

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

БАБАХАНОВА ЗЕБО АБДУЛЛАЕВНА

**КАМЁБ ЕР ЭЛЕМЕНТЛАР, ГРАФИТ ВА ТАЛЬКЛИ ХОМАШЁЛАР
АСОСИДА ОЛОВБАРДОШ МАТЕРИАЛЛАР ВА КОМПОЗИТЛАР
ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИНГ ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИ**

**02.00.15 - Силикат ва қийин эрийдиган нометалл
материаллар технологияси**

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

Тошкент - 2019

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)

Content of the abstract of dissertation Doctor of science (DSc)

Бабаханова Зебо Абдуллаевна

Камёб ер элементлар, графит ва талькли хомашёлар асосида оловбардош материаллар ва композитлар ишлаб чиқаришнинг технологик асослари

3

Бабаханова Зебо Абдуллаевна

Технологические основы производства огнеупорных материалов и композитов на основе редкоземельных элементов, графита и талькосодержавшего сырья.....

27

Babakhanova Zebo Abdullaevna

Technological fundamentals of refractory materials and composites production based on rare earth elements, graphite and talc-containing raw materials.....

51

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....

55

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.04.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

БАБАХАНОВА ЗЕБО АБДУЛЛАЕВНА

**КАМЁБ ЕР ЭЛЕМЕНТЛАР, ГРАФИТ ВА ТАЛЬКЛИ ХОМАШЁЛАР
АСОСИДА ОЛОВБАРДОШ МАТЕРИАЛЛАР ВА КОМПОЗИТЛАР
ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИНГ ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИ**

**02.00.15 - Силикат ва қийин эрийдиган нометалл
материаллар технологияси**

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

Тошкент – 2019

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.3.DSc/T166 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (рус, ўзбек, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tkti.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Арипова Мастура Хикматовна
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Гуламова Дилбар Джураевна
кимё фанлари доктори, профессор

Атакузиев Тимур Азимович
техника фанлари доктори, профессор

Искендеров Ахмед Максетбаевич
техника фанлари доктори

Етакчи ташкилот:

Тошкент давлат техника университети

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги илмий даражалар берувчи DSc 27.06.2017.Т.04.01 рақамли илмий кенгашнинг «20» июль 2019 йил соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 224-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (79 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳри, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (99871) 244-79-21.

Диссертация автореферати 2019 йил «06» июль куни тарқатилди.

(2019 йил «17» июндаги 2 рақамли реестр баённомаси).

С.М.Турабжанов

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

А.С. Ибодуллаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби, т.ф.д., проф.

М.Ю.Юнусов

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

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Ҳозирги кунда дунё бўйича оловбардош материаллар кимё, металлургия, машинасозлик, самолётсозлик, космонавтика, ички ёнув двигателлари, озик-овқат, нефт-газни қайта ишлаш ва бошқа саноат соҳаларида кенг кўламда қўлланилмоқда. Шу билан бирга оловбардош материалларнинг юқори ҳарорат, динамик кучлар, органик ва ноорганик эритувчиларга, юқори босимга чидамли наноструктурага эга бўлган янги таркиби ва олиш технологияларини яратиш алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Бугунги кунда жаҳонда юқори эксплуатация кўрсаткичларга эга оловбардош маҳсулотлар олиш усулларининг илмий асосларини яратиш, уларнинг хомашёларини физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш, ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш, турли таркибли оловбардош ва композицион материаллар синтез қилиш ва ишлатиш соҳаларини кенгайтириш, шлаклар таъсирга чидамли маҳсулот олиш, оловбардош маҳсулот ишлаб чиқаришда саноат чиқиндиларидан амалий фойдаланиш усулларини ишлаб чиқиш каби устувор йўналишларда илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Мамлакатимизда машинасозлик, металлургия ва кимё саноати соҳаларида янги инвестицион лойиҳалари амалга оширилиши Тошкент металлургия заводи, ҳамда маҳаллий хомашё асосида оловбардош маҳсулотлар ишлаб чиқариш учун «Сурхонкерамикс» корхонасининг ишга туширилиши, ишлаб чиқариш маҳсулотларини кўпайтириш, технологик жараёнини такомиллаштириш, ишлаб чиқарилаётган оловбардош маҳсулот сифати ва миқдорини ошириш, хомашёни янги захираларини яратиш борасида бир қанча ишлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «маҳаллий хомашё ва иккиламчи ресурслардан импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар олиш технологияларини яратиш»¹ вазифаси белгилаб берилган. Бу борада, жумладан, оловбардош маҳсулотлар учун маҳаллий хомашёларнинг янги захираларини очиш, уларни қайта ишлаш учун замонавий технологияларни жорий этиш, юқори оловбардош ва керамик композицион маҳсулотлар олишни илғор усулларини яратишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар алоҳида аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил февралдаги ПФ-2298-сон «2015-2019 йилларда тайёр буюм, бутловчи маҳсулот ва материалларни маҳаллийлаштириш дастури тўғрисида»ги, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ҳамда 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сон «Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида»ги фармонлари, мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий

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

хужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи². Камёб ер элементлар, графит ва талькли хомашёлар асосида оловбардош материаллар ва композитлар олиш технологиясини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, The Refractories Institute, California Institute of Technology, SGS, (АҚШ), MBE Coal and Minerals Technology GmbH (Канада), University of Padova (Италия), University of Chemical Technology and Metallurgy (Болгария), Beijing University of Technology, Wuhan University of Science and Technology, Xi'an University of Architecture and Technology (Хитой), Graphite India Limited, Nippon Graphite Industries Co. Ltd. (Индия), Seoul National University, Korea Polytechnic University (Корея), Riga Technical University, Institute of Silicate Materials (Латвия), Ural State Mining University, NITU MISiS, Россия кимё-технология университети, НИИ Графит (Россия), «Физика-қуёш» Материалшунослик институти, Умумий ва ноорганик кимё институти, Тошкент кимё-технология институтларида (Ўзбекистон).

Оловбардош материал ва композитлар ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштиришга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор илмий натижалар олинган, жумладан: юқори оловбардош алюмопериклаз, циркон, магнезиал, динас, кремний карбид материаллар яратилган (The Refractories Institute, АҚШ), графит, каолин, тальк ва бошқа керамик қўшимчалар билан мустаҳкамлашган композитлар олиш усуллари ишлаб чиқилган (California Institute of Technology), камёб ер металл асосида металл-керамик композитлар яратилган (University of Chemical Technology and Metallurgy, Болгария), кремнийорганик бирикмалар ва актив қўшимчалар асосида замонавий «Active-Filler-Controlled Pyrolysis» (AFCOP) йўналтирилган пиролиз усуллари ишлаб чиқилган (University of Padova, Италия), графитнинг бойитиш технологиялари такомиллаштирилган (НИИ Графит, Россия; Graphite India Limited, Nippon Graphite Industries Co. Ltd., Индия), маҳаллий хомашёлар асосида динас ва муллитли оловбардош материаллар ишлаб чиқариш технологияси такомиллаштирилган (Умумий ва ноорганик кимё институти, Тошкент кимё-технология институти, Ўзбекистон), қуёш энергияси печида ўта тозаланган ва бойитилган хомашёлар асосида қийин эрувчан бирикмалар, юқори механик ва термик хусусиятларга эга бўлган техник керамик материаллар олинган («Физика-қуёш» Материалшунослик институти, Ўзбекистон).

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи: www.elsevier.com, <https://www.ceramtec.com/>, <https://www.refractories-worldforum.com/>, <http://www.kopo.ac.kr>, <https://www.unipd.it/>, <http://northerngraphite.com>, <https://minerals.usgs.gov>, <http://www.infomine.ru>, www.akwauv.com ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

Дунёда оловбардош материал ва композитлар олиш таркиби ва технологиясини ишлаб чиқиш бўйича қатор устувор йўналишларда, жумладан, хомашё структура ва таркибига боғлиқ ҳолда флотация; кимёвий; термик; магнит; гравитацион бойитиш усуллари тақомиллаштириш; оловбардош маҳсулотлар ишлаб чиқариш; хомашё базасини кенгайтириш; иссиқлик ва кимёвий таъсирга бардошли; керамик композицион материаллар олиш таркиби ва технологик жараёнини ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Камёб ер элементлар, графит ва талькли хомашёлар асосида юқори самарадор оловбардош ва композитлар ишлаб чиқаришнинг замонавий технологиялари бўйича P.Colombo, R.Riedel, G.D.Soraru, E.Bernardo, L.Fiocco, G.Parcianello, E.Storti, P.Greil, W.E.Lee, S.Zhang, M.Karakus, X.Li, J.Luo, Y.Zhou, C.R.Ronda, J.Chen, Y.Liu, Guojun Gao, Ning Da, G.C.Hawley, W.S.Resende, E.C.Лукин, Н.А.Макаров, А.М.Чуклая, Н.Г.Гореева, И.Д.Кашеев, К.Г.Земляной, P.Crossley, S.Moores, Н.А.Taylor, Z.Genzhao, Г.Г.Крушенко, О.Е.Горлова, О.М.Смирнов, Е.Е.Каменева, Л.С.Скамницкая, В.П.Лузин, В.И.Верещагин, А.И.Александров, В.И.Брагина, Э.Д.Безуглов, Р.А.Хамидов, Н.Т.Ходжаев, А.М.Эргешов, М.Х.Хакбердиев, А.А.Исмаатов, М.Х.Арипова, А.А.Эминов, Р.И.Абдуллаева, З.Р.Кадырова, М.Хўжамбердиев, П.А.Арифов, К.Ф.Таджиев ва бошқалар илмий тадқиқотлар олиб борган.

Улар томонидан оловбардош маҳсулотлар ишлаб чиқариш учун хомашё базалари ва уларни бойитиш усуллари, минерал хомашё ва оловбардош кўшимчалар асосида анъанавий қаттиқ фазада пишириш усулида динас, юқориглинозёмли, шамотли, шпинелли, корундли оловбардош ва композитлар олишнинг технологик жараёнлари ишлаб чиқилган.

Шу билан бирга графит ва талькли хомашёлар базасини ўрганиш, уларни бойитиш бўйича, бойитилган хомашё ва саноат чиқиндилари асосида микро- ва наноструктуралари оловбардош керамик ва композицион материалларни, ҳамда йўналтирилган пиролиз усули асосида оловбардош ва люминесцент материаллар ишлаб чиқариш технологияси яратишга йўналтирилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг А12-ФҚ-1-10853 «Сурхондарё вилояти Рупат кони кварц-графит сланецлари асосида графитли керамик материаллар ишлаб чиқариш» (2012-2014 йй.) ва ОТ-А12-06 «Металлургия саноати учун юқори эффектив оловбардош композицион керамик материаллар яратиш» (2017-2018 йй.) амалий лойиҳалари доирасида амалга оширилган.

Тадқиқотнинг мақсади камёб ер элементлар, графит ва талькли хомашёлар асосида оловбардош материаллар ва композитларни олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

маҳаллий хомашёлар ва графит намоёндаларининг графитланган сланец-

ларини физик-кимёвий ҳоссалари ва тузилишини, ҳамда бойитиш усулларини тадқиқ қилиш;

графит- ва талькли керамик материал ва композитларнинг синтез жараёнларини, уларнинг структура, физик-кимёвий ҳоссаларини, ҳамда керамик маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг оптимал параметрларини аниқлаш;

кремнийорганик бирикмалар ёрдамида оловбардош керамик композитлар синтез қилиш жараёнларини ва камёб ер элементлар тутган люминесцент керамик материаллар синтезининг оптимал шароитларини аниқлаш;

синтез қилинган керамик материал ва композитларда таркиб-структура-ҳоссалар ўртасидаги корреляция қонуниятларини ўрганиш;

графит- ва талькли керамик материал ва композитларнинг синтез жараёнларини математик режалаштириш;

маҳаллий хомашёлар асосида янги оловбардош керамик материал олиш таркиби ва технологик жараёнини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти Ўзбекистон графитли хомашёси, бойитилган графит концентрати, тальк-магнезит, каолин, глинозёмли хомашё материаллари ва ишлаб чиқариш чиқиндилари, кремнийорганик бирикмалар, керамик ва композицион материаллар ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети тажриба керамик материаллар ва композитларнинг физик-кимёвий ҳоссалари ва структураси, графитли хомашёларни бойитиш жараёнлари, графит- ва талькли керамик материаллар ва камёб ер элемент тутган люминесцент материал олишда технологик кўрсаткичларни ишлаб чиқиш ва физик-кимёвий ҳоссалари ўзгариш қонуниятларини аниқлаш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Комплекс тадқиқот усуллари, жумладан кимёвий, микроскопик, термографик, рентгенографик, электрон-микроскоп, УВ-спектроскопик таҳлил усулларидадан фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

юқори оловбардошлик ва шлакка чидамли керамик материал ва композитлар олиш учун маҳаллий хомашёлар графит ва графитли сланецлар, Зинельбулок тальк-магнезитининг физик-кимёвий ва структуравий ҳоссалари ҳамда бойитиш технологиялари ишлаб чиқилган;

графитли сланецларнинг бойитиш даражаси ва тезлигига технологик омилларининг таъсири исботланган;

графит-керамик материалларни турли шароитларда синтез қилиш усуллари, синтез қилинган материаллар структураси ва ҳоссаларига компонентларнинг таъсири, юқори оловбардош ва шлакка чидамли керамик материаллар олишнинг мақбул шароитлари аниқланган;

маҳаллий хомашё ва оловбардош тўлдиргичлар асосида $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ системасида математик режалаштириш ёрдамида янги турдаги графит ва талькли керамик материалларнинг фазалар ҳосил бўлишига турли компонентларнинг корреляцион таъсири исботланган;

кремнийорганик бирикмалар ёрдамида «Active-Filler-Controlled Pyrolysis» (AFCOP) йўналтирилган пиролиз технологияси усулида техник ва оловбардош керамик материаллар олиш жараёнининг қонуниятлари ўрганилган ва илк бор бир босқичли технология бўйича камёб-ер элементлар тутган иккита спектр

диапазонда нурланувчи люминесцент материал олиш технологияси ишлаб чиқилган;

каолин-графит системасида муллитли оловбардош графиткерамик маҳсулотлар ишлаб чиқариш таркиби ва технологияси яратилган;

маҳаллий хомашёлар асосида оловбардош графиткерамик ва форстеритли маҳсулотлар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

маҳаллий графитли хомашёларни бойитишнинг самарали технологик кўрсаткичлари аниқланган ва Захчахона графитли хомашёсидан давлат андоза талабларига жавоб берадиган графит концентрати олинган;

маҳаллий хомашё ва саноат чиқиндилари асосида графиткерамик, шпинел-корунд ва форстеритли оловбардош керамик материаллар ишлаб чиқилган ва уларнинг юқори оловбардошлиги, ҳамда шлакга чидамлилиги исботланган;

оловбардош материаллар ишлаб чиқаришнинг самарадор технологик кўрсаткичлари аниқланган;

камёб-ер элементлар ва кремнийорганик бирикмалар асосида техник керамик материал ва композитларни самарали таркиблари ва ишлаб чиқариш технологияси яратилган;

маҳаллий каолин, тальк-магнезит ва графит асосида графиткерамик ва форстеритли оловбардош материаллар олишнинг самарали технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги таҳлилда фойдаланилган замонавий физик-кимёвий комплекс таҳлил усуллари, оловбардош материалларнинг давлат андоза талабларига асосан таҳлил қилиш усуллари, лаборатория-технологик ва ярим-саноат ишлаб чиқариш синовлари билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти графит- ва талькли керамик материал, ҳамда камёб ер металлари ва кремнийорганик бирикмалар асосида наноструктурали композитларни турли шароитларда синтез қилиш натижасида таркиб-структура-ҳосса ўртасидаги боғлиқликлар аниқлангани ва илмий, кимёвий, физик-кимёвий технологик тадқиқотлар тизимлаштирилганлиги, шунингдек, фаол тўлдиргичлар иштирокида йўналтирилган пиролиз усули билан юқори термик ва оптик хусусиятли композитлар олинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти Захчахона графитли хомашёлар асосида кондцион маҳаллий графит концентрати олинганлиги ва маҳаллий графит, тальк-магнезит ва каолин асосида оловбардош ва шлакка чидамли керамик материаллар, ҳамда техник наноструктурали композитларнинг самарадор таркиблари ва ишлаб чиқариш технологиясини ўз ичига олган энергия тежамкор технологиялари таклиф қилинганлиги ва графиткерамик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги. Графит ва талькли хомашёлар асосида оловбардош ҳамда шлакка чидамли материаллар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича илмий натижалар асосида:

маҳаллий хомашёлар асосида юқори оловбардош форстеритли ва графиткерамик маҳсулотлар олиш технологик шартлари «Узкимёсаноат» АЖ низомининг 67-бандига асосан «Огнеупор» савдо-саноат корхонаси томонидан тасдиқланган («Узкимёсаноат» АЖнинг 2014 йил 16 октябрдаги 114-сон буйруғи). Натижада маҳаллий хомашёлар асосида яратилган оловбардош форстеритли ва графиткерамик маҳсулотлар олиш имконини берган;

маҳаллий хомашё графитли сланецни бойитиш технологияси «Огнеупор» савдо-саноат корхонасида амалиётга жорий этилган («О‘зсаноатқурилишmateriallari» уюшмасининг 2019 йил 15 майдаги 03/06-358-сон маълумотномаси). Натижада хориждан олиб келинадиган графитли композицияни 100% алмаштириш имконини берган;

графиткерамик ва шпинел-корунд оловбардош материаллар таркиби ва олиш технологияси «Огнеупор» савдо-саноат корхонасида амалиётга жорий этилган («О‘зсаноатқурилишmateriallari» уюшмасининг 2019 йил 15 майдаги 03/06-358-сон маълумотномаси). Натижада графиткерамик ва шпинел-корунд материаллар асосида янги турдаги юқори оловбардош ва шлакка чидамли буюмлар ишлаб чиқиш имконини берган;

маҳаллий хомашёлар асосида графиткерамик маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологияси Фарғона вилояти «Мадаминов М.М.» ХТ ғишт ишлаб чиқариш корхонасида амалиётга жорий этилган («О‘зсаноатқурилишmateriallari» уюшмасининг 2019 йил 15 майдаги 03/06-358-сон; «О‘зқурилишmateriallariLITI» МЧЖ илмий-тадқиқот ва инжиниринг марказининг 2019 йил 24 майдаги 52-сон маълумотномалари). Натижада маҳаллий графит асосида олинган юқори оловбардош ва шлакка чидамли ғиштнинг тан нархини 6 баробар камайтириш ва ишлаш вақтини 1,5 баробар ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари маъруза кўринишида 9 та халқаро ва 15 та Республика илмий-техника анжуманларида апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларнинг эълон қилиниши. Ушбу диссертация мавзуси бўйича 48 та илмий иш чоп этилган бўлиб, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этилиши тавсия қилинган илмий нашрларда 13 та мақола, шундан 6 та республика ва 7 та чет-эл журналларида нашр қилинган. Халқаро ва республика илмий-амалий анжуманларида 35 та маъруза тезислари чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, етита боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат бўлиб, 186 босма матнда баён қилинган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ

Кириш қисмида диссертация ишининг долзарблиги ва зарурияти, мақсади ва вазифалари асосланган; объекти ва предмети белгиланган, республика фан ва технологияларни ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари, олинган натижаларнинг ишончлилиги, илмий ва амалий аҳамияти кўрсатилган, тадқиқот натижаларининг

амалиётга жорий қилиш ва чоп этиш, диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Адабиётлар шарҳи. Юқори самарадор оловбардош материал ва композитлар олишнинг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи бобида янги турдаги юқори самарадор керамик материаллар ва композитлар, хомашё материаллари ва функционал керамика ишлаб чиқаришнинг замонавий усуллари, ҳамда графитли рудалар ва уларни бойитиш усуллари бўйича адабиёт илмий-техникавий ва патент таҳлили келтирилган. Оловбардош материаллар ишлаб чиқариш янги юқори самарадорликка эга таркиблар ва энергия тежамкор технологияларни яратиш, хомашёларни юқори талабларга жавоб бериши ва бойитиш технологияларини ривожланиши, маҳсулот таркибида юқори миқдорда ўта тозаланган ва бойитилган хомашёлар, синтез қилинган қийин эрувчан бирикмалар, графит ва графитли материаллар қўшиш зарурлиги кўриб чиқилиган. Эълон қилинган ишларни таҳлил қилиш натижасида тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгиланган.

