность использования аморфного углеродного материала,

полученного на основе разработанной технологии, в качестве нагревательных элементов, работающих при температуре до 2000 °С.

6. Путем графитизации аморфных углеродных материалов, содержащих кокс и мелассы, получен графитовый материал с удельным электрическим сопротивлением 80 мкОм·м и коэффициентом трения скольжения 0,16. В результате из полученного графитового материала стало возможным производить изделия, используемые в электротехнической и металлургической областях.

7. В результате изучения взаимодействия тигля из углеграфита с жидкими металлами экспериментально установлено, что в состав жидкой стали ст 3 при температуре 1600 °С в течение 8 часов перешло 0,027% углерода. В результате появилась возможность использовать углеграфитовые материалы в качестве тигля для плавления сталей.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04. ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY**

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**UBAYDULLAEV MAMASIDIK MAKHAMMATSOLIEVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING CARBON-  
GRAPHITE MATERIALS FOR THE ELECTRICAL AND  
METALLURGICAL INDUSTRIES BASED ON LOCAL RAW  
MATERIALS**

**05.02.01** – Material science in mechanical engineering. Foundry production. Thermal and pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, nonferrous and rare metals. Technology of rare, noble and radioactive elements (directions foundry production and metal processing)

**ABSTRACT**  
**of thesis of doctor of philosophy (phd) in technical sciences**

**Tashkent – 2022**

**The theme of doctoral dissertation (PhD) in technical sciences is registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.4.PhD/T725.**

The doctoral dissertation is made in the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) and on the Information of the Educational Portal “ZiyoNet” ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Karimov Shoirdjan Akhralovich**  
candidate of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Dunyashin Nikolai Sergeevich**  
doctor of technical sciences, professor

**Mamarakhimov Khamza Mamadjanovich**  
candidate of technical sciences, docent

**Leading organization:**

**Andijan machine building institute**

The defense will take place « 26 » november 2020y at 14<sup>00</sup> at the meeting of scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at Tashkent State Technical University located at 2, University street, Tashkent, 100095. Tel/fax No (99871) 227-10-32, E-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Tashkent State University (registration number 276). (Address: 100095, st. University 2, Tashkent Tel/Fax: (99871) 246-46-00).

Abstract of dissertation sent out on « 10 » november 2022y.  
(mailing report № 152 on « 03 » november 2022y).

**K.A.Karimov**

Chairman of scientific council for  
awarding degree,  
doctor of technical sciences, professor

**Sh.B.Tashbulatov**

Scientific secretary of scientific council  
for awarding degree, doctor of philosophy technical sciences

**N.D.Turakhodjayev**

Chairman of scientific council seminar at the  
Scientific Council for the awarding academic degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## **INTRODUCTION (Doctor of Philosophy (PhD) dissertation abstract in technical sciences)**

**The purpose of the study.** Development of technology for obtaining carbon and carbon graphite materials for electrotechnical and metallurgical industries based on carbon-rich local raw materials.

### **Research objectives:**

Development of a domestic carbon-rich raw material base that allows obtaining carbon-based materials and development of coking technology on the kinetic basis of their structural phase change;

Development of the optimal composition of the heating element used for metallurgical industries from carbon materials obtained based on local raw materials and determination of the effect on the physical-mechanical and operational properties of the material;

Development of technology for obtaining carbon-based heating elements operating at high temperatures based on new content from local raw materials and determining their effect on physical properties in operational conditions.

Development of graphitization technology of carbon-based materials obtained based on local raw materials on the kinetic basis of volume and structural phase changes.

Conducting tests of graphite materials obtained based on local raw materials in the fields of electrical engineering and metallurgy and, based on the results of the tests, determining their technical and economic efficiency in using them in their fields.

**The object of the research** is an electric brush based on carbon graphite and a heating element working on electrical resistance.

### **The scientific novelty of the research:**

Coking technology was developed on the kinetic basis of volume and structural phase changes occurring in molasses, a secondary raw material of JSC "Khorazm Sugar" by processing it at high temperatures;

A carbon-based material with an electrical resistance of  $780 \mu\Omega \cdot m$  was developed based on a new composition of 62% petroleum coke, 18% kaolin, and 20% molasses;

Based on the developed composition, a technology for obtaining carbon-based heating elements capable of heating up to a temperature of  $2000 \text{ }^\circ\text{C}$  due to high physical and mechanical properties and electrical resistance was developed for furnaces;

Graphitization technology was developed on the kinetic basis of volume and structural phase changes occurring in carbon material containing 80% petroleum coke and 20% molasses by high-temperature treatment;

Based on the graphitization of the carbon material containing 80% petroleum coke and 20% molasses, the electric brush extraction technology for the electrical engineering field with a specific electrical resistance of  $80 \mu\Omega \cdot m$  and a sliding friction coefficient of 0.16 was developed.

**Implementation of research results.** Based on the results obtained on the development of the technology for obtaining carbon graphite materials for the electrical engineering and metallurgical industries based on local raw materials:

the technology of obtaining carbon-based materials was introduced (“Almalyk KMK” JSC reference №AA-004270 dated June 10, 2022). As a result of the implementation of the technology, it was possible to obtain a carbon heating element with 25...30% economic efficiency compared to the furnaces operating due to electric resistance;

A new "Petroleum coke, molasses, kaolin" composition of carbon-based material with high specific electrical resistance was implemented into production (Reference №AA-004270 dated June 10, 2022, of “Almalyk KMK” JSC). As a result of the implementation of the content, it was possible to increase the level of the electrical load transmitted to the material by 1.5...2.0 times;

The technology of obtaining graphite-based materials was implemented ("Almalyk KMK" JSC reference №A-004270 dated June 10, 2022). As a result of the implementation of the technology, the cost of obtaining graphite-based electrotechnical materials was reduced by 2.0...2.5 times, and the energy consumption in production was reduced by 1.3...1.5 times.