Диссертациянинг «**Аппаратура, оловбардош, композицион материаллар хоссаларини физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш, хомашёларни танлаш**» деб номланган иккинчи бобида оловбардош ва композицион материаллар синтез ва таҳлил қилиш методикалари келтирилган, хомашёларни танлаш бўйича маълумотлар берилган. Материаллар кимёвий-минералогик таркиби, структура ва физик-кимёвий хоссаларини аниқлашда комплекс тадқиқот усуллари, жумладан кимёвий, микроскопик, термографик, рентгенографик, электрон-микроскоп, УБ-спектроскопик таҳлил усуллари, ҳамда давлат андоза талаблари асосида анъанавий физик-техник синов тажриба методикалардан фойдаланилган.

Оловбардош шлакга чидамли материаллар олиш учун маҳаллий хомашёлар графитли сланецлар, Зинельбулоқ тальк-магnezити, Ангрен бойитилган каолини, ҳамда ноорганик қўшимчалар - куйдирилган периклаз ППЭ-87, электрокорунд, Шуртон газ-кимё мажмуасининг юқори глинозёмли чиқиндиси танланган. Йўналтирилган пиролиз усули асосида оловбардош ва люминесцент материаллар олишда кремний-органик бирикмалар ва реактив моддалардан фойдаланилган.

«**Ўзбекистон графит ва талькли хомашёларини ўрганиш**» деб номланган учинчи бобда Ўзбекистон графит- ва талькли хомашёларни ўрганиш натижалари келтирилган.

Ўзбекистон графитли сланец кони ва намоёндаларини асосий хусусиятлари. Ўзбекистонда қидирув ва геология тадқиқотлари асосида Тасказган кони ва 50 дан ортиқ графит намоёндалари аниқланган. Барча графит намоёндалари деярли ўрганилмаган.

Металлургия ва оловбардош ишлаб чиқаришлар талабига жавоб берадиган графит турларини топиш мақсадида Тасказган кони ва илгари ўрганилмаган Рупат, Заучак, Букантау ва Захчахона графитли хомашёлари тадқиқот объекти сифатида танланди.

Тасказган графит кони Навоий вилоятида жойлашган, таркиби бўйича оҳактошлар ўртасида жойлашган контакт ва қатламлараро габброид жинсларига таълуқли. Узунлиги 20-100 дан 600 метргача ва кучланиши 0,5-5 дан 60-90 метргача жинслардан иборат Тасказган кони графитлари майда заррачалиги

муносабати билан оловбардош маҳсулотлар ишлаб чиқариш саноати талабларига жавоб бермайди ва металлургия, қуйиш жараёнлари, электр-қўмир, электрод, кимё ва бошқа саноат соҳаларида қўлланиш учун тавсия этилади.

Букантау графит намоёндаси Навоий вилояти Марказий Қизиқумда жойлашган, таркиби бўйича кварц-серицит ва графит (2-5%) ҳамда доломитдан ташкил топган. Углеродли компонент тоғ жинсида майда дисперли аморф агрегатлар ва ингичка (0,001-0,03 мм) графит тангачалар шаклида учрайди. Графит кристаллари ўлчамлари оловбардош маҳсулот ишлаб чиқариш талабларига жавоб бермаслиги, лекин металлургия, қуйиш жараёнлари, мой-суртма ва бошқа материаллар тайёрлашда қўлланиши мумкинлиги аниқланган.

Рупат графит намоёндаси Сурхондарё вилоятининг Сариосиё туманида, Рупат ва Хурсандарё сув хавзалари, Сангардак қишлоғидан 6,5 км шимолда, Хўжаосман қишлоғидан 3,5 км жанубий-ғарбда жойлашган. Намоёнда кучланиши 2,5 м ва узунлиги 5 км ни ташкил этади. Графитланган тоғ жинслари турли микдорда графит тутган кварц-хлоритли плагиосланецлардан ташкил топган. Графит ўлчамлари 1 мм гача бўлган қатламли тангачасимон агрегатлар ва слюда кристаллари билан чегаралашган 0,001-0,1 мм ли майда тангачалар кўринишида учрайди. Графитни бойитиш учун флотацион жараён танланди.

Заучак графит намоёндаси Сурхондарё вилоятининг Сариосиё туманида, Дибадам қишлоғидан 9 км ва Рупат намоёндасидан 14 км узоқликда жойлашган. Графитнинг минерализацияси бир неча юз метрга тарқалган. Рупат каби Заучак намоёндаси юқори тоғли худудда жойлашган, лекин иқтисодий жihatдан Заучак истиқболли ҳисобланади. Аниқланган тоғ жинсларининг минералогик таркиби: кварц 70-95 %, плагиоклаз -15%, серицит-хлорит - 1-10 % ва графит 5 %.

Захчахона графит намоёндаси Қашқадарё вилоятининг Шахрисабз туманида, Захчахона тоғларининг жанубий ёнбағрида 2700 дан 3400 метргача абсолют баландликда жойлашган. Захчахона намоёндаси Гелен қишлоғи яқинида жойлашган ва Китоб темир йўл бекати билан боғланган. Намоёнда 3 км узунликдаги ўртача қалинлиги 145 м бўлган интенсив графитланган тоғ жинсларидан иборат бўлиб, марказий қисмида максимал қалинлик 450 м ташкил этади. Тадқиқотлар натижасига кўра бу намоёнда ўртача конлар турига (графитнинг прогноз ресурслари - 10,6 млн.т.) мансуб, руда таркибида графитнинг ўртача микдори 3,95 % ни ташкил этиб, бу турдаги хомашё учун саноат талабларига жавоб беради.

Тасказган кони, Рупат, Букантау, Заучак, Захчахона намоёндалари графитли сланецларининг кимёвий ва минералогик таркибининг ўрганиш натижасида уларни бойитиш усуллари ишлаб чиқилди.

Зинельбулоқ кони тальк-магнезити магнезиал хомашё сифатида керамик материаллар синтезида қўлланилган. Қорақалпоқ Республикасининг Қораузок ва Беруний туманларида жойлашган Зинельбулоқ кони тальк-магнезити захираси 200 минг тоннани ташкил этади. Тальк-магнезитнинг структурасидаги юқори ҳароратли ўзгаришларни аниқлаш мақсадида материал турли ҳароратларда қуйдирилган ва рентгенфазавий, ҳамда сканерли электрон-микроскопик (СЭМ) таҳлил ёрдамида ўрганилган.

СЭМ ёрдамида 1000°C да куйдирилган тальк-магнезитнинг ўрганиш натижасида темирнинг асосий қисми MgO билан магнезиовюстит таркибида боғлиқлиги, магнезиовюстит эриш ҳарорати 2500°C бўлганлиги учун материалнинг оловбардош ҳоссаларига салбий таъсири аниқланмади. Тальк-магнезитнинг бойитиш жараёни хомашёнинг қайтарувчи муҳитда 1000°C да куйдириш ва магнит бойитиш ёрдамида бажарилган, бойитилган тальк таркибида Fe₂O₃ миқдори 2,5 мас.% ташкил этиши аниқланган.

«Графитли сланецларнинг бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш» деб номланган тўртинчи бобда Рупат, Заучак ва Захчахона графитли сланецларининг бойитиш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган.

Рупат кварц-графитли сланецларнинг бойитиши. Рупат кварц-графитли сланецларни бойитиш учун флотация жараёни танланган. Флотация керосин, суюқ шиша, сосна ва солярка мойи, сульфат кислота ёрдамида бажарилган. Бойитиш натижасида агрегатлар ўлчамлари бошланғич рудага қараганда 8-10 мартаба майдалашган: графит концентратида кристалл ўлчамлари 0,00015 мм -0,05 мм лиги аниқланган. Концентратлар кул қолдиғи бўйича (40-60%) қуйиш жараёнда қўлланиладиган графит талабларига жавоб бериши аниқланган ва металлургия саноатида қўлланишга тавсия этилган.

Заучак кварц-графитли сланецларнинг бойитиши. Графитланган сланецнинг флотацион бойитиш натижасида металлургия қуйиш жараёнида қўлланиладиган графит концентрати (40% кул қолдиғи) олинган.

Хомашёни бойитиш натижасида ҳосил бўлган флото-чиқиндининг минералогик таркиби таҳлил қилинган ва уни керамик масса тошсимон компонентлари ўрнига қўшиш натижасида М150-маркали курилиш ғишти олиш технологияси ишлаб чиқилган. Флото-чиқиндиларни қўллаш чиқиндисиз технологияларни жорий этиш ва графит бойитиш корхоналари атрофида экологик ҳолатни яхшилашга имкон беради.

Захчахона графитли сланецларнинг бойитиш жараёни. Графитни бойитиш учун тўғридан-тўғри флотация жараёни танланган ва флотация жараёнига турли факторларнинг таъсири ўрганилган: муҳитнинг рН, депрессор, коллектор, кўпик ҳосил қилувчи миқдорлари, флотация давомийлиги, суспензияда қаттиқ модда миқдори; руда заррачаларининг ўлчамлари. Флотация жараёнининг оптимал параметрлари аниқланган: рН=8, керосин - 500 г/т, сосна мойи - 400 г/т; суюқ шиша 500 г/т, флотация давомийлиги - 10 мин, пульпада қаттиқ фаза миқдори - 10%.

Ишлаб чиқилган флотацион бойитиш схемаси асосида 25% кул қолдиғи бўлган графит концентрати (ГК-1) олинган, унинг кимёвий бойитиш натижасида кул қолдиғи 9,7 % бўлган графит концентрати олиниб (ГК-2 концентрати), ГОСТ 17022-81 талаблари бўйича бу ТГ-3 оловбардош тигел графити маркасига қўйиладиган талабларга жавоб бериши аниқланган (1-жадвал).

2-жадвалда келтирилган ГК-2 графит концентратининг гранулометриқ таркиби қуйидагича: йирик кристаллик фракциялар +500 -300, +300 -90 мк ГОСТ 17022-81 талаби бўйича ТГ-3 (тигел графити) (2-жадвал), майда кристалли фракциялари эса +90 -63, +63 -63 мк - ГЭ-3, ГЭ-4 (элемент графит), ҳамда ГЛ-1 дан ГЛ-3 гача (қуйма графит) маркаларига жавоб беради.

1-жадвал

Бойитилган графит концентрати (йирик кристаллик фракция) ва ГОСТ 17022-81 бўйича графит ТГ-3 тигел маркази хоссалари ва таркиби

Кўрсаткич номи	ГК-2 графит концентрати	ТГ-3 маркали графит
Кул миқдори, %	9,7	<10,0
Темирнинг миқдори, Fe ₂ O ₃ ҳисобида, %	0,3	<1,6
Учувчан модда миқдори, %	1,1	<1,5
№ 02 сеткада қолдиқ, % дан кам эмас	75	75
Намлик, %	0,2	1,0

2-жадвал

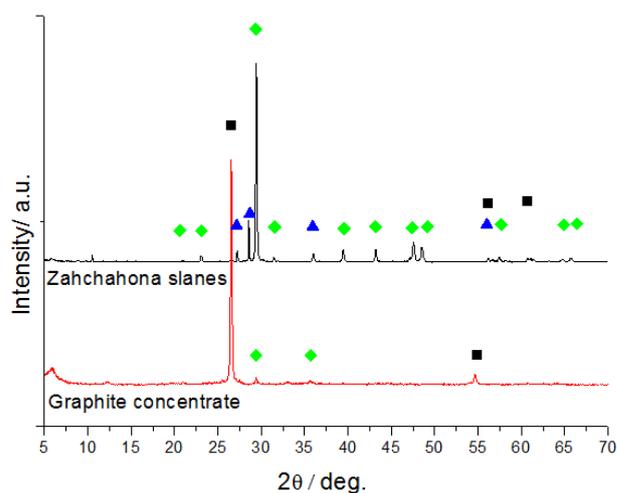
Графит концентрати гранулометрик таркиби

Фракция, заррача ўлчами, мк	Масса, г	Фракция массаси, %	С умумий миқдори, %	Фракциялар бўйича С миқдори, %
+500 -300	1,331	2,0	90,3	2,1
+300 -90	1,997	3,0	93,5	3,8
+90 -63	12,646	19,0	90,1	19,3
+63	16,640	25,0	89	24,6
-63	33,945	51,0	88	50,2
Жами	66,559	100	90,2	100

Графитнинг кристаллик даражасини аниқлаш ва концентратдаги аморф углерод миқдорини билиш учун рентгенграфик таҳлил усулидан фойдаланилган. Графитли сланец ва бойитилган графит концентрати рентгенографик таҳлили 1-расмда келтирилган: ГК-2 графит концентрати таркибида графит С - 90,3; кальцит CaCO₃ - 6,2 ва кварц SiO₂ - 3,5 мас.% мавжуд.

Графит элементар ячейкасининг ўрта арифметик ўлчамларининг: $\bar{a}=0,2467$ нм; $\bar{c}=0,6741$ нм адабиётда келтирилган маълумотлар билан солиштириш (№00-04101487, Match!

дастури картотекаси): $a=0,2470$ нм; $c=0,6724$ нм яхши корреляцияни кўрсатди: $\Delta a=0,0003$ нм; $\Delta c=0,0017$ нм. Бу эса ўз ўрнида ГК-2 концентратида графитнинг структураси юқори тартиблиги ҳақида маълумот беради.



◆ -кальцит, ▲ -кварц ■ -графит

1-расм. Графитли сланец ва бойитилган графит концентрат ГК-2 дифрактограммалари (Захчахона намоёндаси)

Натижада 1 кг графит концентрати олиш учун 1672 сум сарф этилган ва ушбу технология чет элдан импорт қилинаётган кристаллик графитдан 5,7 баробар иқтисодий самарадорлиги натижасида валюта миқдорини тежашга имкон берган.

«Графитли материаллар таркиби, хоссалари ва структурасини ўрганиш» деб номланган бешинчи бобда графитли керамик материаллар ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган.

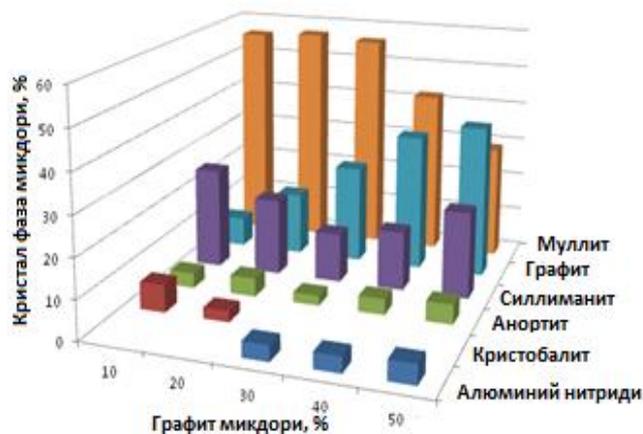
Каолин-графит системасида фазалар ҳосил бўлиш жараёнларини ўрганиш. Каолин-графит системасида юқори ҳароратли синтез давомида инерт азот муҳитида фазалар ҳосил бўлиш жараёнлари ўрганилган. Синтез қилинган материаллар физик-механик хоссалари керамик массанинг кимёвий таркиби билан боғлиқ ҳолда ўзгариши аниқланган: 40 мас.% дан юқори графит тутган таркиблар юқори ғоваклик ва сув ютувчанликга эга (5,8 дан 8,8% гача), бу эса композицияларнинг оловбардош ва шлакка чидамлик хоссаларига салбий таъсир кўрсатади.

Таркибида 5 дан 25 мас.% графит тутган керамик материаллар оптимал хоссаларга эга: ғоваклик 3,9 - 4,9 %; сув ютувчанлик - 1,6- 2,1 %, туюлувчан солиштирма оғирлик - 2,356 - 2,402 кг/м³.

Графит миқдори ўсиши билан моддаларда кристобалитнинг миқдори пасайиб (2-расм), муллитнинг миқдори ўсиши кузатилади. Аммо графитнинг миқдори 30 мас.% дан ошган ҳолда муллит ҳосил бўлиш жараёни кескин секинлашиб, силлиманит ҳосил бўлиши тезлашади.

Барча таркибларда асосий кристалл фаза сифатида муллит, силлиманит ва графит хизмат қилиб, кичик миқдорда анортит, кристобалит ва алюминий нитриди ҳосил бўлиши ҳам кузатилган. Графитни юқори миқдорда тутган таркибларда кучли қайтарувчи муҳит ҳосил бўлиши натижасида алюминий нитриди синтези намоён бўлади, бу эса муллит кристаллизация жараёнини секинлаштиради.

Термик ишлов беришнинг қисқа муддатли бўлганлиги муносабати билан (1 с.), намуналарда муллит ҳосил бўлиш жараёни тўлиқ ўтмайди ва баъзи қисми силлиманит ҳолатида кристаллизацияга учрайди. Ушбу хулосалар Н.Schneiderга маълумотлари билан ҳамохангдир, унга кўра Al-Si нинг турли миқдор нисбатларида муллит кристали $Al_2(Al_{2+2x}Si_{2-2x})O_{10-x}$ таркибли қаттиқ қотишма сифатида ҳосил бўлиши кузатилади, бу ерда x кўрсаткичи 0 дан 0,9 гача диапазонида ўзгариши мумкин (55 - 90 мол.% Al_2O_3). x=0 ҳолларда силлиманит кристалл фазаси; x=0,25 бўлган ҳолда – муллит $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ фазаси, x=0,4 ҳолатида - $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$ таркибли муллит фазаси кузатилади. Термик ишлов бериш жараёнини давомийлигини ошириш силлиманит кристалл панжарасининг муллит кўринишига ўтишига ёрдам беради.



2-расм. Синтез қилинган материалларда графит миқдори ўсиши билан муллит ва силлиманит фазалар миқдорини ўзгариши

Муллит ҳосил бўлиш жараёнининг ўрганиш натижасида синтез қилиш ҳарорати ва мухити билан боғлиқ ҳолда турли металл катионлари ва бошқа қўшимча атомларни муллит кристалл панжарасига бирикиши аниқланган. Ю.В.Пимков ва А.А.Бирюковага тадқиқотларига асосан, баъзи модификатор оксидлар муллит кристалланиш жараёнини жадаллаштириб, пастроқ ҳароратларда муллит ҳосил бўлишни таъминлайди. Муллитнинг ўзига ҳослиги бу унинг изоморф алмашинув натижасида қаттиқ эритмалар ҳосил қилиш имкониятини берувчи температурага чидамли нуқсонли структура тузилишидир. Бу фактор муллитли материалларнинг ишқорий ва ишқорий ер метал оксидлари тутган табиий хомашёлар асосида синтез қилинишида муҳим рол ўйнайди. Ушбу анъанавий ҳолда эритгич ҳоссаларга эга бўлган қўшимча оксидларни муллит кристалл структурасида боғлаш имкониятлари юқори сифатли оловбардошлар олишга имкон бериши аниқланган.

«Огнеупор» корхонасида намуналарнинг оловбардошлиги 1770 °С дан юқорилиги аниқланган ва уларнинг юқори оловбардошлиги тасдиқланган. Шлакка бардошлик 1500 °С ҳароратида Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати металлургик шлаки таъсирида ўрганилган, таркибида 5 - 15 мас.% графит тутган намуналар шлакка бардошлиги юқорилиги аниқланган ва оптимал деб танланган. Синтез қилинган графитли алюмосиликат материаллар қора ва рангли металллар куйишда қўлланадиган тигел ва махсус ғиштлар ишлаб чиқаришга тавсия этилган.

Тадқиқотларнинг кейинги босқичи маҳаллий бойитилган графит руда ва концентратлар асосида графитли материаллар синтези ва фазалар ҳосил бўлиш жараёнини ўрганишга бағишланган. Синтез жараёнлари ҳавода оксидланиш ва қайтариш мухитларида ўрганилган.

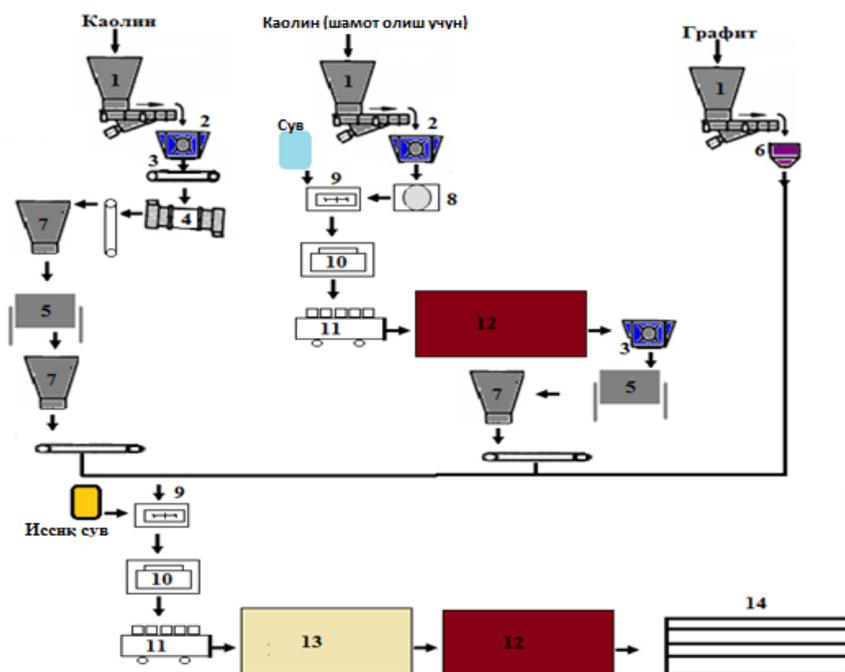
Каолин-графит системасида Рупат намоёндаси бойитилган графитли сланецлари асосида оловбардош материаллар синтези. АКФ-78 Ангрэн бойитилган каолини, Рупат намоёндаси бойитилган графитли сланецлари (массалар таркибида 10дан 50 мас.% гача) ва шамот асосида шамотли оловбардошлар синтез қилинган. Намуналар силит қиздиргичли лаборатория электр печида 1300 °С ҳароратда 1 соат давомида кокс остида куйдирилган (графитни оксидланишдан сақлаш учун).

Куйдирилган намуналарда асосий кристалл фаза сифатида муллит ҳосил бўлиши, озгина миқдорда кварц ва α -кристобалит мавжудлиги аниқланган. Синтез қилинган материалларнинг оловбардошлиги муллитнинг миқдорига, ҳамда юқори миқдорли глинозем ва кристобалитли шишасимон фаза таркибига боғлиқлиги аниқланган. Муллит керамик материалларнинг кимёвий ва термик бардошлигини, ҳамда уларнинг оловбардошлигини таъминлаши тасдиқланган.

Оптимал физик-механик кўрсаткичлар Рупат бойитилган графитли сланецнинг 10-20 мас.% миқдоридаги таркибларда аниқланган: Al_2O_3 миқдори - 28-31 мас.%; «Огнеупор» корхонасида аниқланган оловбардошлик - 1750 °С; очик ғоваклик - 4-8 %. Синтез қилинган шамотли керамик материаллар ГОСТ 11586-2005 бўйича ШС-28 маркали оловбардошга жавоб бериши тасдиқланган (ШС-28 маркаси учун Al_2O_3 миқдори - 28 мас.% дан юқори; оловбардошлик - 1670°С дан юқори; очик ғоваклик - 15 % дан паст бўлиши керак).

Каолин-графит системасида Захчахона графит концентрати асосида оловбардош материаллар синтези. Захчахона бойитилган графит концентрати (таркибда 10-50 мас.% миқдорида) асосида графиткерамик материаллар синтез қилинган. Намуналар силит қиздиргичли лаборатория электр печида 1400°С ҳароратда 1 соат давомида қайтарувчи муҳитда куйдирилган.

Синтез қилинган намуналарнинг кристалл фазаси муллит ва анортит фазалардан ташкил топганлиги аниқланган. Таркибларда СаО (таркибга қараб 0,83 - 1,79 % миқдорида) мавжуд бўлиб, у муллит ҳосил бўлиш жараёнига ижобий таъсир кўрсатиши ва юқори ҳароратли синтез давомида алюмосиликат - анортит таркибида боғланиб кетиши аниқланган. Углероднинг миқдори ўсиши билан анортитнинг интенсив кристаллизацияси кузатилади, боғловчи фаза таркибида кварц эриши намён бўлади. Тадқиқотлар натижасида СаО метакаолинитдан ҳосил бўлган кристобалитнинг кристаллизация жараёнини секинлаштириши ва намуналарни зарарли кескин кенгайиш жараёнидан асраши тасдиқланган.



- 1- хомашё бункерлари, 2- жағли майдалагич, 3- питатель, 4- қуритгич барабани, 5 - шарли тегирмон, 6- элак, 7 - тўплаш бункери, 8 - болғали майдалагич, 9 - аралаштиргич, 10- гидравлик пресс, 11 - вагонеткалар, 12 - туннель печи, 13 - қуритгич печи, 14 - тайёр маҳсулот омбори

3-расм. Графиткерамик маҳсулот ишлаб чиқариш технологик схемаси

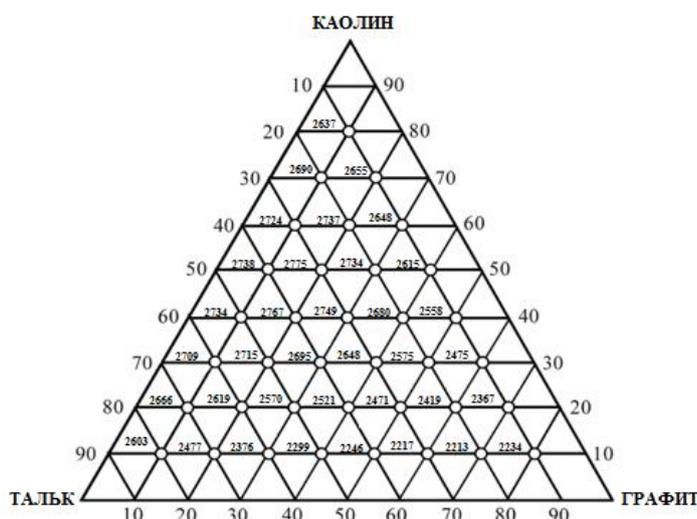
Графит концентрати 10 мас.% бўлган оптимал таркиб минимал сув ютувчанлик, ғовақлик ва юқори солиштирма оғирликга эга бўлиб, оловбардошлиги 1750°С дан юқорилиги аниқланган. Тадқиқотлар натижасида графиткерамик маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологик схемаси (3-расм) ва технологик регламент ишлаб чиқилган («Огнеупор» ССКнинг 2014 йил 30 сентябрдаги регламенти).

Ушбу графиткерамик маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологияси Фарғона вилояти «Мадаминов М.М.» ХТ ғишт ишлаб чиқариш корхонасида ярим-саноат шароитида жорий қилинган («Мадаминов М.М.» ХТнинг 2019 йил 15 апрелдаги

далолатномаси, «O‘zsanoatqurilish materiallari» уюшмасининг 2019 йил 15 майдаги 03/06-358-сон маълумотномаси). Натижада Захчахона графити асосида олинган юқори оловбардош ва шлакка чидамли ғиштнинг тан нархи 5051 сумни ташкил этган ва чет элдан келтириладиган графиткерамик ғишт нархидан 6 баробар иқтисодий самарадорлиги аниқланган («Мадаминов М.М.» ХТнинг 2019 йил 6 майдаги маълумотномаси).

«Шлакка чидамли магнезиал-корундли оловбардош керамик материал ва композитлар яратиш» деб номланган олтинчи бобда шлакка бардош керамик материалларни экспериментларни математик режалаштириш асосида бажарилган тадқиқот ишлар натижалари келтирилган.

Белгиланган ҳоссаларга эга бўлган графит- ва талькли шлакка бардош керамик материаллар олишда экспериментларни математик режалаштириш. Олдиндан белгиланган физик-механик ва кимёвий ҳоссаларга эга бўлган оловбардош керамик материаллар олиш мақсадида Ca-O, Mg-O, Al₂O₃-SiO₂, MgO-Al₂O₃-SiO₂, CaO-Al₂O₃-SiO₂, CaO-MgO-SiO₂ ҳолат диаграммалари ўрганилган. Таҳлил натижаларига кўра, оловбардош композициялар тузишда MgO, Al₂O₃, SiO₂ асосидаги системалардан фойдаланиш ҳамда шлакка бардошликни таъминлаш учун графит кўшиш зарурлиги аниқланган.



4-расм. «Каолин-тальк-графит» уч компонентли системада зичликни симплекс-режалаштириш натижалари

Керамик массаларда графитнинг оптимал миқдорини аниқлаш учун экспериментларни математик режалаштириш усулидан фойдаланилган.

Текшириляётган системаларда хомашё материаллар (графит, каолин, тальк, қўшимчалар), турли гранулометрик таркибга эга бўлган кукунлар аралашмасидан иборат.

Керамик масса таркиби компонентларнинг концентрацияси - масса улуши (фоизи) z_i билан белгиланади, шунда $0 \leq z_i \leq 1$ ва $\sum_{i=1}^n z_i = 1$.

Кўп компонентли аралашмаларнинг оптимал таркибларини

аниқлаш учун энг кичик квадратлар усулидан фойдаланилди, бунда бирламчи параметрлар сифатида материалларнинг белгиланган хоссалари қўлланилди.

Аралашма таркибини математик моделлаштириш усули материалларнинг оптимал зичлигини аниқлаш ҳамда кимёвий таркиб билан биргаликда бу композицияларнинг шлакка чидамлилигини таъминлашга имконият беради.

Керамик массалар қўйидаги таркиблари ўрганилди: x_1 - каолин, x_2 - тальк, x_3 - графит; y_1 - зичлик. Зичлик қўйидаги кўрсаткичлар чегарасида белгиланди: $U = 2600-2900 \text{ кг/м}^3$. Таркибларни оптималлаштириш учун {3,3} симплекс-решётка планидан фойдаланилди. Учкомпонентли системада режада экспериментлар сони: $N = 2^q - 1 = 2^3 - 1 = 7$ ва эркинлик даражаси сони $S_y = 7$.

4-расмда учкомпонентли системада зичликнинг ҳисобланган кўрсаткичлари келтирилган. Асосий эътиборни графит 5 дан 20 мас.% гача бўлган таркибларга қаратиш керак, чунки графитнинг кўпроқ миқдорлари керамик массани зичлигини кескин пасайишига ва ғовакликни ўсишига олиб келади. Бу эса ўз вақтида керамик материалларни шлакка бардошлигини пасайтиради ва суюқ шлаклар таъсирида уларнинг бузилишига олиб келади.

Каолин-талък-графит системасида шлакка чидамли композициялар синтези. Шлакка чидамли оловбардош материаллар синтези учун $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ системасининг форстерит, шпинел ва корунд кристаллизация областлари танланди. Бунда илмий тадқиқотлар таҳлили ва Ўзбекистон хомашё базасига асосланиб, хомашёлар сифатида маҳаллий каолин ва талък-магнезит танланилди.

Каолин ва талък асосида тайёрланган массаларнинг учкомпонентли ҳолга келтирилган таркибларини назарий таҳлил қилиш натижасида оловбардошнинг эксплуатация шароитида асосий кристалл фазалари ва суюқ фаза миқдорини аниқлашга имконият беради. Оловбардош композицияларнинг ҳоссаларини режалаштириш мақсадида хомашё ва керамик масса таркиблари уч компонентли система ҳолатига олиб келинди. Шунда композицияларга графитнинг кўшиш уларнинг шлакка бардошлигини ошириши ва янги кристалл фазалар ҳосил қилмаслиги аниқланди.

Зинельбулак талък-магнезители ва АКФ-78 Ангрэн каолини асосида тузилган таркиблар (№40-49) таҳлил қилинганда, улар $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ системасида оловбардош бўлмаган кордиерит ва сапфирин кристаллизация областларида жойлашиши аниқланди (5-расм) ва материаллар оловбардошлигини таъминлаш мақсадида кейинги тадқиқотларда таркибларга ноорганик кўшимчалар кўшилди.

Оловбардош ва шлакка чидамли керамик материаллар олиш учун $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ системасида форстерит кристаллизация областида MgO миқдори юқори бўлган таркиблар (№ 51-58) ҳамда шпинел кристаллизация областида Al_2O_3 миқдори юқори бўлган таркиблар (№ 70 - 79) тузилди.

Форстеритли керамик материаллар олиш учун (№ 51-58 таркиблари) бойитилган Зинелбулоқ талък-магнезители, АКФ-78 Ангрэн каолини ва куйдирилган периклаз ППЭ-87 қўлланилди. Керамик намуналар силит қиздиргичли печда $1350^{\circ}C$ ҳароратда 1 соат давомида куйдирилди. Куйдирилган намуналарнинг минералогик таркибини рентгенфазавий таҳлил натижалари 6-расмда келтирилган.

Оптимал деб танланган 53-сонли таркиб 81 мас.% форстерит фазасидан ташкил топган бўлиб, унинг оловбардошлиги $1750^{\circ}C$ тенглиги ва юқори оловбардош материаллар синфига мансублиги аниқланди. Тадқиқотлар натижасида оловбардош форстерит буюмлар ишлаб чиқариш технологик регламенти ишлаб чиқилди («Огнеупор» ССКнинг 2018 йил 5 декабрдаги регламенти). Форстеритли оловбардош махсулотлар иссиқлик агрегатлари, регенератор ва мартен печларни қўриш ҳамда термик химоялаш учун тавсия этилди.

1500°Сда куйдирилган материалларнинг минералогик таркиби яриммикдорий рентгенфазавий таҳлил ёрдамида тасдиқланган: корунд Al_2O_3 - 60 - 70% ва шпинель $MgAl_2O_4$ - 30 - 40 % (7-расм). Кубик шпинелнинг кристалл панжара параметрлари қўйидагича: $a=0,8078$ нм ($8,0775 \text{ \AA}$) ва картотека шпинел эталони №00-075-1796 (Match, $a=8,0788 \text{ \AA}$, пр.гр. $Fd3m$) кўрсаткичларига мос келади.

Магнезиал-корунд материалларда шпинел фазасини ҳосил бўлиши оловбардош композицияларнинг шлакка чидамлилигини ошишига олиб келади.

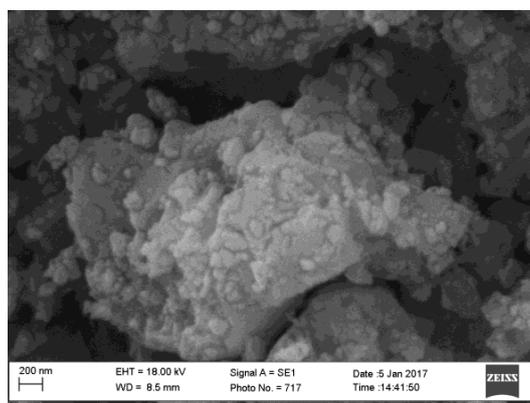
Тадқиқотлар натижасида синтез қилинган материалларда (75-78 оптимал таркиблар) шпинел ҳосил бўлиш жараёни анъанавий шпинел олиш жараёнларига (1750°C) қараганда паст ҳароратда (1450°C) кечади ва натижада оловбардош маҳсулотлар олишда кескин энергия тежаш имконияти мавжуд бўлади.

Шпинел-корунд таркибли керамик намуналарнинг (№ 70-82) физик-механик ҳоссалари: зичлиги - 2520 дан 2770 кг/м^3 , сув ютувчанлиги - 10,52 дан 11,71 % гача, очик ғоваклик - 27 дан 31 % гача, туюлувчан солиштирма оғирлик - 2420 дан 2750 гача; намуналарнинг сиқилишга мустаҳкамлиги 100 дан 120 МПа гача ва оловбардошлиги - 1800°C дан баландлиги аниқланди.

Материалларнинг шлакка бардошлиги Олмалик тоғ-металлургия комбинатининг металлургия шлакига нисбатан статик усулда аниқланди ва 1550°C ҳароратда 2 соат давомида текшириш натижасида кимёвий бардошлиги ҳамда суяқ металл таъсирига чидамлилиги бўйича оптимал этиб № 75-77 таркиблари танланди. Тажриба керамик намуналарнинг ичига шлак кириш чуқурлиги 0,25-0,3 см, ҳозирги вақтда саноатда қўлланилаётган шамотли оловбардошларда 1,5-2,2 см ташкил этиши аниқланди, бу эса оптимал № 75-77 таркибларнинг металлургия шлакларига таъсирига юқори чидамлилиги ҳақида маълумот беради. Шлакнинг керамик намуна ичига кириши оз миқдорда фазалар чегараси ва намуналарнинг ғовакларига орқали намоён бўлиши аниқланди.

Оптимал № 75-77 таркиблар саноат чиқиндилари асосида синтез қилинди: Al_2O_3 манбаси сифатида Шўртан газ-кимё мажмуаси глинозёмли чиқиндиси қўлланилди (ССК-4 таркиби). «Огнеупор» корхонаси ҳулосасига кўра синтез қилинган керамик намуналарнинг оловбардошлиги 1800°C дан юқори бўлиб, улар юқори оловбардошлар турига мансуб («Огнеупор» ССКнинг 13.01.2017 йилдаги синов протоколлари, «О‘зсаноатқуриш материаллари» уюшмасининг 15.05.2019 йилдаги 03/06-358-сон маълумотномаси).

Диссертациянинг «Йўналтирилган пиролиз усули ёрдамида синтез технологиясини яратиш ва синтез қилинган композитларнинг структураси, ҳамда ҳоссалари» деб номланган еттинчи боби йўналтирилган пиролиз усулида техник керамика маҳсулотларини синтез қилиш натижалари, шунингдек синтез қилинган композитларнинг структура ва ҳоссаларини ўрганишга бағишланган.



8-расм. CGC-2 керамик намуналарнинг СЭМ тасвири: алюминий оксинитриди кристаллари ўсиши.

Кремнийорганик боғловчилар иштирокида графит-корундли оловбардош композицион материаллар синтези ва уларнинг структурасини ўрганиши. Йўналтирилган пиролиз «Active-Filler-Controlled Pyrolysis» (AFCOP) усулида фаол тўлдиргичлар иштирокида оловбардош композицион материаллар ва функционал хоссаларга эга бўлган техник керамика маҳсулотлари синтез қилинди. Тадқиқотлар Италиянинг Падуя Университетида, проф. Э.Бернардо ва Л.Фиокко билан ҳамкорликда бажарилди.

6-чи бобда келтирилган натижаларга кўра оптимал деб танланган №77 керамика таркиби йўналтирилган пиролиз усулида синтез қилинди. Хомашёлар сифатида SILRES® Н44 фенилметил полисилоксан; γ - Al_2O_3 (Puralox); $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (BITOSSI, Italy) ва графит танланди, шунда графит қисман силикон Н44, қисман графит концентрати билан таркибга қўшилди.

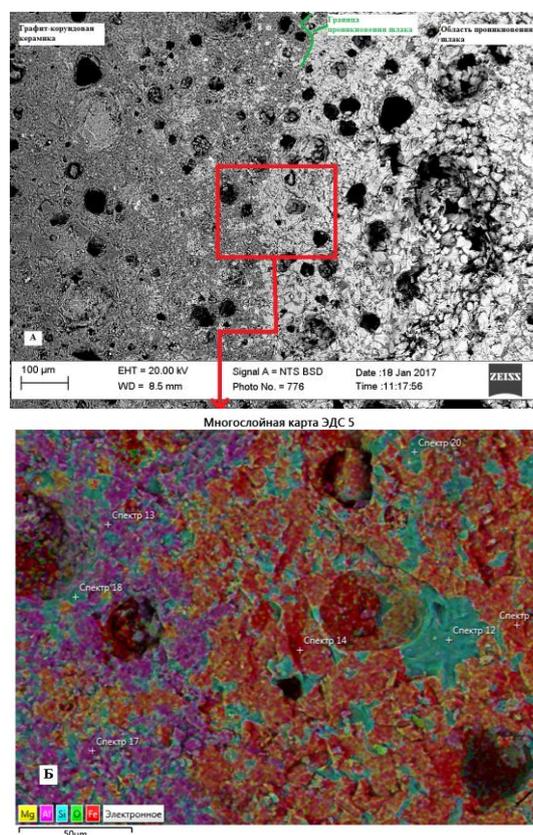
Рентгенографик таҳлил натижаларига кўра, 1550 °С ҳароратда 1 соат давомида қувурли печда азот мухитида куйдирилган керамик материалларнинг минералогик таркиби (мас.%) алюминий оксинитриди $\text{Al}_{2.85}\text{O}_{3.45}\text{N}_{0.55}$ - 52, корунд - 45 ва графит - 3 минералларидан ташкил топган.

Синтез қилинган графит-корундли керамикада кристаллар ўлчамлари СЭМ таҳлил асосида корунд учун - 0,6 - 0,8 мк; алюминий оксинитриди - 50 - 100 нм (8-расм) деб аниқланган. Бу эса материалларда наноструктурали матрица шаклланиши ҳақида далолат беради.

Алюминий оксинитриди (AlON) умумий формуласи $(\text{AlN})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$, юқори механик ва термик хоссаларга эга бўлган ноёб модда ҳисобланади. Лекин AlONларни кенг қўлланилиши уларнинг синтез қилиш мураккаблиги, юқори ҳарорат (1950-1990 °С), босим ва махсус термик ускуналарни талаб этиши билан чегараланади. Шунинг учун ҳозирги вақтда техникада кенг қўллаш мақсадида AlONларни энергия тежамкор ишлаб чиқариш усуллари яратиш ва маҳсулот тан нархини арзонлаштириш долзарб муаммо ҳисобланади.