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**  
**Список опубликованных работ**  
**List of published works**

**I-бўлим (I-часть; I-part)**

1. M.M.Ubaydullayev., Sh.A.Karimov.,Sh.M.Shakirov., R. Qudratov., G'.M. Parmonov. Use of Carbon Materials as a Heating Element. European multidisciplinary journal of modern science. Vol. 6, Issue 8, June 2022. -pp. 671-677. (Impact Factor: SJIF 2022 = 7.85)
2. Убайдуллаев М.М., Шакиров Ш.М., Усмонов Ж.М., Пармонов С.Т. Электр двигателларда қўлланиладиган углеграфитли материалларни ишлаб чиқариш технологиясини таҳлил қилиш. // “Композит материаллар” Илмий техникавий ва амалий журнали. –Тошкент. №3/2021. 103-107 б. (05.00.00; №13).
3. М.М.Убайдуллаев., Ш.А. Каримов., Ш.М. Шакиров., Ғ.М. Пармонов. Углерод асосли материалларни солиштирма электр қаршилиги ва ишқаланиш коэффициентини аниқлашнинг инновацион усуллари. Машинасозлик илмий техник журнали. Андижон 2022 йил №1 сон. 9-14 б. (ОАК нинг 2021-йил 30-декабрдаги 310/10-сон қарори)
4. Убайдуллаев М.М., Шакиров Ш.М., Каримов Ш.А. Маҳаллий хом ашё асосида олинган аморф углеродли материалларни графитлаш технологиясини ишлаб чиқиш. // “Композит материаллар” Илмий техникавий ва амалий журнали. –Тошкент. №3/2022. 112-115 б. (05.00.00; №13).

**II-бўлим (II-часть; II-part)**

5. Shakirov Sh., Allanazarov A., Ubaydullayev M., Egamberdiyev B. Determination of the effect of temperature on the graphitization process of amorphous carbon materials. International Conference on Advance Research in Humanities, Applied Sciences and Education Hosted from New York, USA. August 28th 2022. 284-288 б.
6. Убайдуллаев М.М, Шакиров Ш.М., Бекиев М.А. Маҳаллий хом ашё асосида углеграфитли материаллар олиш истиқболлари //«Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция, Андижон ш. 2020 й., 395-403 б.
7. Убайдуллаев М.М, Шакиров Ш.М., Бегматов Д.К. Metallurgy соҳаларида қўлланиладиган углеграфитли материалларни маҳаллий хом ашёдан олиш.// “Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергия тежамкор инновацион технологиялар” мавзусидаги халқаро миқёсидаги илмий ва илмий-техник анжуман. Тошкент шаҳар, 2021 йил 13-15 апрел, 307-372 б.

8. Убайдуллаев М.М., Ш.А.Каримов., Шакиров Ш.М., Пармонов С.Т. // Электр чўтка намуналарини солиштирма электр қаршилигини ўлчашнинг инновацион усули. “Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар” мавзусидаги Халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник анжуман .Тошкент шаҳар 2022 йил 23-24 март.439 – 441 б.
9. Убайдуллаев М.М., Ш.А.Каримов., Шакиров Ш.М., Б.Р. Эгамбердиев. Маҳаллий хом ашё асосида углеграфитли материалларни олиш. // “Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар” мавзусидаги Халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник анжуман .Тошкент шаҳар 2022 йил 23-24 март. 137 – 140 б.
10. Убайдуллаев М.М., Ш.А.Каримов., Н.А. Хусанов. Силицидланган графитни замонавий технологияларда қўлланилиши. // “Қуймакорлик ишлаб чиқариш соҳасида ресурс ва энергиятежамкор инновацион технологиялар” мавзусидаги Халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник анжуман .Тошкент шаҳар 2022 йил 23-24 март. 113 – 115 б.
11. М.М.Убайдуллаев., Ш.А. Каримов., Ш.М. Шакиров., Ғ.М. Пармонов. Углерод асосли намуналарни солиштирма электр қаршилигини юқори аниқликда ўлчаш методикаси. Андижон машинасозлик институти” Янги турдаги муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг инновацион ечимлари ва улардан фойдаланишда тежамкор қурилмаларни қўллаш” республика миқёсдаги илмий – техник анжуман. Андижон ш. 2022 йил 29 – апрел, 341 – 344 бетлар
12. М.М.Убайдуллаев., Ш.А. Каримов., Ш.М. Шакиров., Ғ.М. Пармонов. Нефт кокси асосли углеродли материалларни солиштирма электр қаршилигига меласса миқдорини таъсирини татқиқ қилиш. // Машинасозликда фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг интеграцияси: тенденциялар, муаммолар ва ечимлар. // Республика миқёсдаги илмий ва илмий-техник конференция материаллари тўплами.-Тошкент. ТДТУ, 2022 йил 19 май 204.-206 б.
13. М.М.Убайдуллаев., Ш.А. Каримов., Ш.М. Шакиров., Ғ.М. Пармонов. Углеродли материалларни механик хоссаларига меласса миқдорини таъсирини татқиқ қилиш. // Машинасозликда фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг интеграцияси: тенденциялар, муаммолар ва ечимлар.// Республика миқёсдаги илмий ва илмий-техник конференция материаллари тўплами.-Тошкент. ТДТУ, 2022 йил 19 май 208.-210 б.