Алюминий оксинитриди ва корунд минераллари синтез қилинган графит-корунд керамикасининг юқори механик ва термик хоссаларини таъминлайди.

CGC-2 таркибли керамик намуналарни 1400 °С ҳароратда ҳавода куйдириш натижасида асосий кристал фазалар сифатида корунд Al_2O_3 - 66,4 % ва шпинель MgAl_2O_4 - 27,4 %, оз миқдорда силлиманит Al_2SiO_5 - 5,2 % ва кремний карбиди SiC - 1,0 % кузатилади.



9-расм. CGC-2 (А) намунанинг СЭМ тасвири, шлак таъсир этилган намунада элементлар таҳлили (Б)

Фазалар ҳосил бўлиш жараёнини ўрганиш шуни кўрсатдики, электрокорунд, тальк-магнезит ва Захчахона графит концентрати асосида синтез қилинган таркибларда оз миқдорда мавжуд бўлган эрувчан-оксидлар шпинел структурали қаттиқ эритмалар ҳосил бўлишига олиб келади. Ёт қўшимчалар бўлмаган ҳолда системада структура ҳосил бўлиш шпинел, силлиманит ва кремний карбиди минераллари шаклланиши билан кечади.

9-расмда керамик намунанинг 1550 °С ҳароратда 2 соат давомида Олмалик тоғ-металлургия комбинати металлургия шлаки таъсирига бардошлигини текшириш натижалари келтирилган. Шлакнинг намунанинг ичига кириш области (9-расмда-ўнг тарафда) силлиманит ва темир тутган корундли фазадан ташкил топган. Намунанинг визуал кузатиш натижасида шлак фақат намунанинг устки қатламида оқиб тушгани кузатилган, микроскопик таҳлил асосида шлакни ички қатламга ўтиш чуқурлиги 0,1-0,6 мм лиги аниқланган. СЭМ натижаларига кўра Fe нинг керамик намунанинг ичида тарқалиши шлакнинг ғоваклар орқали тарқалиши ҳақида маълумот беради.

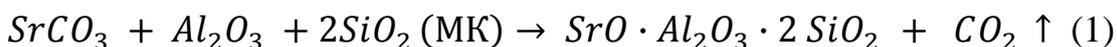
Керамик намунанинг механик ҳоссалари бузилмайдиган динамик резонанс усули ёрдамида 5 намунада текширилган: эгилувчанликга мустаҳкамлик 60,95 - 75,12 МПа, Юнг модули - 88,7-106,6 ГПа ташкил этган. «Огнеупор» корхонасида аниқланган оловбардошлик 1800 °С дан юқорилиги аниқланган («Огнеупор» ССКнинг 30.05.2017 йилдаги синов протоколлари, «O'zsanoatqurilish materiallari» уюшмасининг 15.05.2019 йилдаги 03/06-358-сон маълумотномаси).

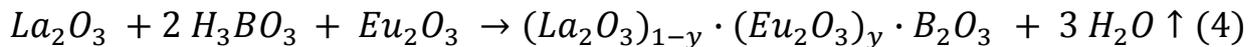
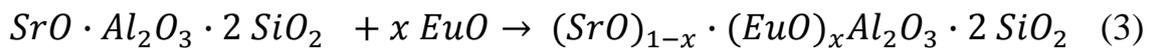
Йўналтирилган пиролиз усули ёрдамида синтез қилинган материал юқори шлакка бардошлиги ва механик мустаҳкамлиги билан ажралиб туради ва металлургия ишлаб чиқаришнинг энг муҳим қисмларида, металлургия шлакни бевосита таъсири остида қўлланишга, жумладан, графит-корундли тигел, стопор-стаканлар, ғишт ва бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқариш учун тавсия этилди. Бажарилган тадқиқотлар натижасида графит-корунд керамик маҳсулотларнинг йўналтирилган пиролиз усулида олиш технологик тизими ишлаб чиқилган.

Кремнийорганик моддалар асосида камёб-ер элементлар билан допинг қилинган нанокомпозитлар олиш ва уларнинг структурасини ўрганиши. Кремнийорганик полимер ва нано ўлчамли реактив тўлдиргичлар асосида йўналтирилган пиролиз усулда люминесцент ҳоссаларга эга бўлган SrAl₂Si₂O₈/LaBO₃ таркибли керамик композитлар синтез қилинган. Хомашёлар сифатида қуйидаги реагентлар қўлланилган: метил-полисилоксан МК (SILRES[®]), γ-Al₂O₃ (nano, 15 nm), H₃BO₃, SrCO₃ (micro), La₂O₃ (micro) ва Eu₂O₃ (nano, purity >99.9%, 45-58 nm).

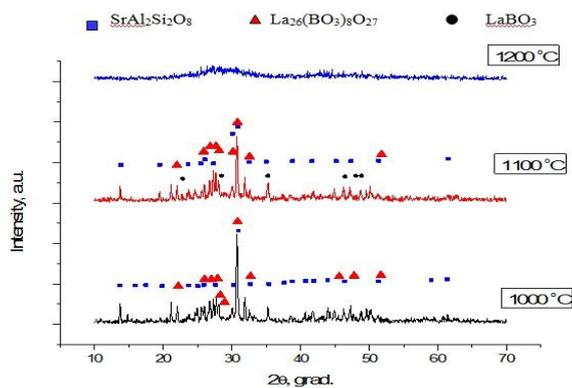
Рентгенфазавий таҳлил натижаларига кўра (10-расм) 1000-1100 °С ҳароратида куйдирилган намуналарнинг минералогик таркиби қуйидаги кристалл фазалардан ташкил топган: моноклин SrAl₂Si₂O₈ 61 дан 63 % гача (№00-070-1862, Match!), La₂₆(BO₃)₈O₂₇ 39 дан 37 % гача (№00-086-1218, Match!), 1100 °С да оз миқдорда қўшимча LaBO₃ (4%, №00-073-1149, Match!) мавжудлиги аниқланган.

Фазалар синтези қуйидаги реакциялар натижасида кечиши аниқланди:

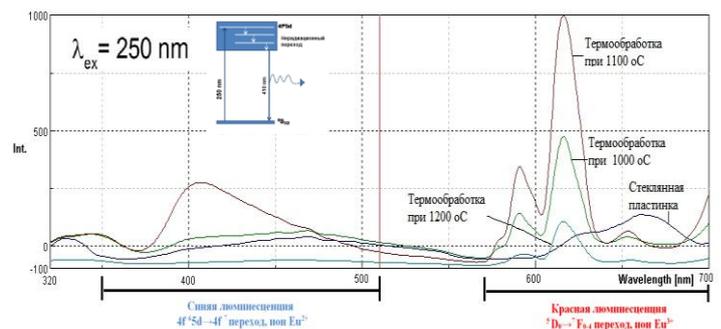




Синтез қилинган намуналарнинг фотолюминесценцияси Хе -лампаги FP-6300 JASCO спектрофлюорометрида текширилди. Эмиссия 612 ва 450 нм тулқин узунлигида намоён бўлиб, люминесценция спектрлари 320-700 нм ларда аниқланган (11-расм). 1200°C ҳароратда синтез қилинган шишасимон намуналарда 591 нм ($^5D_0 \rightarrow ^7F_1$) да кичик интенсивликка эга бўлган эмиссион чизиқлар ва 616 нм ($^5D_0 \rightarrow ^7F_2$) да кучли эффект кузатилган. 1000 и 1100 °C да куйдирилган намуналарда интенсивлиги кучлироқ бўлган люминесценция спектрлари намоён бўлиб, энг юқори интенсивлик 1100 °C да куйдирилган намуналарда кузатилган: учвалентлик европийга ҳос бўлган 3 та чизиқ - тўқ сарик ва қизил областда $^5D_0 \rightarrow ^7F_1$ (591нм), $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$ (616 нм), $^5D_0 \rightarrow ^7F_3$ (655 нм); ҳамда $4f^6 5d \rightarrow 4f^7$ (400-410 нм) кўк областда иккивалентлик европий билан боғлиқ кенг спектр чизиғи аниқланган.



10-расм. 1000, 1100 ва 1200 °C да синтез қилинган материалларнинг дифрактограммалари

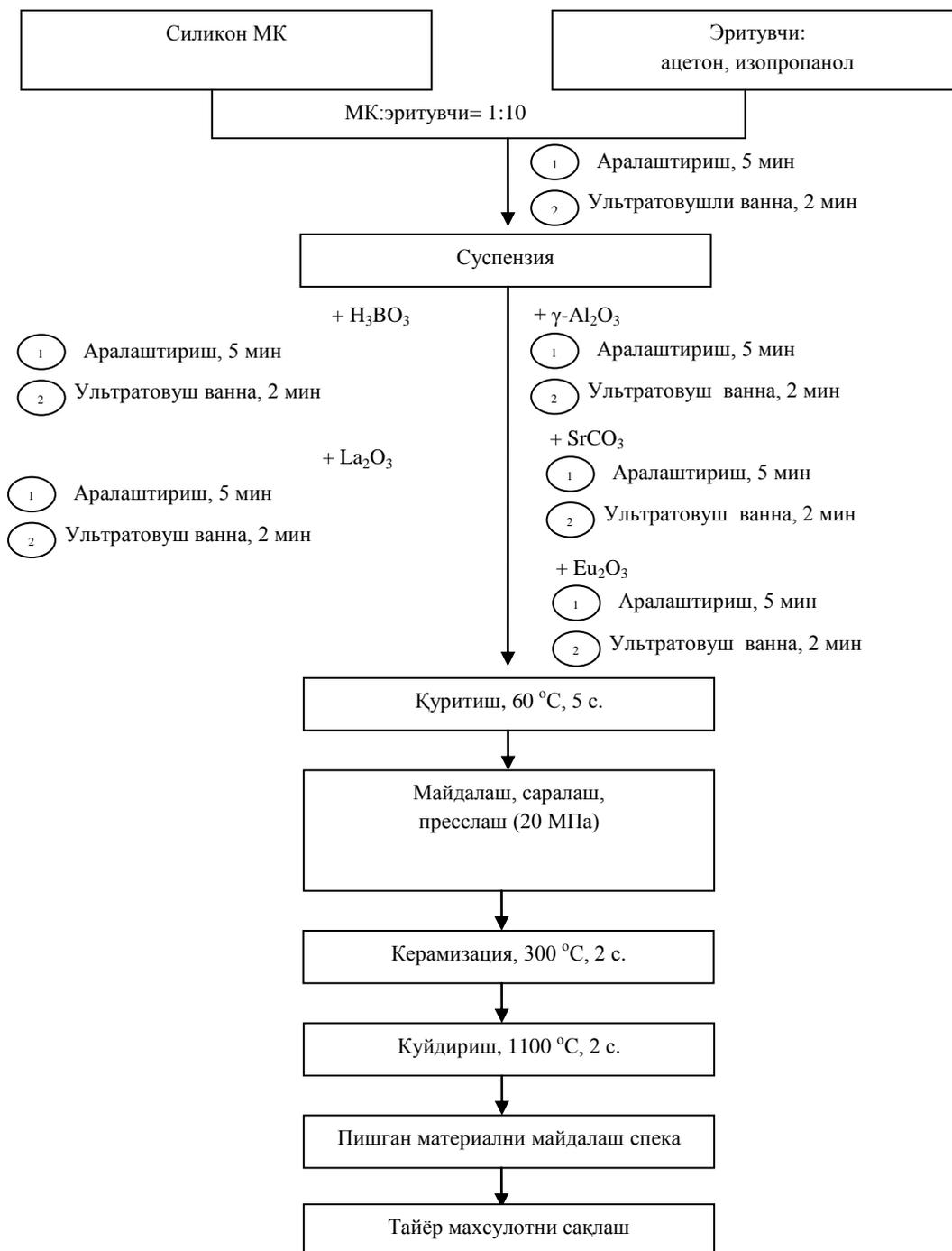


11-расм. Европий ионлари билан активлаштирилган намуналарнинг люминесценция спектрлари.

Йўналтирилган пиролиз усулида 1100 °C ҳароратда европий ионлари билан активлаштирилган композицион материалларда қизил областда кучли ва кўк областда - ўртача фотолюминесценция кузатилди. Усулнинг афзаллиги - люминесцент ҳоссали шиша-керамик композит бир босқичда синтез қилинди, ушбу турдаги материаллар олиш учун одатда икки босқичли жараён бажарилиб, биринчи босқичда 1600 °C ҳароратда шиша пишириш ва иккинчи босқичда 900-1000 °C ҳароратда термик ишлов бериш талаб этилади.

Бир босқичли йўналтирилган пиролиз натижасида люменесцент материал олиш энергия тежашга ва жараён давомийлигини қисқартиришга имконият беради. Синтез қилинган поликристал композитлар структурасида икки турдаги европий катиони (Eu²⁺ и Eu³⁺) мавжудлиги муносабати билан улар икки хил ёруғлик спектрига эга, қизил ва кўк рангли светодиодлар ишлаб чиқаришда олинган маҳсулот муҳим амалий аҳамиятга эга ва замонавий диод лампаларда қўллаш учун тавсия этилади. Синтез қилинган материаллар люминофорлар

сифатида, плазма, катод-люминесцент, электро-люминесцент индикаторлар ва индикатор панеллар ҳамда лазер техникасида қўлланилиши мумкин. Люминесцент материаллар намуналари спектрнинг ёруғлик областида ҳам фаол эффектга эга, шунинг учун улар люминесцент буёқ ва қурилиш материаллар ишлаб чиқаришда қўллашга тавсия этилади. Бажарилган тадқиқотлар натижасида йўналтирилган пиролиз усулида люминесцент композитлар ишлаб чиқариш тизими яратилди (12-расм).



12-расм. Европий ионлари билан активлаштирилган люминесцент материал ишлаб чиқариш тизими.

ХУЛОСА

1. Рупат, Заучак, Букантау, Захчахона графитли хомашёлари ва Тасказган кони графитли сланецларнинг бойитиш технологик тизими, моддий баланси тавсия этилди.

2. Зинельбулоқ кони тальк-магнезити структурасининг 1000°C дан баланд ҳароратларда ўзгариши ва 2500°C юқори эриш ҳароратига эга бўлган магнезиовюститлар ҳосил бўлиши кўрсатилди.

3. Каолин-графит системасида азот мухитида юқори ҳароратли кристалл ҳосил бўлиш жараёнлари барча таркибларда асосий кристалл фаза сифатида юқори оловбардошликга эга (1770°C дан юқори) $\text{Al}_2(\text{Al}_{2+2x}\text{Si}_{2-2x})\text{O}_{10-x}$ таркибли қаттиқ эритма ҳосил бўлиши изоҳланади.

4. Бойитилган Рупат графити, бирламчи бойитилган АКФ-78 Ангрэн каолини ва шамот асосида ГОСТ 11586-2005 бўйича ШС-28 маркага жавоб берадиган оловбардошлиги 1750°C га эга бўлган графит-шамотли маҳсулотлар олиш тавсия этилди.

5. Математик режалаштириш усуллари ёрдамида $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ системасининг форстерит, шпинел ва корунд кристаллизация областларида маҳаллий хомашёлар асосида шлакка чидамли юқори оловбардош материаллар олиш технологияси тавсия этилди.

6. Илк бор юқори шлакка чидамли ва оловбардош графитли шпинел-корунд керамик маҳсулотлар синтез қилишда йўналтирилган пиролиз (AFCOP) усули ва синтез қилинган материалларнинг таркиб-ҳоссалари ўртасидаги боғлиқлик ўрганилиб, 1800°C дан юқори оловбардош ва шлакка чидамли керамик маҳсулот ишлаб чиқариш ва металлургия, кимё, машинасозлик саноат соҳаларининг энг муҳим жараёнларида қўллаш учун тавсия этилди.

7. Шпинель-корунд керамик массаларда кремний-органик бирикмалар асосида йўналтирилган пиролиз жараёнларида фазалар ҳосил бўлишига муҳит таъсири ўрганилиб, корунд билан биргаликда нейтрал мухитда ўзгарувчан таркибли алюминий оксинитриди $(\text{AlN})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1-x}$, оксидланиш мухитида шпинель MgAl_2O_4 ва силлиманит Al_2SiO_5 ҳосил бўлиши уларнинг юқори ҳароратли хоссаларини таъминлаши кўрсатилди.

8. Eu ионлари билан активлаштирилган иккифаза нанокөмпозит (алюмосиликат фаза/борат фаза) силикон ва фаол тўлдиргичлар аралашмасининг бир босқичли куйдириш натижасида AFCOP усули ёрдамида олиш ва икки хил диапазонда - қизил ва кўк люминесценция спектрига эга көмпозитлар замонавий ёритиш мосламалари, қурилиш материаллари, буёқлар, лаклар ва бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқаришда қўллаш учун тавсия этилди.

9. Маҳаллий хомашёлар асосида юқори оловбардош форстеритли ва графиткерамик маҳсулотлар олиш технологиялари ва таркиби ишлаб чиқаришга тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

БАБАХАНОВА ЗЕБО АБДУЛЛАЕВНА

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ
МАТЕРИАЛОВ И КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ, ГРАФИТА И ТАЛЬКОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

**02.00.15 - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент - 2019

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2017.3.DSc/T166.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (русский, узбекский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tkti.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net).

Научный консультант:

Арипова Мастура Хикматовна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гуламова Дилбар Джураевна
доктор химических наук, профессор

Атакузиев Тимур Азимович
доктор технических наук, профессор

Искендеров Ахмед Максетбаевич
доктор технических наук

Ведущая организация:

Ташкентский государственный технический университет

Защита состоится «20» июля 2019 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета 27.06.2017.Т.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г.Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21; email: tkti_info@edu.uz

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 79, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21)

Автореферат диссертации разослан «06» июля 2019 г.

(реестр протокола рассылки № 2 от « 17 » июня 2019 г.)

С.М.Турабжанов

Председатель научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук, д.т.н., проф.

А.С. Ибодуллаев

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученой степени доктора наук, д.т.н., проф.

М.Ю.Юнусов

Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению учёной степени доктора наук, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (АННОТАЦИЯ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА НАУК (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время во всем мире огнеупорные материалы широко используются в химической, металлургической, машиностроительной, авиационной промышленности, космонавтике, двигателях внутреннего сгорания, пищевой, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. В то же время уделяется особое внимание к научным исследованиям по созданию наноструктурных новых составов и созданию новых технологий получения огнеупорных материалов, устойчивых к воздействию высоких температур, динамических сил, органических и неорганических растворителей, высокого давления.

На сегодняшний день в мире ведутся научные исследования по приоритетным направлениям, как научные основы получения огнеупорных изделий с высокими эксплуатационными характеристиками, изучения физико-химических свойств новых сырьевых материалов, совершенствования технологий производства, расширения методов синтеза и эксплуатации огнеупорных и композиционных материалов различного состава, получение изделий, устойчивых к воздействию шлаков, разработка способов практического применения отходов промышленности в производстве огнеупорных изделий.

В стране реализуются новые инвестиционные проекты в области машиностроения, металлургии и химической промышленности, намечено открытие Ташкентского металлургического завода, а также предприятия Сурхонкерамикс для производства огнеупорных материалов на основе местного сырья, направленные на увеличение объемов производства, совершенствование технологических процессов, улучшение качества и увеличение количества производимых огнеупорных изделий, создание резервов нового сырья. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определена задача «создания технологий получения импорто-замещающей продукции из местного сырья и вторичных ресурсов»¹. В связи с этим приобретает особое значение, в частности, открытие новых ресурсов местного сырья для получения огнеупорных материалов, создание современных технологий их переработки, а также передовых методов получения высокоогнеупорных и технических керамических композиционных изделий.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-2298 от 11 февраля 2017 года «О программе локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2015-2019 годы», №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года, УП-4891 от 6 апреля 2017 года «О критическом анализе объема и составов товаров (работ, услуг), углублении локализации производства, заменяющего импорт», а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

¹ «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». УП-4947 от 7 февраля 2017 года.

Соответствие исследований основным приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике. Настоящая работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации.² Научные исследования по разработке технологии производства огнеупорных материалов и композитов на основе редкоземельных элементов, графита и талькосодержащего сырья проводятся в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе, в The Refractories Institute, California Institute of Technology, SGS (США), MBE Coal and Minerals Technology GmbH (Канада), University of Padova (Италия), University of Chemical Technology and Metallurgy (Болгария), Beijing University of Technology, Wuhan University of Science and Technology, Xi'an University of Architecture and Technology (Китай), Graphite India Limited, Nippon Graphite Industries Co. Ltd. (Индия), Seoul National University, Korea Polytechnic University (Корея), Riga Technical University, Institute of Silicate Materials (Латвия), Ural State Mining University, NITU MISiS, Российском химико-технологическом университете (Россия), Институте материаловедения «Физика-Солнце», Институте общей и неорганической химии АН РУз, Ташкентском химико-технологическом институте (Узбекистан).

В результате проведенных исследований по совершенствованию технологии производства огнеупорных материалов и композитов получен ряд научных результатов, в том числе: получены высокоогнеупорные алюмопериклазовые, цирконовые, магнезиальные, динасовые, карбид кремниевые материалы (The Refractories Institute, США), разработаны методы получения композитов, наполненных графитом, каолином, тальком и другими керамическими добавками (California Institute of Technology, США), получены металлокерамические композиты на основе редкоземельных металлов (University of Chemical Technology and Metallurgy, Болгария), разработаны современные методы пиролиза с использованием кремнийорганических соединений и активных наполнителей (University of Padova, Италия), разработаны технологии обогащения графита (НИИ Графит, Россия; Graphite India Limited, Nippon Graphite Industries Co. Ltd., Индия), разработаны технологии получения динасовых и муллитовых огнеупорных материалов на основе местного сырья (Институт общей и неорганической химии, Ташкентский химико-технологический институт, Узбекистан), на основе высокоочищенного и обогащенного сырья в солнечной печи получены технические и керамические материалы с повышенными механическими и термическими свойствами (Институт материаловедения «Физика-солнце», Узбекистан).

В мире разработка составов огнеупорных материалов и композитов, технологии их получения, проводятся исследования по следующим приоритетным направлениям, в том числе: разработка в зависимости от структуры и состава сырья; методов химического; термического; магнитного;

² Обзор зарубежных научных исследований подготовлен: www.elsevier.com, <https://www.ceramtec.com/>, <https://www.refractories-worldforum.com/>, <http://www.kopo.ac.kr>, <https://www.unipd.it/>, <http://northerngraphite.com>, <https://minerals.usgs.gov>, <http://www.infomine.ru>, <https://www.akwauv.com> и других источников.

гравитационного; флотационного обогащения; расширение сырьевой базы производства огнеупорных изделий; разработка новых видов термо- и химически-устойчивых керамических материалов.

Степень изученности проблемы. Исследования в области современных технологий производства высокоэффективных огнеупоров и композитов на основе редкоземельных элементов, графита и талькосодержащего сырья проводили P. Colombo, R. Riedel, G. D. Soraru, E. Bernardo, L. Fiocco, G. Parcianello, E. Storti, P. Greil, W. E. Lee, S. Zhang, M. Karakus, X. Li, J. Luo, Y. Zhou, C. R. Ronda, J. Chen, Y. Liu, Guojun Gao, Ning Da, G. C. Hawley, W. S. Resende и др., Лукин Е. С., Макаров Н. А., Чуклая А. М., Гореева Н. Г., Кашеев И. Д., Земляной К. Г., P. Crossley, S. Moores, H. A. Taylor, Z. Genzhao, Г. Г. Крушенко, О. Е. Горлова, О. М. Смирнов, Е. Е. Каменева, Л. С. Скамницкая, В. П. Лузин, В. И. Верещагин, А. И. Александров, В. И. Брагина, А. А. Исмаатов, М. Х. Арипова, А. А. Эминов, Р. И. Абдуллаева, З. Р. Кадырова, М. Хужамбердиев, П. А. Арифов, К. Ф. Таджиев, Э. Д. Безуглов, Р. А. Хамидов, Н. Т. Ходжаев, А. М. Эргешов, М. Х. Хакбердиев и др.

Ими исследованы базы местного сырья для производства огнеупорных материалов и предложены методы обогащения сырьевых материалов, разработаны и внедрены технологии получения динасовых, высокоглинозёмистых, шамотных, шпинельных, корундовых огнеупоров и композитов традиционными методами твердофазового спекания.

Наряду с вышеизложенным, проводятся научно-исследовательские работы в области изучения сырьевой базы графита и талька, по их обогащению и разработке методов производства микро- и наноструктурных огнеупорных керамических и композиционных материалов на основе обогащенного сырья и отходов промышленности, а также получения огнеупорных и люминесцентных материалов методом направленного пиролиза.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование проводилось в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института по прикладным проектам А12-ФҚ-1-10853 «Разработка графитсодержащих керамических материалов на основе кварц-графитовых сланцев проявления Рупат Сурхандарьинской области» (2012-2014 гг.) и ОТ-А12-06 «Разработка высокоэффективных огнеупорных композиционных керамических материалов для металлургической промышленности» (2017-2018 гг.).

Целью исследования является разработка технологии производства огнеупорных материалов и композитов на основе редкоземельных элементов, графита и талькосодержащего сырья.

Задачи исследования:

комплексное исследование местного сырья, физико-химических свойств и строения графитизированных сланцев различных проявлений графита, а также методов их обогащения;

изучение процессов синтеза графит- и талькосодержащих керамических материалов и композитов, их структуры, физико-химических свойств, а также определение оптимальных параметров производства керамических изделий;

изучение процессов синтеза керамических композиций с использованием кремнийорганических соединений и определение оптимальных условий синтеза люминесцентных керамических материалов с содержанием редкоземельных элементов;

определение корреляционной зависимости состав-структура-свойство в синтезированных керамических материалах и композитах;

математическое планирование процессов синтеза графит- и талькосодержащих керамических материалов и композитов;

разработка составов и технологических процессов получения новых огнеупорных керамических материалов на основе местного сырья.

Объектами исследования являются графитсодержащие породы проявлений Узбекистана, обогащенный графитовый концентрат, тальк, каолин, глинозёмсодержащие сырьевые материалы и отходы производства, кремнийорганические соединения, керамические и композиционные материалы.

Предметом исследования являются физико-химические свойства и структуры опытных керамических материалов и композитов, технологические процессы обогащения графитсодержащих пород, технологические параметры производства графит- и талькосодержащих керамических материалов и люминесцентных керамических композитов с использованием редкоземельных элементов, а также установление закономерностей изменения физико-химических свойств.

Методы исследования. Используются комплексные методы исследований, включающие химические, микроскопические, термографические, рентгенографические, электронно-микроскопические и УФ-спектроскопию.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

разработаны технологии обогащения, а также изучены физико-химические и структурные свойства местных сырьевых материалов графита и графитсодержащих сланцев, талько-магнезита Зинельбулак для получения высокоогнеупорных и шлакоустойчивых керамических материалов и композитов;

установлен характер влияния технологических факторов на степень и скорость обогащения графитсодержащих сланцев;

установлены закономерности синтеза графитсодержащих керамических материалов в различных средах, определено влияние компонентов на структуру и свойства синтезированных материалов, определены оптимальные параметры получения керамических материалов с повышенной огнеупорностью и шлакоустойчивостью;

доказана корреляционная зависимость процессов фазообразования в системе $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ от содержания различных компонентов методом математического планирования новые типы графит- и талькосодержащих керамических материалов с использованием местного сырья и огнеупорных наполнителей;

изучены закономерности получения технических и огнеупорных керамических материалов по технологии синтеза контролируемого пиролиза с использованием активных наполнителей «Active-Filler-Controlled Pyrolysis» (AFCOP) и впервые по одностадийной технологии на основе редкоземельных

элементов и кремнийорганических соединений получен люминесцентный материал со свечением в двух спектральных диапазонах;

разработаны составы и технология производства муллитовых огнеупорных материалов в система каолин-графит;

разработаны технология производства огнеупорных графиткерамических и форстеритовых изделий на основе местного сырья.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

обоснованы эффективные технологические параметры обогащения графитсодержащего местного сырья и получен графитовый концентрат, отвечающий требованиям ГОСТ из графитсодержащего сырья Захчахона;

разработаны новые составы графиткерамических, магнезиально-корундовых и форстеритовых огнеупорных керамических материалов на основе местного сырья и отходов промышленности, доказана их высокая огнеупорность и шлакоустойчивость;

обоснованы эффективные технологические параметры производства разработанных огнеупорных материалов;

разработаны эффективные составы и технология получения технических керамических материалов и композитов с использованием редкоземельных элементов и кремнийорганических соединений;

разработаны экономически эффективные технологии производства графит-керамических и форстеритовых огнеупорных материалов на основе местного каолина, талько-магнезита и графита.

Достоверность результатов исследований обоснована применением при анализе комплекса современных методов физико-химического анализа, классических методов исследований огнеупорных материалов с использованием стандартных методик, лабораторно-технологическими испытаниями и полупромышленным выпуском изделий.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследования заключается в выявлении закономерностей фазообразования и определении корреляционной зависимости состав-структура-свойство при синтезе в различных средах графит- и талькосодержащих керамических материалов, наноструктурных композитов с содержанием редкоземельных металлов и кремнийорганических соединений, систематизации научных, химических и технологических исследований, а также получении методом контролируемого пиролиза эффективных высокоогнеупорных и люминесцентных композитов.

Практическая значимость работы заключается в предложении и апробации технологии получения кондиционного местного графитового концентрата провяления Захчахона, эффективных методов производства огнеупорных и шлакоустойчивых керамических материалов на основе местного графита, талько-магнезита и каолина, а также производственном выпуске графиткерамических огнеупорных материалов.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов по разработке технологии получения огнеупорных и шлакоустойчивых материалов на основе графитового и талькосодержащего сырья:

разработаны и в соответствии с пунктом 67 АО «Узкимёсаноат» утверждены торгово-промышленным предприятием «Огнеупор» технологические регламенты производства огнеупорных графиткерамических и форстеритовых изделий на основе местного сырья (Приказ № 114 от 16 октября 2014 года АО «Узкимёсаноат»). В результате разработанные способы позволили на основе местных сырьевых ресурсов получать огнеупорные графиткерамические и форстеритовые изделия;

торгово-промышленным предприятием «Огнеупор» внедрены в производство технологии обогащения местного сырья графитового сланца (Справка АП «O'zsanoatqurilishmateriallari» № 03/06-358 от 15 мая 2019 года). В результате полученный графит позволил на 100 % заменить ввозимую из-за рубежа продукцию.

торгово-промышленным предприятием «Огнеупор» внедрены в производство составы и технологии производства графиткерамических и шпинелькорундовых огнеупорных материалов (Справка АП «O'zsanoatqurilishmateriallari» № 03/06-358 от 15 мая 2019 года). В результате позволило разработать новые типы высокоогнеупорной и шлакоустойчивой продукции;

внедрена в производство технология производства графиткерамических изделий на основе местного сырья на предприятии по производству кирпича ЧП «Мадаминов М.М.» Ферганской области (Справка АП «O'zsanoatqurilishmateriallari» № 03/06-358 от 15 мая 2019 года, Справка научно-производственного и инжинирингового центра ООО «O'zqurilishmateriallariLITI» № 52 от 24 мая 2019 года). В результате позволило снизить себестоимость полученного на основе местного графита высокоогнеупорного и шлакоустойчивого кирпича в 6 раз и увеличить срок службы в 1,5 раза.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования изложены в виде докладов и прошли апробацию на 9 международных и 15 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 48 научных работ. Из них 13 статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для печати научных результатов докторских диссертаций, 6 в республиканских и 7 в зарубежных журналах. Опубликовано 35 тезисов докладов в международных и республиканских научно-практических конференциях.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, 7 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 186 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных

результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации **«Литературный обзор. Современное состояние вопроса получения высокоэффективных огнеупорных материалов и композитов»** посвящена обзору и систематизации литературных научно-технических и патентных данных по новым высокоэффективным видам керамических материалов и композитов, сырьевым материалам и современным методам производства функциональной керамики, а также графитсодержащим рудам и методам их обогащения. Рассмотрены разработки новых высокоэффективных составов и энергоэффективных технологий при производстве огнеупорных материалов, тенденции развития технологий обогащения для обеспечения требований к сырьевым материалам, показана необходимость введения в состав огнеупорных материалов высокоочищенного и обогащенного сырья, синтезированных тугоплавких соединений, графита и графитсодержащих веществ. На основании анализа результатов опубликованных работ сформулированы цель и задачи собственных исследований.

Во второй главе диссертации **«Аппаратура, методика изучения физико-химических свойств огнеупорных, композиционных материалов и выбор исходных сырьевых материалов»**, приведены использованные при исследованиях методики анализа, синтеза огнеупорных и композиционных материалов, изложены данные по выбору исходных сырьевых материалов. При изучении химико-минералогического состава, структуры и физико-химических свойств материалов использованы современные методы комплексного физико-химического анализа, в том числе химический, микроскопический, термографический, рентгенографический, электронно-микроскопический, УФ-спектроскопический, а также классические методы физико-технических лабораторно-технологических испытаний по требованиям государственных стандартов.

Для получения огнеупорных шлакоустойчивых материалов были использованы местные сырьевые материалы графитовые сланцы, Зинельбулакский талько-магнезит, Ангренский обогащенный каолин, а также неорганические добавки периклаз плавленный ППЭ-87, электрокорунд, высокоглинозёмистый отход Шуртанского газо-химического коомплекса. При синтезе методом направленного пиролиза огнеупорных и облюминесцентных материалов были использованы кремний-органические соединения и реактивные вещества.

В третьей главе **«Исследование графит и талькосодержащих пород Узбекистана»** приведены результаты исследований графит и талькосодержащих пород Узбекистана.

Основные характеристики месторождений и проявлений графитизированных сланцев Узбекистана. Поисковыми и геологоразведочными исследованиями в Узбекистане выявлено месторождение Тасказган и более 50-ти проявлений графита различной степени перспективности.

Для нахождения форм графита для металлургической и огнеупорной промышленности были изучены графитовые концентрации месторождения

Тасказган и ранее не исследованные проявления графита Рупат, Заучак, Букантау и Захчахона.

Графитовые концентрации месторождения Тасказган Навоийской области представляют собой залежи от 20-100 до 600 м длиной при мощности 0,5-5 до 60-90 м. Из-за мелкокристалличности графита руда месторождения Тасказган не соответствует требованиям огнеупорной промышленности и может быть использована в качестве сырья для литейного производства, в электроугольной, электродной, химической и др. отраслях производства.

Графитовое проявление Букантау Навоийской области расположено в Центральных Кизилкумах, по составу состоит из кварц-серицита и графита (2-5%), а также доломита. Углеродистый компонент состоит из мелких аморфных агрегатов и мелких частиц (0,001-0,03 мм) графита. По размерам кристаллы графита не соответствуют требованиям огнеупорной промышленности, но могут быть использованы в металлургии, разливке металла, приготовлении смазочных и других материалов.

Графитовое проявление Рупат расположено в Сурхандарьинской области, Сариасинский район, в 6,5 км к северу от сел. Сангардак. Мощность проявления 2,5 м. протяженностью 5 км. Графитсодержащие породы представлены кварц-хлоритовым плагиосланцем с различным содержанием графита. Графит представлен в виде листоватых чешуйчатых агрегатов размерами до 1 мм и мелких чешуек размерами 0,001-0,1 мм, часто переслаивающихся пластинками слюды. Для обогащения была выбрана флотационная схема.

Графитовое проявление Заучак расположено в Сариасийском районе Сурхандарьинской области, в 9 км от села Дибадам и в 14 км к юго-востоку от проявления Рупат. Минерализация графита составляет несколько сотен метров. Как и Рупат, Заучак находится в высокогорном районе, но географически и экономически Заучак более перспективен. Минералогический состав горных пород: кварц 70-95%, плагиоклаз - 15%, серицит-хлорид - 1-10% и графит - 5%.

Графитовое проявление Захчахона расположено в Шахрисабзском районе Кашкадарьинской области на южном склоне гор Захчахона на высоте 2700-3400 м. Проявление Захчахона расположено вблизи сел. Гелен, связано грунтовой дорогой с ж.-д.ст. Китаб. Проявление представляет линзообразное тело, сложенное интенсивно графитизированными породами протяженностью 3 км при средней мощности 145 м, в центральной части проявления наибольшая мощность - до 450 м. По результатам исследований оно может быть отнесено к разряду средних месторождений (прогнозные ресурсы графита 10,6 млн.т), уточненное содержание графита в рудной залежи составляет 3,95 %, что соответствует требованиям промышленности к данному виду сырья.

В результате определения химических и минералогических составов графитизированных сланцев месторождения Тасказган, проявления Рупат, Букантау, Заучак, Захчахона были разработаны методы их обогащения.

Исследование талько-магнезита Зинельбулакского месторождения. В качестве магнезиального сырья при синтезе керамических материалов был использован талько-магнезит Зинельбулакского месторождения, расположенного в Караузьякском и Берунийском районах Каракалпакской Республики. Объём

запасов талько-магнезита составляет 200 тыс.т. Были определены высокотемпературные превращения рентгенофазовым и электронно-микроскопическим методами анализа при различных температурах термообработки. Изучение талько-магнезита, обожженного при 1000 °С показало связывание основной части железа с MgO в составе магнезиовюстита с температурой плавления более 2500°С.

Обогащение талько-магнезита осуществлялось обжигом сырьевого материала в восстановительной среде при 1000 °С для разложения железистого гидрокарбоната магнезита $Mg_6Fe_2(OH)_{16}(CO_3)_2$, с последующим магнитным обогащением, что позволило снизить содержание Fe_2O_3 в составе обогащенного талька до 2,5 мас. %.

В четвертой главе, «Разработка технологии обогащения графитизированных сланцев» приведены результаты исследований по обогащению графитизированных сланцев проявлений Рупат, Заучак и Захчахона.

Обогащение кварц-графитизированных сланцев проявления Рупат. Для обогащения графитсодержащих сланцев проявления Рупат был выбран флотационный метод с использованием керосина, жидкого стекла, соснового и солярового масла, в присутствии серной кислоты. В результате обогащения размеры кристаллов графита уменьшились в 8-10 раз и составили 0,00015 мм - 0,05 мм. Зольность концентратов (40-60 %) отвечает требованиям, предъявляемым к литейному графиту и может быть использован в металлургической отрасли.

Обогащение кварц-графитизированных пород проявления Заучак. В результате флотационного обогащения графитизированной породы был получен графитовый концентрат литейной марки, применяемый при разливке металлов в металлургии (зольность 40 %).

Был исследован минералогический состав флотоотхода обогащения и разработана технология получения строительного кирпича марки М150 с использованием отходов обогащения кварц-графитовой руды взамен каменистых компонентов керамической массы.

Разработка технологии обогащения графитизированных сланцев проявления Захчахона. Извлечение графита в концентрат осуществлялось способом прямой пенной флотации, при этом было изучено влияние на процесс флотации следующих факторов: рН среды, содержания депрессора, собирателя, пенообразователя, времени флотации, соотношения твердого вещества в суспензии; размеров частиц руды. Оптимальные параметры процесса флотации: рН=8, керосин - 500 г/т, сосновое масло - 400 г/т; жидкое стекло 500 г/т, содержание твердой фазы в пульпе 10%.

В соответствии с разработанной схемой флотационного обогащения был получен концентрат графита зольностью 25% (ГК-1), после химической обработки зольность графитового концентрата составила 9,7 % (концентрат ГК-2), что соответствует требованиям ГОСТ 17022-81, предъявляемым к графиту тигельному марки ГТ-3 для огнеупорного производства (таблица 1).

Таблица 1

**Свойства и состав обогащённого графитового концентрата
(крупнокристаллическая фракция) и графита тигельного марки ТГ-3
по ГОСТ 17022-81**

Наименование показателей	Графитовый концентрат ГК-2	Норма для марки графита ГТ-3
Зольность, %	9,7	<10,0
Содержание железа в пересчете на Fe ₂ O ₃ , %	0,3	<1,6
Выход летучих веществ, %	1,1	<1,5
Остаток на сетке № 02, % не менее	75	75
Содержание влаги, %	0,2	1,0

Согласно результатам гранулометрического анализа, приведенным в табл. 2, крупнокристаллические фракции +500 -300, +300 -90 мк отвечают требованиям ГОСТ 17022-81 к марке ТГ-3 (графит тигельный) (табл. 2), мелкокристаллические фракции +90 -63, +63 -63 мк отвечают требованиям ГЭ-3, ГЭ-4 (графит элементный), ГЛ-1 до ГЛ-3 (графит литейный).

Таблица 2

Гранулометрический состав графитового концентрата ГК-2

Фракции, размер частиц, мк	Масса, г	Масса фракции, %	Содержание % С, всего	Содержание С по фракциям, %
+500 -300	1,331	2,0	90,3	2,1
+300 -90	1,997	3,0	93,5	3,8
+90 -63	12,646	19,0	90,1	19,3
+63	16,640	25,0	89	24,6
-63	33,945	51,0	88	50,2
Всего	66,559	100	90,2	100

Для определения степени кристалличности графита и определения содержания в составе концентрата аморфного углерода использован рентгенографический метод анализа, результаты которого приведены на рис. 1: графитовый концентрат ГК-2 содержит графит С - 90,3; кальцита CaCO₃ - 6,2; кварца SiO₂ - 3,5 мас.%.

Сравнение рассчитанных параметров элементарной решётки графита ГК-2: $\bar{a}=0,2467$ нм; $c = 0,6741$ нм со справочными данными для графита (№00-04101487 в картотеке Match!): $a=0,2470$ нм; $c=0,6724$ нм показало хорошую корреляцию: $\Delta a=0,0003$ нм; $\Delta c=0,0017$ нм и свидетельствует о высокой степени упорядоченности структуры графита в концентрате ГК-2.

Расчет материального баланса и экономической эффективности флотационного обогащения графитсодержащей руды проявления Захчахона показал, что на получение 1 кг графитового концентрата затрачивается 1672 сум, разработанная технология является в 5,7 раз более эффективной по сравнению с

импортируемым зарубежным кристаллическим графитом и способствует экономии валютных средств.

В пятой главе «Разработка состава, свойств и структуры графитсодержащих материалов», приведены результаты исследований по разработке графитсодержащих керамических материалов.

Изучение процессов фазообразования в системе каолин-графит. Были изучены процессы фазообразования при высокотемпературном синтезе в системе каолин-графит в инертной среде азота. Физико-механические свойства синтезированных материалов при 1400 °С закономерно изменяются в зависимости от химического состава керамических масс: составы с содержанием графита более 40 мас.% обладают высокими значениями пористости и водопоглощения (от 5,8 до 8,8%), что нежелательно при синтезе огнеупорных и шлакоустойчивых композиций.

Оптимальными свойствами обладают составы с содержанием графита от 5 до 25 мас. %: пористость от 3,9 до 4,9 %; водопоглощение - от 1,6 до 2,1 %, кажущийся удельный вес от 2,356 до 2,402 кг/м³.

С ростом содержания графита (рис. 2) происходит уменьшение содержания кристобалита и увеличение содержания муллита. Однако при содержании более 30 мас.% графита происходит резкое уменьшение муллитообразования с ростом содержания силлиманита.

Основными кристаллическими фазами является муллит, силлиманит и графит. В составах с содержанием графита более 30 мас.% вследствие создания сильно-восстановительной среды, происходит синтез нитрида алюминия, этот процесс подавляет кристаллизацию муллита.

В связи с кратковременностью термообработки (1 ч.) и соотношением в составах SiO₂/Al₂O₃ менее 1,5 (структура 3Al₂O₃·2SiO₂), образование муллита в образцах протекает не полностью, некоторая часть кристаллизуется в виде силлиманита. Эти выводы хорошо согласуются с данными H.Schneidera,

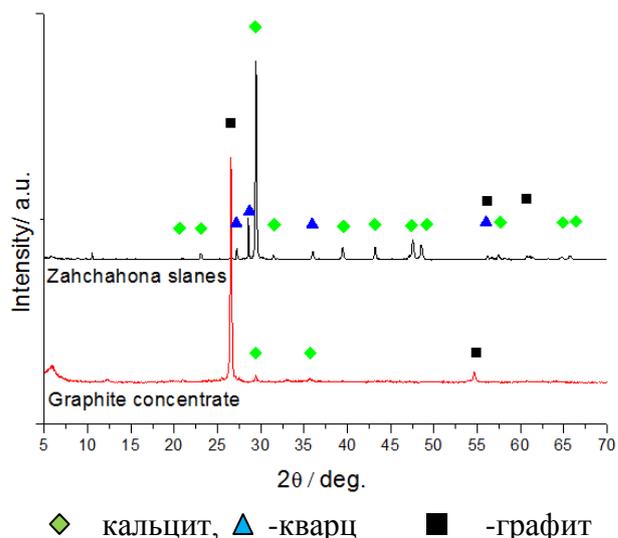


Рис. 1. Дифрактограммы графитизированного сланца и концентрата ГК-2 (проявление Захчахона)

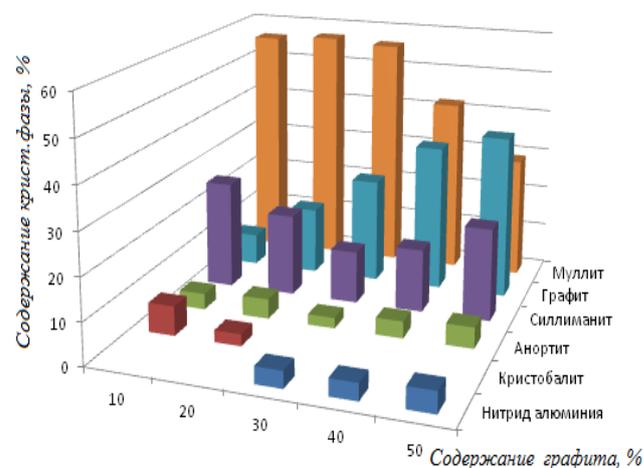


Рис. 2. Изменение содержания муллита и силлиманита в зависимости от содержания углерода.

согласно которым муллит образуется при различных соотношениях Al-Si как твердый раствор состава $Al_2(Al_{2+2x}Si_{2-2x})O_{10-x}$, с x в диапазоне от около 0 до 0,9 (от 55 до 90 мол.% Al_2O_3). При этом при $x=0$ образуется кристаллическая фаза силлиманита, при $x=0,25$ – фаза муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, при $x=0,4$ - фаза муллита $2Al_2O_3 \cdot SiO_2$. Увеличение времени и температуры термообработки способствует формированию кристаллической решетки муллита.

Изучение процесса муллитизации показало, что в зависимости от температуры синтеза и атмосферы муллит способен включать в себя ряд катионов переходных металлов и другие примесные атомы. Этот фактор является решающим при синтезе муллитовых материалов из природных сырьевых материалов, которые содержат широкий ряд примесей оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов и позволяет получать качественные огнеупоры.

Огнеупорность керамических образцов, определенная в условиях ТПП «Огнеупор» составила более 1770 °С, что относит их к высокоогнеупорным материалам. Определение шлакоустойчивости керамических образцов при 1500°С по отношению к металлургическому шлаку Алмалыкского горно-металлургического комбината показало оптимальные показатели для составов с содержанием графита от 5 до 15 мас.%. Синтезированные графитсодержащие алюмосиликатные материалы могут быть использованы для производства тиглей и кирпичей-подстаканников, используемых при разливке черных и цветных металлов.

Дальнейшие исследования были посвящены изучению процессов фазообразования и синтезу графитсодержащих материалов с использованием местных обогащенных графитовых руд и концентратов. При этом синтез осуществлялся на воздухе в окислительной или восстановительной среде.

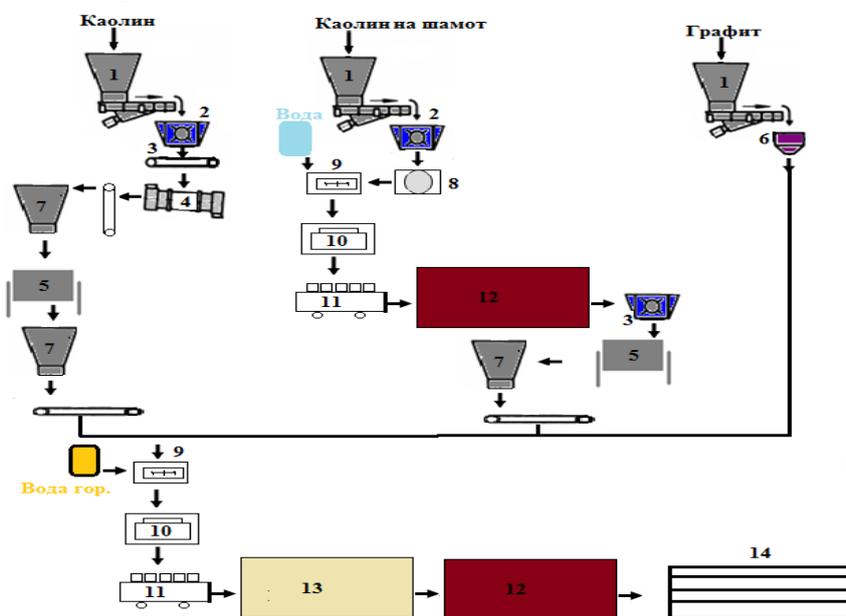
Синтез огнеупоров в системе каолин-графит с использованием обогащенного графитсодержащего сланца проявления Рупат. На основе обогащенного сланца проявления Рупат (содержание в массах от 10 до 50 мас.%); каолина Ангреноского месторождения марки АКФ-78 и шамота на его основе были синтезированы шамотные огнеупоры. Обжиг осуществляли в лабораторной электрической печи с силитовыми нагревателями при 1300 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 час. в коксовой засыпке (для предотвращения окисления графита).

Основная кристаллическая фаза в обожженных образцах представлена муллитом, также присутствуют минералы кварца и α -кристобалита. Оптимальные физико-механические свойства соответствуют составам с содержанием обогащенного сланца Рупат от 10 до 20 мас.%: мас.доля Al_2O_3 - 28-31 мас.%; огнеупорность - 1750 °С; открытая пористость - 4-8 % и отвечают требованиям марки ШС-28 по ГОСТ 11586-2005 (мас.доля Al_2O_3 - не менее 28 мас.%; огнеупорность - не менее 1670°С; открытая пористость - не более 15 %).

Синтез огнеупорных материалов в системе каолин-графит с использованием графитового концентрата Захчахона. Синтезированы графитокерамические материалы с использованием обогащенного графитового концентрата Захчахона (от 10 до 50 мас.% в составах масс). Обжиг осуществляли в электрической печи в

восстановительной среде при 1400°С с выдержкой при максимальной температуре 1 час.

Кристаллическая фаза синтезированных образцов представлена кристаллами муллита и анортита. Присутствующий в составе масс CaO (от 0,83 до 1,79 % в зависимости от состава) положительно влияет на процесс кристаллизации муллита и при высокотемпературном синтезе связывается в составе алюмосиликата - анортита.



1-бункеры для исходного сырья, 2- щековая дробилка, 3- питатель, 4- сушильный барабан, 5 - шаровая мельница, 6- сито, 7 - накопительный бункер, 8 - молотковая дробилка, 9 - мешалка, 10 - гидравлический пресс, 11 - вагонетки, 12 - туннельная печь, 13- сушильная печь, 14- склад готовой продукции.

Рис. 3. Технологическая схема производства графиткерамических изделий.

Оптимальный состав с содержанием 10 мас.% графитового концентрата имеет минимальное значение водопоглощения, пористости, высокий удельный вес и огнеупорность более 1750 °С. Была разработана технологическая схема (рис. 3) и технологический регламент производства графиткерамических изделий (Регламент ТПП «Огнеупор» от 30 сентября 2014 года).

Разработанная технология производства графиткерамических изделий на основе местного сырья прошла полупромышленную апробацию на предприятии по производству кирпича ЧП «Мадаминов М.М.» Ферганской области (Акт ЧП «Мадаминов М.М.» от 15 апреля 2019 года, справка АП «O'zsanoatqurilish materialлари» № 03/06-358 от 15 мая 2019 года). В результате себестоимость полученного на основе графита Захчахона высокоогнеупорного и шлакоустойчивого кирпича составила 5051 сум, определена экономическая эффективность в 6 раз выгоднее по сравнению с импортируемым графит-керамическим кирпичом (Справка ЧП «Мадаминов М.М.» от 6 мая 2019 года).

В шестой главе **«Разработка шлакоустойчивых магнезиально-корундовых огнеупорных керамических материалов и композитов»** с применением методов математического планирования экспериментов на основе

местного сырья были синтезированы магнезиально-корундовые огнеупорные керамические материалы и композиты.

Математическое планирование экспериментов для получения графит- и талькосодержащих шлакоустойчивых керамических материалов с заданными свойствами. Для получения огнеупорных керамических материалов с прогнозируемыми физико-механическими и химическими свойствами были изучены диаграммы состояния систем Ca-O, Mg-O, Al₂O₃-SiO₂, MgO-Al₂O₃-SiO₂, CaO-Al₂O₃-SiO₂, CaO-MgO-SiO₂.

Исследования показали перспективность получения огнеупорных композиций в системах с содержанием MgO, Al₂O₃, SiO₂, с введением графита для повышения их шлакоустойчивости.

Принцип математического моделирования составов смесей использован для определения наилучших показателей плотности материалов, что в совокупности с химическим составом позволяет прогнозировать шлакоустойчивость композиций. Изучены составы смесей с содержанием: x₁ - каолин, x₂ - тальк, x₃ - графит. U₁ - плотность задана в пределах необходимых значений: U_{пл} = 2600-2900 кг/м³.

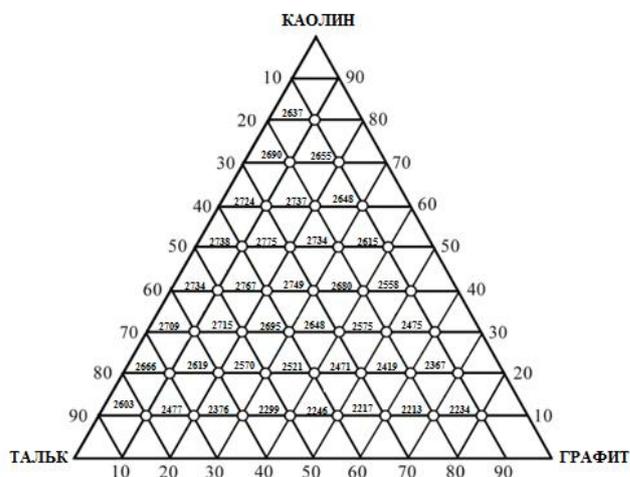


Рис. 4. Результаты симплекс-решетчатого планирования плотности в трёхкомпонентной системе «Каолин-тальк-графит».

Для оптимизации составов был использован симплекс-решётчатый план {3,3}. Число опытов в плане для трёхкомпонентной системы $N = 2^q - 1 = 2^3 - 1 = 7$ и степеней свободы системы $S_y = 7$. На рис. 4 приведены рассчитанные данные для плотности в трехкомпонентной системе.

Расчет показал, что наибольший интерес представляют составы с содержанием графита от 5 до 20 мас.%, т.к. при большем содержании графита происходит резкое уменьшение плотности и увеличение пористости керамических масс.

Синтез шлакоустойчивых композиций в системе каолин-тальк-графит. Для синтеза шлакоустойчивых огнеупорных материалов была выбрана система MgO-Al₂O₃-SiO₂, в частности области кристаллизации форстерита, шпинели и корунда. Исходя из анализа научных разработок и принимая во внимание сырьевую базу Узбекистана были выбраны местные каолин и талько-магнезит. Теоретический анализ областей расположения приведенных к трехкомпонентным составов на основе каолина и талько-магнезита позволяет определить основные кристаллические фазы и количество жидкой фазы при температуре эксплуатации огнеупора. Составы сырьевых материалов и керамических масс приведены к трехкомпонентной системе для обеспечения планирования свойств огнеупорных

композиций. При этом введение графита в состав композиций способствует повышению их шлакоустойчивости, но в реакциях образования новых кристаллических фаз графит не участвует.

Анализ приведенных составов, полученных только на основе сырьевых материалов - обогащенных каолина Ангреноского АКФ-78 и талько-магнезита Зинельбулакского месторождений показал, что все составы (№40-49) находятся на диаграмме состояния системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ в области первоначальной кристаллизации неогнеупорных кордиерита и сапфирина (рис. 5.).

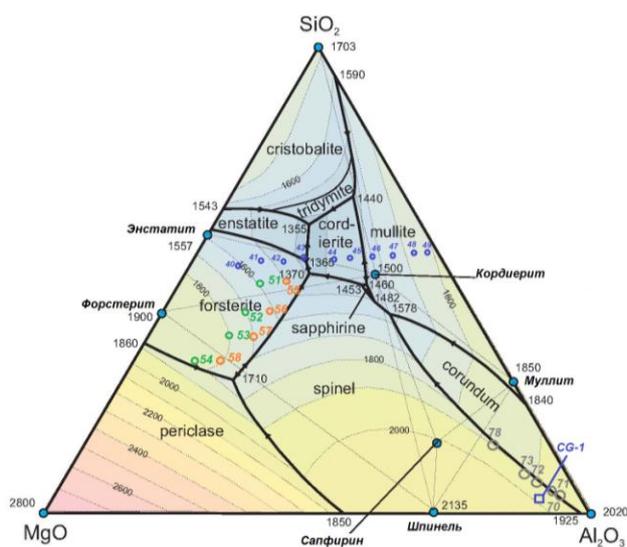


Рис. 5. Расположение исследуемых составов на диаграмме состояния системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$.

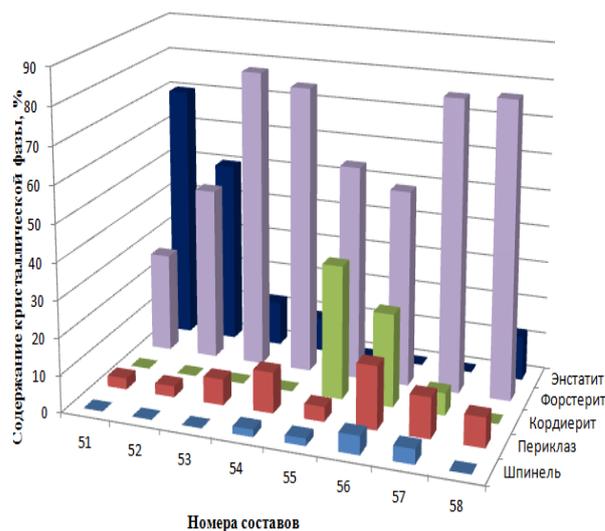


Рис. 6. Минералогический состав обожженных керамических образцов форстеритового состава

В связи с этим для синтеза огнеупорных и шлакоустойчивых керамических материалов в системе $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ были рассчитаны составы в области кристаллизации форстерита (составы № 51-58), а также составы в области кристаллизации корунда и шпинели (составы № 70-79).

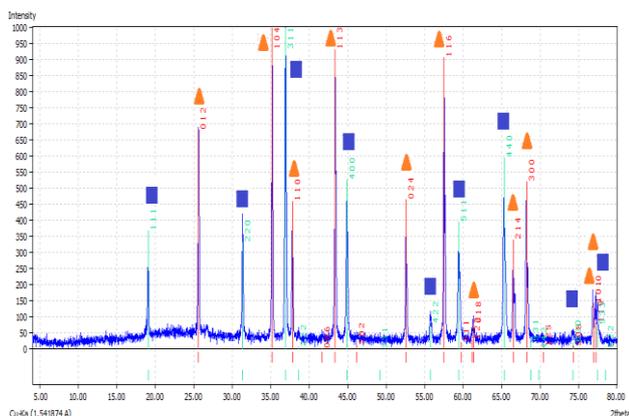
Для получения огнеупоров форстеритового состава (№ 51-58) были использованы обогащенный талько-магнезит Зинельбулакского месторождения, каолин марки АКФ-78 и периклаз плавленный марки ППЭ-87. Обжиг образцов осуществляли в силитовой печи при $1350\text{ }^{\circ}C$ в течение 1 ч. Минералогический состав обожженных образцов изучался рентгенографическим методом анализа (рис. 6). Огнеупорность оптимального состава № 53 с содержанием форстеритовой фазы 81% составила $1750\text{ }^{\circ}C$, что относит эти составы к высокоогнеупорным материалам. Была разработана технологическая схема и технологический регламент производства огнеупорных форстеритовых изделий, сфера применения которых включает тепловые агрегаты, регенераторы, мартеновские печи и др. (Регламент ТПП «Огнеупор» от 5 декабря 2018 года).

Для получения высокоглиноземистых составов интерес представляли составы, находящиеся в поле кристаллизации шпинели $MgAl_2O_4$ с температурой плавления $2105\text{ }^{\circ}C$. Согласно диаграмме состояния системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ шпинельные составы соответствуют содержанию компонентов: MgO - от 20 до

50%; Al_2O_3 - от 20 до 60%; SiO_2 - от 20 до 50%. В качестве сырьевых материалов использованы электрокорунд (Казогнеупор), Зинельбулакский талько-магнезит и обогащённый графитовый концентрат Захчахона в количестве от 5 до 10 мас. % (составы № 70-82). В качестве стандарта для сравнения использован состав марки АПУК-70 (алюмопериклозуглеродистые ковшовые изделия с массовой долей Al_2O_3 не менее 70 %) по ГОСТ 5341-2016. Образцы обжигались в силитовой печи при 1500-1520 °С в течении 2 ч.

Исследование структуры шлакостойких магнезиально-корундовых огнеупорных керамических материалов и композитов. Изучение фазообразования в синтезированных магнезиально-корундовых огнеупорных материалах состава №70-82 показало, что при температурах обжига 1000 °С микроструктура материала рыхлая, неспечёная, содержит форстеритовую, энстатитовую и корундовую фазы. При 1200 °С в системе $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ в присутствии небольшого количества разрешенных по ГОСТ 5341-2016 примесей происходит образование легкоплавких соединений, образуется жидкая стеклофаза и начинается формирование шпинели.

По результатам полуколичественного рентгенофазового анализа минералогический состав материалов представлен корундом Al_2O_3 - от 60 до 70% и шпинелью MgAl_2O_4 - от 30 до 40 % (рис. 7). Параметры кристаллической ячейки кубической шпинели составляют $a=0,8078$ нм (8,0775 Å), что хорошо соответствует эталону сравнения №00-075-1796 (Match, $a=8,0788$ Å, пр.гр. Fd3m).



■ - MgAl_2O_4 , ▲ - Al_2O_3 .

Рис. 7. Дифрактограмма оптимального состава керамики-77, синтезированной при 1450 °С

Образование фазы шпинели приводит к повышению шлакоустойчивости огнеупорных композиций, в отличие от графит-шамотных огнеупоров, основная фаза которых – муллит в некоторых случаях может взаимодействовать с CaO , содержащимся в составе шлаков.

При этом синтез шпинели в составах №75-78 происходит при гораздо более низких температурах (при 1450 °С), чем традиционная температура спекания изделий из шпинели (1750°С). Это способствует значительной экономии энергорасходов при синтезе

высокоогнеупорных материалов.

В обожжённом керамическом материале связка представлена высокоглиноземисто-силикатной фазой. Поры в керамическом образце в основном изолированные, округлые, размером от 10 до 50 μm .

Изучение физико-механических свойств синтезированных материалов показало, что керамические материалы № 70-82 обладают плотностью от 2520 до 2770 кг/м^3 , показателем водопоглощения от 10,52 до 11,71 %, открытой пористостью от 27 до 31 %, кажущимся удельным весом от 2420 до 2750.

Прочность на сжатие образцов составила от 100 до 120 МПа, огнеупорность образцов - более 1800 °С.

Определение шлакоустойчивости материалов по отношению к металлургическому шлаку Алмалыкского горно-металлургического комбината статическим методом в течении 2 часа при 1550 °С показало, что оптимальными являются составы № 75-77, которые продемонстрировали более высокую устойчивость к воздействию расплавленных металлов. Область проникновения шлака в образцах состава № 75-77 составила 0,25-0,3 см, при таких же условиях глубина проникновения шлака в шамотных огнеупорах составила 1,5-2,2 см. Проникновение металлургического шлака происходит в небольших количествах по границе фаз и порам образца.

Оптимальные шпинель-корундовые составы №75-77 были синтезированы с использованием отходов промышленности: для введения Al_2O_3 был использован глинозём-содержащий отход Шуртанского газо-химического комплекса (состав ГСС-4). По заключению ТПП «Огнеупор» синтезированные материалы относятся к высокоогнеупорным с температурой плавления более 1800 °С (Протокол ТПП «Огнеупор» от 13 января 2017 года, справка АП «O'zsanotqurilish materiallari» № 03/06-358 от 15 мая 2019 года).

В седьмой главе «Разработка технологии синтеза методом контролируемого пиролиза, структура и свойства синтезированных композитов», приведены результаты исследований по получению технической керамики методом контролируемого пиролиза, изучена структура и свойства синтезированных композитов.

Синтез графит-корундовых огнеупорных композиционных материалов с использованием кремний-органических связей и изучение их структуры. По технологии синтеза методом контролируемого пиролиза с использованием активных наполнителей «Active-Filler-Controlled Pyrolysis» (AFCOP) были синтезированы огнеупорные композиционные материалы и техническая керамика с функциональными свойствами.

Исследования проводились совместно с учеными Университета Падуа (Италия) проф. Э.Бернардо и Л.Фиокко. Оптимальный состав №77 был синтезирован с использованием фенилметил полисилоксана SILRES[®] H44; γ - Al_2O_3 (Puralox); $Mg(OH)_2$ (BITOSSI, Italy); графит вводился частично с силиконом H44, частично путём добавления графитового концентрата.

Минералогический состав обожженных при 1550 °С в течении 1 ч. в трубчатой печи в среде азота материалов представлен оксинитридом алюминия $Al_{2.85}O_{3.45}N_{0.55}$ - 52, корундом - 45 и графитом - 3 мас. %.

Размеры кристаллов в графит-корундовой керамике CGC-2 при обжиге в среде азота по результатам СЭМ-анализа (рис.8): для корунда - 0,6-0,8 мк; для оксинитрида алюминия 50-100 нм. Это свидетельствует о формировании в материале наноструктурной матрицы.

Оксинитрид алюминия с общей формулой $(AlN)_x(Al_2O_3)_{1-x}$, является уникальным соединением, обладающим повышенными механическими и термическими свойствами. Однако широкому использованию $AlON$ препятствует дороговизна его изготовления, т.к. синтез требует очень высоких

температур (1950-1990 °С), давления и специфического теплового оборудования. В связи с этим в настоящее время актуальными являются разработки по энергосберегающим технологиям синтеза AlON для обеспечения более высокого выхода, а также снижения себестоимости конечного продукта.

Присутствие оксинитрида алюминия и корунда в составе синтезированной графит-корундовой керамики способствует повышению механических и термических свойств материалов.

При обжиге керамики состава CGC-2 на воздухе при 1400 °С основными кристаллическими фазами являются корунд Al_2O_3 - 66,4 % и шпинель $MgAl_2O_4$ - 27,4 %, с небольшим содержанием силлиманита Al_2SiO_5 - 5,2 % и карбида кремния SiC - 1,0 %.

Анализ процессов фазообразования показал, что в составах, полученных на основе электрокорунда, талька и графитового концентрата Захчахона наличие небольших количеств оксидов-плавней способствует образованию твёрдых растворов со структурой шпинели. В отсутствие примесей структурообразование в системе сопровождается образованием шпинели, силлиманита и карбида кремния.

На рис. 9 приведены результаты испытания керамического образца на шлакоустойчивость по отношению к металлургическому шлаку АГМК при 1550 °С в течение 2 ч. Область проникновения шлака (на рис. 9 - справа) составила 0,1-0,6 мм и представлена кристаллами силлиманита и железосодержащей фазой с включениями корунда. Изучение картины распределения Fe показывает путь проникновения шлака по порам.

Механические свойства образцов определялись методом неразрушающего динамического резонанса на 5 образцах, прочность на изгиб варьировалась от 60,95 до 75,12 МПа, модуль Юнга составлял от 88,7 до 106,6 ГПа. Огнеупорность составила более

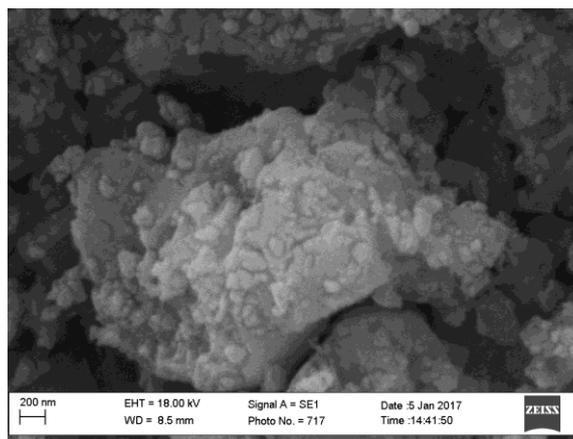


Рис. 8. СЭМ снимки керамики состава CGC-2: формирование кристаллов оксинитрида алюминия.

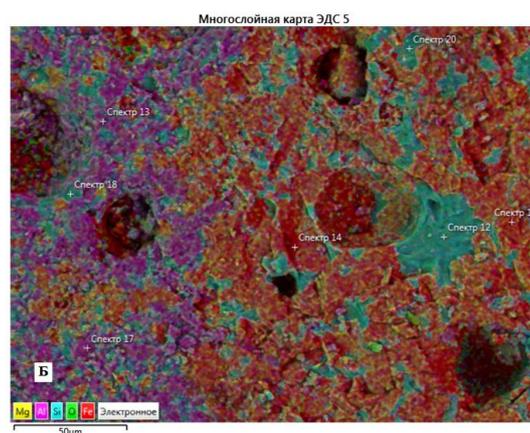
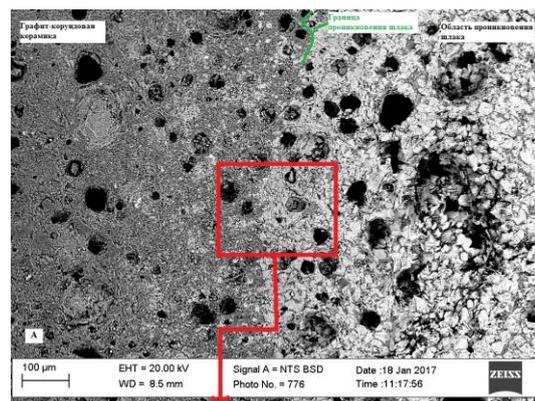


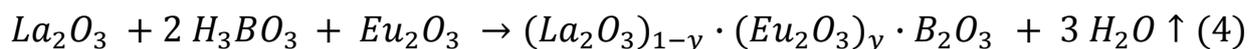
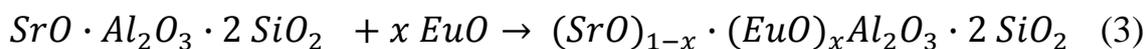
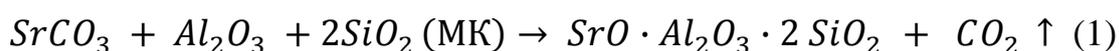
Рис. 9. СЭМ состава CGC-2 (А), распределение элементов на срезе образца (Б) после проверки на шлакоустойчивость.

1800 °С (Протокол ТПП «Огнеупор» 30 мая 2017 года, справка АП «O'z sanoat qurilish materiallari» № 03/06-358 от 15 мая 2019 года).

Полученный материал отличается наиболее высокой шлакоустойчивостью и механической прочностью и может быть рекомендован для использования в ответственных частях металлургического производства, в непосредственном контакте с металлургическим шлаком. Была разработана технологическая схема получения графит-корундовой керамики методом направленного пиролиза с использованием в качестве термореактивной связки силиконов, рекомендованные для производства графиткорундовых тиглей, стопорных стаканов.

Получение нанокompозитов, допированных редкоземельными элементами с использованием кремнийорганических соединений и изучение их структуры. Были получены алюмо-боро-кремниевые керамические композиты состава $SrAl_2Si_2O_8/LaBO_3$ с люминесцентными свойствами по технологии контролируемого пиролиза с использованием кремний-органических полимеров и наноразмерных реактивных наполнителей: метил-полисилоксана МК (SILRES[®]), $\gamma-Al_2O_3$ (nano, 15 nm), H_3BO_3 , $SrCO_3$ (micro), La_2O_3 (micro) и Eu_2O_3 (nano, purity >99.9%, 45-58 nm).

Согласно результатам рентгенофазового анализа (рис. 10) минералогический состав синтезированных при 1000-1100 °С материалов представлен кристаллическими фазами моноклинной модификации - $SrAl_2Si_2O_8$ от 61 до 63 % (№00-070-1862, Match!) и $La_{26}(BO_3)_8O_{27}$ от 39 до 37 % (№00-086-1218, Match!), при 1100 °С дополнительно присутствует в небольших количествах $LaBO_3$ (4%, №00-073-1149, Match!). Синтез фаз связан со следующими процессами:



Фотолюминесценция синтезированных образцов изучалась на спектрофлуорометре FP-6300, JASCO, оборудованной Хе лампой. Эмиссия наблюдалась при 612 и 450 нм, люминесцентные спектры фиксировались в диапазоне между 320 до 700 нм (рис. 11).

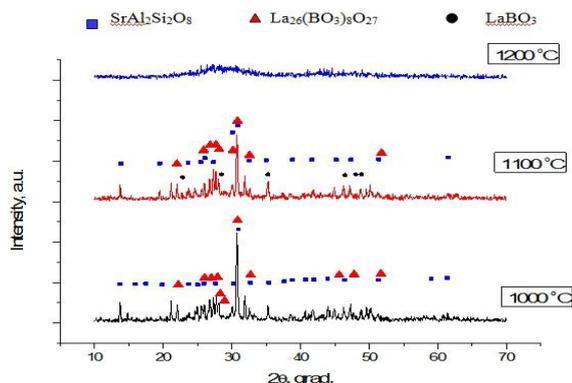


Рис. 10. Диффрактограммы синтезированных при 1000, 1100 и 1200 °С материалов состава $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8/\text{LaBO}_3$

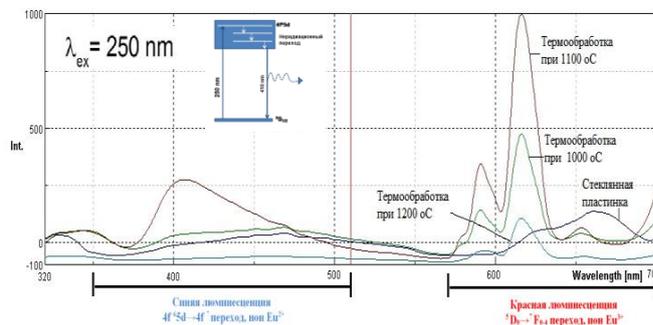


Рис. 11. Спектры люминесценции образцов, активированных ионами европия, синтезированных при 1000-1200 °С

Образцы, термообработанные при 1200 °С имеют эмиссионные полосы низкой интенсивности при 591 нм ($^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$) и сильные эффекты при 616 нм ($^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$). Образцы, термообработанные при 1000 и 1100 °С имеют полосы люминесценции большей интенсивности, причём наибольшая интенсивность характерна для образцов, синтезированных при 1100 °С. В спектре люминесценции наблюдаются три полосы в оранжевой и красной области, свойственные ионам трёхвалентного европия соответственно при переходах $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$ (591 нм), $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$ (616 нм), $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_3$ (655 нм); а также широкая полоса в синей области спектра, связанная с излучением ионов двухвалентного европия при переходе $4\text{f}^6 5\text{d} \rightarrow 4\text{f}^7$ (400-410 нм).

Синтезированные при 1100 °С композиционные материалы, активированные ионами европия обладают сильной фотолюминесценцией в красной области и умеренной – в синей области спектра. Синтезированные материалы могут быть рекомендованы для использования в качестве люминофоров, при производстве плазменных, катодолюминесцентных, электролюминесцентных индикаторов и индикаторных панелей, а также в лазерной технике. Полученные образцы люминесцентных материалов эффективно излучают в видимой области спектра и могут применяться в производстве люминесцентных красок и строительных материалов.

Разработка технологии производства люминесцентных композитов методом направленного пиролиза. Данная разработка по получению люминесцентных материалов с использованием кремний-органических соединений является экономически выгодной и позволяет получить композиты с двойным свечением при одностадийной термической обработке при 1100 °С, в отличие от классического двухстадийного метода, при котором необходимо получение стекла при 1600 °С и термообработка при 950-1000 °С для обеспечения необходимых кристаллических фаз.

На основе проведенных исследований была разработана технология производства люминесцентных композитов методом контролируемого пиролиза, которая приведена на рис. 12.

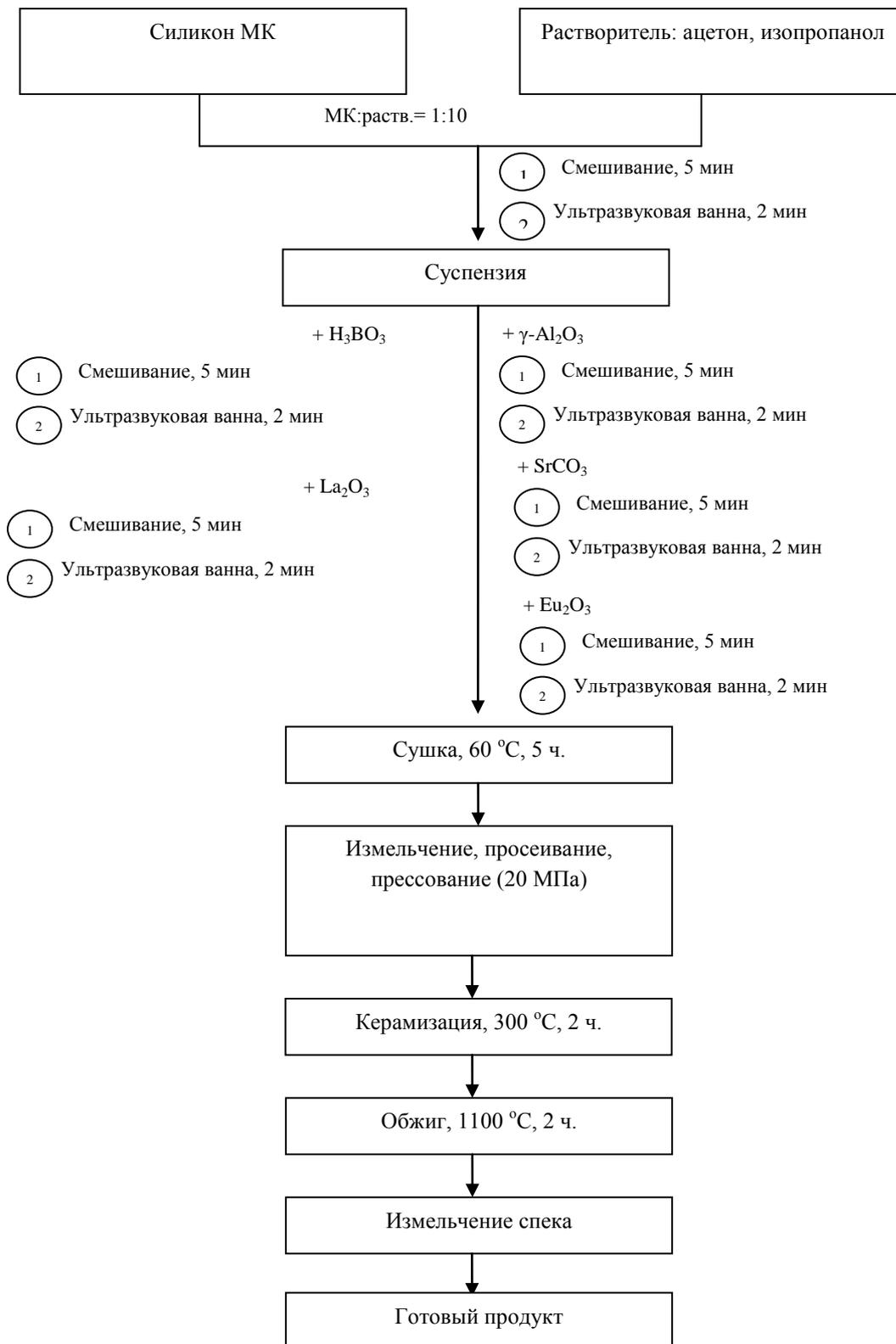


Рис. 12. Технологическая схема получения люминесцентного материала, допированного ионами европия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны технологическая схема и материальный баланс обогащения графитовых сырьевых материалов проявлений Рупат, Заучак, Букантау, Захчахона и месторождения Тасказган.

2. Показано изменение структуры талько-магнезита Зинельбулакского месторождения при температуре выше 1000 °С и образование магнезиовюститов с температурой плавления более 2500 °С.

3. Изучены закономерности кристаллообразования в инертной среде в системе каолин-графит и установлено, что основная кристаллическая фаза в продуктах обжига представлена твердым раствором состава $Al_2(Al_{2+2x}Si_{2-2x})O_{10-x}$ с высокой огнеупорностью (более 1770 °С).

4. Разработаны графит-шамотные огнеупоры на основе обогащенного графита проявления Рупат, первичного обогащенного каолина Ангреновского месторождения марки АКФ-78 и шамота, отвечающие требованиям марки ШС-28 по ГОСТ 11586-2005 с огнеупорностью 1750 °С.

5. С использованием методов математического планирования на основе местных сырьевых ресурсов в области кристаллизации форстерита, шпинели и корунда системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ разработаны составы и технологии получения шлакоустойчивых высокоогнеупорных материалов.

6. Впервые методом контролируемого пиролиза (AFCOP) получены графитсодержащие шпинелькорундовые керамические материалы, установлена зависимость состав-свойство для синтезированных материалов, высокоогнеупорные и шлакоустойчивые материалы с огнеупорностью более 1800 °С рекомендованы для использования в наиболее ответственных переделах металлургической, химической и машиностроительной отраслей производства.

7. Установлено влияние среды на процессы фазообразования шпинелькорундовых керамических масс при направленном пиролизе с использованием кремний-органических соединений и определено образование наряду с корундом в нейтральной среде оксинитридов алюминия переменного состава $(AlN)_x(Al_2O_3)_{1-x}$, в окислительной среде шпинели $MgAl_2O_4$ и силлиманита Al_2SiO_5 , обеспечивающих их высокие термические свойства.

8. Синтезирован двухфазный композит (алюмосиликатная фаза/боратная фаза), легированный ионами Eu одностадийным обжигом смесей силиконов и реактивных наполнителей по технологии AFCOP, обладающий двойственным свечением в двух диапазонах - в области красных и синих спектров могут быть использованы в производстве современных осветительных приборов, строительных материалов, красок, лаков и др.

9. Рекомендованы составы и технологии производства высокоогнеупорных форстеритовых и графиткерамических изделий на основе местных сырьевых материалов.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.27.06.2017.T.04.01 UNDER
TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE
GIVING THE DEGREE OF DOCTOR OF SCIENCE**

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

BABAKHANOVA ZEBO ABDULLAEVNA

**TECHNOLOGICAL FUNDAMENTALS OF REFRACTORY MATERIALS AND
COMPOSITES PRODUCTION BASED ON RARE EARTH ELEMENTS,
GRAPHITE AND TALC-CONTAINING RAW MATERIALS**

02.00.15 - Technology of silicate and refractory non-metallic materials

DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF SCIENCE (DSc) IN TECHNICS

Tashkent - 2019

Theme of Dissertation of Doctor of science (DSc) is registered at Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.3.DSc/T166.

Dissertation was carried out at Tashkent Chemical-Technological Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (russian, uzbek, english (resume) on the scientific council website www.tkti.uz and on the website of “Ziyonet” Information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific Consultant:	Aripova Mastura Khikmatovna Doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	Gulyamova Dilbar Djuraevna Doctor of Chemical Sciences, Professor Atakuziev Timur Azimovich Doctor of Technical Sciences, Professor Iskenderov Akhmed MAksedbaevich Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading organization:	Tashkent State Technical University

The presentation of doctoral thesis will be held on “20” July, 2019 at “10⁰⁰” at the meeting of the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.04.01 at the Tashkent Chemical-Technological Institute (Address: 32, Navoi street, Tashkent 100011, Uzbekistan. tel (+99871) 244-79-21; fax: (+99871) 244-79-17; e-mail: tkti-info@edu.uz).

Doctoral dissertation can be reviewed at the Information-resource center at Tashkent Chemical-Technological Institute (registered number 79). Address: 32, Navoi street, Tashkent 100011, Uzbekistan. tel (+99871) 244-79-21; fax: (+99871) 244-79-17; e-mail: tkti-info@edu.uz

Abstract of dissertation sent out on “06” July 2019 y.

(mailing report № 2 on “17” June 2019 y.).

S.M.Turibjonov
Chairman of the Scientific Council for the
Award of scientific Degrees,
Doctor of technical sciences, Professor

A.S.Ibodullaev
Scientific Secretary of the Scientific Council for the
Award of scientific Degrees,
Doctor of technical sciences, Professor

M.U.Yunusov
Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council for the
Award of scientific Degrees,
Doctor of technical sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

The aim of the research work is to develop compositions and technologies for the production of refractory materials and composites using graphite and talc-containing local raw materials, as well as to develop the technology for producing technical luminescent materials by the method of directional pyrolysis using rare-earth elements and organosilicon compounds.

The objects of research are ceramic and composite materials, graphite-containing rocks of Uzbekistan, enriched graphite concentrate, talc, kaolin, alumina-containing raw materials and production wastes as well as organosilicon compounds.

The scientific novelty of the thesis:

enrichment technologies, as well as physicochemical and structural properties of local raw materials graphite and graphite-containing schists, talc-magnesite from Zinelbulak deposit were studied to obtain high-refractory and slag-resistant ceramic materials and composites;

established the nature of the influence of technological factors on the degree and rate of enrichment of graphite-containing schists;

studied the patterns of synthesis of graphite-containing ceramic materials in various environments, determined the effect of components on the structure and properties of the synthesized materials, determined the optimal parameters for the production of ceramic materials with high refractoriness and slag-resistance;

correlation dependence of the phase formation processes were determined by mathematical planning of new types of graphite and talc-containing ceramic materials based on the $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ system state diagram using local raw materials and refractory fillers;

fundamentals of obtaining technical and refractory ceramic materials based on the synthesis technology of controlled pyrolysis with the usage of active filters «Active-Filler-Controlled Pyrolysis» (AFCOP) were studied and for the first time using a single-stage technology based on rare-earth elements and organosilicon compounds by controlled pyrolysis, a luminescent material with a dual glow was obtained, developed the technology for the production of luminescent material;

the compositions and production technology of mullite refractory materials into the kaolin-graphite system have been developed;

the technology for the production of refractory graphiteceramic and forsterite products based on local raw materials has been developed and implemented.

Implementation of research results. Based on the scientific results of developing the production technology of refractory and slag-resistant materials based on graphite- and talc-containing raw materials:

technological regulations for production of refractory graphiteceramic and forsterite products based on local raw materials were developed and approved in accordance with paragraph 67 of JSC «Uzkimyosanoat» (Order No. 114 of October 16, 2014 of JSC «Uzkimyosanoat») by TPC «Ogneupor». As a result, the developed methods allow to obtain refractory graphiteceramic and forsterite products on the basis of local raw materials;

technologies of enrichment of local raw materials graphite shales were implemented at the Commercial-Industrial Enterprise «Ogneupor» (Reference Letter of «O'zsanoatqurilishmateriallari» No. 03 / 06-358 dated May 15, 2019). As a result, enriched graphite allows replacing imported from abroad products by 100%.

compositions and technologies of graphiteceramic and spinel-corundum refractory materials production have been implemented at the Commercial-Industrial Enterprise «Ogneupor» (Reference Letter of «O'zsanoatqurilishmateriallari» No. 03 / 06-358 dated May 15, 2019) As a result, allowed to develop new types of high-refractory and slag-resistant products;

the technology of production of graphite ceramic products based on local raw materials has been implemented at the «Madaminov M.M.» plant for the production of ceramic bricks in Fergana region (Reference Letter of «O'zsanoatqurilishmateriallari» No. 03 / 06-358 dated May 15, 2019; Reference Letter of Scientific-Production And Engineering Centre of LTD «O'zqurilishmateriallariLITI» No. 52 dated May 24, 2019). As a result, it allowed to reduce the cost of high-refractory and slag-resistant bricks obtained on the basis of local graphite by 6 times and to increase the service life by 1,5 times.

Approbation of research results. The main results of the dissertation have been presented at 9 international and 15 republican scientific-practical conferences.

Publication of research results. 48 research works have been published on the thesis topic, out of which, 13 were articles, 6 in republican and 7 in foreign journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publishing the main scientific results. Published 35 theses of reports in international and national scientific conferences.

Structure and scope of work. The structure of the dissertation consists of an introduction, 7 chapters, conclusion, list of references and appendices. The dissertation volume is 186 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Мкртчян Р.В., Хамидов Р.А., Ходжаев Н.Т. Изучение минералогического состава кварц-графитизированных сланцев проявления Рупат Сурхандарьинской области // *Kimyo va kimyo texnologiyasi.*-Ташкент. 2013. № 2. - С. 6-11. (02.00.00. № 3).
2. Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Синтез технических керамических материалов на основе кремнийорганических соединений // *Узбекский химический журнал.*-Ташкент. 2015. №3.- С. 16-21 (02.00.00. № 6).
3. Худойназаров Қ., Бабаханова З.А. Маҳаллий кварц-графитли сланецларни флотацион бойитиш натижасида графит концентратини ишлаб чиқариш технологияси // *Композиционные материалы.* - Ташкент. 2015, №2. - С. 37-41. (02.00.00. № 4).
4. Laura Fiocco, Zebo Babakhanova, Enrico Bernardo. Facile obtainment of luminescent glass-ceramics by direct firing of a preceramic polymer and oxide fillers // *Ceramics International.* - 2016, 42. - P. 6770-6774. www.elsevier.com/locate/ceramint, SCImago (41), H Index 82, Q1. SJR 0,78. CiteScore: 2.85. IF - 6,0.
5. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Бернардо Э. Синтез люминесцентных стеклокристаллических материалов, активированных ионами европия с использованием кремнийорганических соединений (силиконов) // *Стекло и керамика.* - Москва. 2016. № 4. - С. 11-14. <http://www.glass-ceramics.ru/nomer.php>. Web of science (1), Springer (11). IF - 0,31.
6. Babakhanova Z., Aripova M., Khodjaev N., Khamidov R. The Study of the Mineralogical Composition and Flotation Parameters of Quartz-Graphitized Schist // *Chemistry & Chemical Technology.* - Lviv. 2016. Vol. 10. No. 3.- P. 343-348. ISSN 1996-4196. Scopus (3), SCImago (41), H Index 7, Q3. IF - 0,12.
7. Babakhanova Z., Aripova M., Bernardo E. The Synthesis of Luminescent Glass-Ceramic Materials Activated with Europium Ions using Silicon-Organic Compounds (Silicones) // *Glass and Ceramics,* Springer Science+Business Media. - New York. 2016. Vol. 73. No. 3 - 4, July. DOI: 10.1007/s10717-016-9839-2. - P. 124-127. Web of science (1), Springer (11). IF - 0,31.
8. Бабаханова З.А., Рузимова Ш.У., Тургунов Ш.Р. Огнеупорные графитсодержащие керамические материалы в системе MgO-Al₂O₃-SiO₂ // *Universum: технические науки.* - Москва. 2 (35) 2017.- С. 42-53. <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4253> (02.00.00. №1).
9. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Рузимова Ш. Изучение фазообразования в системе графит-каолин при обжиге в инертной среде // *Kimyo va kimyo texnologiyasi.*-Ташкент. 2018. № 3.- С. 28-32. (02.00.00. № 3).
10. Бабаханова З.А. Синтез композитов с люминесцентными свойствами на основе алюмосиликатов редкоземельных элементов с использованием

кремнийорганических соединений // Композиционные материалы. –Ташкент. 2018. № 4.- С. 9-15. (05.00.00. № 13).

11. Babakhanova Z. A., Aripova M. Kh. Highly Refractory Alumina-Periclase-Carbon Ceramic Materials Based on a Spinel Binder// Refractories and Industrial Ceramics. Springer Science+Business Media. - New York. 2019. Volume 59. No 5. - P-454-458. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11148-019-00253-w>. Springer (11). IF - 0,59.

II бўлим (II часть; part II)

12. Эргешов А.М., Хамидов Р.А., Хакбердиев Н.М., Арипова М.Х., Бабаханова З.А. Геологическое строение, вещественный состав проявления графита Захчахона // Геология и минеральные ресурсы. - Ташкент. 2013, № 2. - С. 48-54. (04.00.00. № 2).

13. Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Комплексное изучение кварц-графитизированных сланцев проявления Рупат (Узбекистан) // Химическая промышленность. - Санкт-Петербург. 2014. №7.- С. 12-22. (02.00.00. № 21).

14. Хамидов Р.А., Ходжаев Н.Т., Эргешов А.М., Арипова М.Х., Бабаханова З.А. Метаморфическая графитовая минерализация Юго-Западных отрогов Гиссарского хребта/Респ.конф. «Диверсификация сырьевой базы промышленности Республики Узбекистан: критерии поиска и оценки нетрадиционных типов полезных ископаемых».- Ташкент, 2012. -С. 146-147.

15. Арипова М.Х., Бабаханова З.А., Мкртчян Р.В., Хамидов Р.А., Ходжаев Н.Т. О возможности использования кварц-графитизированных сланцев месторождения Тасказган и Букантау/ Сб. матер. XVII-ой научно-практ.конф. «Инновация-2012». -Ташкент, 2012.- С. 76-78.

16. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Мкртчян Р.В. Минералогическое исследование графитсодержащих сланцев проявления Рупат / Сб. трудов научно-технической конф. «Кимё ва озиқ-овқат саноатлари ҳамда нефт-газ қайта ишлашнинг инновацион технологияларини долзарб муаммолари».- Ташкент, 2012. - С. 199-200.

17. Ибрагимов Ш., Бабаханова З.А. Қурилиш ғишти ишлаб чиқарилишда графитли чиқиндилардан фойдаланиш/ Сб. трудов научно-технической конф. Умидли кимегарлар-2013. -Ташкент, 2013.- С. 41-42.

18. Номозов У., Бабаханова З.А. Кварц-графитли сланецларни бойитиш усуллари. / Сб. трудов научно-технической конф. «Умидли кимегарлар-2013». - Ташкент, 2013.- С. 69-70.

19. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Мкртчян Р.В., Ибрагимов Ш. Обогащение кварц-графитизированных пород проявления Рупат/ «Узбекистон ёқилги минерал хом ашеларини кимевий йул билан қайта ишлаш ютуқлари ва истикболлари» Респ.науч.-тех.конф.- Ташкент, 2013.- С. 65-67.

20. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Хамидов Р.А., Ходжаев Н. Изучение минералогического состава кварц графитизированных кристаллических сланцев Узбекистана/ 78 научно-техническая конф. Белорусского государственного технологического института. - Минск, 3-13 февраля 2014 г. <http://www/belstu.by>

21. Номазов У., Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Обогащение кварц-графитизированных пород проявления Рупат (Узбекистан) /VI Международный студенческий научный форум. РФ, 15.02.2014. <http://www/scienceforum.ru/2014/733/6757>.

22. Бабаханова З.А., Арипова М.Х. и др. Керамические материалы на основе кварц графитизированных сланцев проявления Заучак/ XXXVII Международная научно техническая конференция «Технические науки - от теории к практике». - Новосибирск, 27.08.2014. <http://sibac.info/14899>.

23. Babakhanova Z. A., Aripova M. Kh., Aripov J. Studying the structure of quartz-graphite schists using SEM analysis / Fifth National Crystallographic Symposium with International Participation, September 25-27, 2014. - Sofia, Bulgaria, University of Chemical Technology and Metallurgy. Program and abstracts. -P. 30.

24. Номозов У., Бабаханова З.А. Графит керамик материаллар такрибларини тузиш ва ҳоссаларини урганиш /Труды XXIII-научно-технической конференции молодых учёных, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимегарлар-2014».- Ташкент, 1-5 май 2014 г. - С. 165-166.

25. Номазов У., Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Обогащение кварц-графитизированных пород проявления Рупат Сурхандарьинской области Узбекистана/ Республиканский межвузовский сборник «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук». Часть 1. - Ташкент, 2014. - С. 139-142.

26. Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Анализ химико-минералогического состава графитового сланца проявления Рупат /Сб. научных трудов IV Республиканской научно-практической конференции «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари». I том. - Термез, 2014.- С. 163-164.

27. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Номазов У., Хамидов Р.А., Ходжаев Н.Т. Получение огнеупорных графит-керамических материалов на основе сырья проявления Рупат /Материалы международной научно-технической конференции «Механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан». - Ташкент, 18 августа 2014 г. - С. 500-502.

28. Хакбердиев Н.М., Хамидов Р.А., Ходжаев Н.Т., Бабаханова З.А., Арипова М.А. Качественная характеристика и возможности технологического обогащения графитовых руд проявления Захчахона/ Материалы международной научно-технической конференции «Механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан».- Ташкент, 18 августа 2014 г. - С. 532-535.

29. Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Маҳаллий хомашёлар асосида графиткерамик материаллар олиш/ Республиканская конференция «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефте-газовой и пищевой промышленности».- Ташкент, 18-20 ноября 2014 г.- С. 135-136.

30. Бабаханова З.А., Эргашев С.И. Получение графит-корундовых керамических изделий методом горячего прессования/Республиканский межвузовский сборник «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук». - Ташкент, 2015. - С. 73-74.

31. Бабаханова З.А., Худойназаров К., Наимов Ш. Изучение процесса флотационного обогащения графитсодержащих сланцев / Сборник материалов Республиканской научно-технической конференции «Ноанъанавий кимёвий технологиялар ва экологик муаммолар», Ферганский политехнический институт.- Фергана, 2015 г. - С. 34-36.

32. Zebo Babakhanova, Mastura Aripova, Sarvar Ergashev, Enrico Bernardo, Laura Fiocco. Obtaining of advanced ceramics by direct firing of a preceramic polymer and oxide nano fillers/ International conference «The actual problems of innovative technologies in the development of oil and gas, chemical and food industry» dedicated to the twenty-fifth anniversary of the Tashkent chemical technological institute. - Tashkent, Uzbekistan, 26-27 may, 2016.- P. 302-303.

33. Гулямова Ф.А., Бабаханова З.А. Изучение минералогического состава талька Зинельбулакского месторождения и получение на его основе магний-силикатных стёкол и ситаллов/ Труды XXV-научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимёгарлар-2016». 1 Том. -Ташкент, 2016. - С. 11.

34. Бабаханова З.А, Арипова М.Х., Рузимова Ш.У., Тургунов Ш.Р. Изучение структуры шлакоустойчивых керамических материалов/ Пятая Республиканская конференция по аналитической химии с международным участием «Аналитика РБ-2017». Сборник тезисов докладов. - Минск, 19-20 мая 2017 г.- С. 129-130.

35. Бабаханова З.А., Арипова М.Х., Рузимова Ш.У., Тургунов Ш.Р. Получение шлакоустойчивых огнеупорных графитсодержащих керамических материалов /«Фан-техника, таълим ва технологиялар: долзарб муаммолар ва ривожланиш тенденциялари» илмий-техник анжуман материаллари тўплами (2-қисм). - Жиззах, 14-15 апрель 2017. - С. 65-68.

36. Бабаханова З.А. Синтез керамических композитов с использованием кремнийорганических соединений /Межд. Конф. «Актуальные проблемы физики и химии полимерных композитов а также технология конструктивных материалов». - Наманган, 11-12 июля 2017.- С. 150-154.

37. Рузимова Ш.У., Бабаханова З.А. Моделирование огнеупорных составов в системе $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ /Труды XXVI-научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Умидли кимёгарлар-2017». - Ташкент, ТХТИ. 2017.- С.101-102.

38. Тургунов Ш.Р., Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Определение параметров кристаллической решетки шпинели, синтезированной в системе $MgO-Al_2O_3-SiO_2$. Там же. - С. 123-124.

39. Бабаханова З.А., Сайназов Ж. Антифрикционные графитсодержащие материалы на основе местного сырья. Там же. - С. 103-104.

40. Babakhanova Z., Aripova M. Ceramic Nanocomposites for the Needs of Metallurgy /Seventh Balkan Conference on Glass Science and Technology. 19th Conference on Glass and Ceramics. -Nessebar. Bulgariya. 01.10-04.10.2017.- P. 5.

41. Babakhanova Z., Sh.Ruzymova, Sh.Turgunov. Slag-Resistant Ceramic Composition. /Seventh Balkan Conference on Glass Science and Technology. 19th Conference on Glass and Ceramics. -Nessebar. Bulgariya. 01.10-04.10.2017.- P. 6.

42. Babakhanova Z., Gulyamova F., Abdusattarov Sh.M. Shortcrete with Refractory Compositions of Linings of Ovens /Сб. трудов научно-технической конф. «Кимё, нефт-газни ва озиқ-овқат саноатлари ҳамда нефт-газ қайта ишлашнинг инновацион технологияларини долзарб муаммолари». -Ташкент, 22-23 ноябр 2017. - С. 219-220.

43. Babakhanova Z. Slag-Resistant Ceramic Composition for Metallurgical Industry /Proceedings of International Conference Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects. Volume I. - Navoi, Uzbekistan. October 26-27, 2017. - P. 321-323.

44. Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Синтез люминесцентных материалов с использованием кремнийорганических соединений /Международная конференция со школой и мастер-классами для молодых ученых «Химическая технология функциональных наноматериалов». 30 ноября - 1 декабря 2017 года. - Москва, РФ. - С. 21-22.

45. Бабаханова З.А., Арипова М.Х. Синтез шлакоустойчивых графит-керамических материалов. Там же. - С. 14-15.

46. Бабаханова З.А. Спектральные методы анализа для оценки эффективности люминесцентных материалов / Шестая республиканская конференция по аналитической химии с международным участием “Аналитика РБ-2018”. 2018. - Минск, Белоруссия. - С. 166-167.

47. Бабаханова З.А., Гулямова Ф. Разработка огнеупорных композиций для металлургической отрасли / Научно-техническая конференция «Химия и химическая технология: достижения и перспективы». 27-28 Ноября 2018 г.- Кемерово. - С. 102.1-102.3. <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/НИНТ/2018/НИНТ/index.htm>

48. Бабаханова З.А. Получение технической керамики методом контролируемого пиролиза с использованием активных наполнителей/ Научно-техническая конференция «Химия и химическая технология: достижения и перспективы». 27-28 Ноября 2018 г. - Кемерово. - С. 103.1-103.5. <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/НИНТ/2018/НИНТ/index.htm>

Автореферат “Кимё ва кимё технология” журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, рус, ўзбек ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 60x84 1/16. “Times New Roman” гарнитура босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 25.

Гувоҳнома reestr № 10-3719
“Тошкент кимё-технология институти” босмаҳонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, навои кўчаси, 32-уй.