

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/05.05.2023.К/Т35.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

РАСУЛОВ ОЙБЕК ХОЛДАРАЛИ ЎҒЛИ

**МАҲАЛЛИЙ БЎР ВА АММОНИЙ СУЛЬФАТИ ҚЎШИМЧАЛИ
ОҲАКЛИ-АММИАКЛИ СЕЛИТРА ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2025

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD)

Расулов Ойбек Холдарали ўғли

Маҳаллий бўр ва аммоний сульфати қўшимчали оҳакли-аммиакли селитра олиш технологияси..... 3

Расулов Ойбек Холдарали угли

Технология получения известково-аммиачной селитры с добавкой местного известняка и сульфата аммония..... 21

Rasulov Oybek Kholdarali ugli

Technology for producing calcium ammonium nitrate with the addition of local limestone and ammonium sulfate..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/05.05.2023.К/Т35.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

РАСУЛОВ ОЙБЕК ХОЛДАРАЛИ ЎҒЛИ

**МАҲАЛЛИЙ БЎР ВА АММОНИЙ СУЛЬФАТИ ҚЎШИМЧАЛИ
ОҲАКЛИ-АММИАКЛИ СЕЛИТРА ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2025

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.3.PhD/Т4831 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Намазов Шафоат Саттарович

техника фанлари доктори, профессор, академик

Расмий оponentлар:

Кучаров Бахром Хайриевич

техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Шерқўзиев Дониёр Шермаатович

техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Навоий давлат кончилик ва технологиялар университети

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти хузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.02/05.05.2023.К/Т35.02 рақамли Илмий кенгашнинг «5» май 2025 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (99871) 262-79-90; e-mail: ionx@academy.uz).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (68 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо-Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60.

Диссертация автореферати 2025 йил «18» апрель куни тарқатилди.

(2025 йил «18» апрелдаги 68 - рақамли реестр баённомаси).

Н.Х.Усанбоев

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

Шукуров Ж.С.

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

В.П.Гуро

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
кошидаги Илмий семинар раиси ўринбосари,
к.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳон миқёсида аҳоли сонининг кўпайиши ва экин майдонларининг қисқариши озиқ-овқат хавфсизлиги муаммосини янада кучайтирмоқда. Шу боис аҳолини сифатли озиқ-овқат маҳсулотлари билан тўлиқ таъминлаш қишлоқ хўжалигининг устувор вазифаларидан бири бўлиб унинг бажарилишига катта эътибор берилмоқда. Бу борада барча қишлоқ хўжалиги экинлари учун кенг қўлланиладиган минерал ўғитлар ишлаб чиқариш алоҳида муҳим аҳамият касб этади.

Дунёда аммиакли селитра (АС) ишлаб чиқарадиган кўплаб мамлакатларда унинг истеъмолчилик хусусиятларини яхшилашга ёрдам берадиган юқори самарали қўшимчаларни танлаш бўйича бир қатор илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, АС суюқланмасига мақбул миқдорда танланган янги самарали қўшимчаларни киритиш орқали уни доналарининг ғоваклари ва микро ёриқларини тўлдириши натижасида селитра доналарининг мукамал юза ва ички тузилишини шакллантиришга асосланган кўплаб кристалланиш марказларини ҳосил қилиш; танланган қўшимчаларнинг доналар мустаҳкамлигини оширишга таъсирини ўрганиш, тайёр маҳсулотнинг ёпишқоқлиги, доналар ғоваклиги ва портлаш қобилиятини камайтириш; яхши физик-кимёвий, товар ва агрокимёвий хусусиятларга эга термик стабиллашган АС олиш технологиясини ишлаб чиқишишга алоҳида эътибор қилинмоқда.

Республикамизда маҳаллий хом ашёлар асосида янги турдаги мураккаб ўғитлар олиш ва уларнинг ўсимлик ўсиши ва ривожланишига ҳамда тупроқ унумдорлигига таъсирини ўрганиш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. 2022-2026-йилларда янги Ўзбекистонни ривожлантириш стратегиясида “Мавжуд имкониятларни тўлиқ ишга солган ҳолда маҳаллий саноат тармоқлари экспорт салоҳиятини янада ривожлантириш – ҳар бир тармоқ кесимида чора-тадбирлар режасини ишлаб чиқиш ва тасдиқлаш, шу жумладан: минерал ўғитлар ва кимё саноати маҳсулотлари экспортини 400 млн АҚШ долларига етказиш” каби муҳим вазифалар белгилаб берилган¹. Бу борада, пахта ва ғаллани озиқлантириш учун зарур бўлган, NH_4NO_3 , CaCO_3 ва $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ асосида таркибида N, S, CaO бўлган мураккаб минерал ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистонни янада ривожлантириш бўйича етита йўналишидаги Тараққиёт стратегияси» тўғрисидаги, 2019 йил 23 октябрдаги ПФ-5853 сон «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида» ги фармонлари ва 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983 сон «Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси» тўғрисидаги ПФ-60 Фармони

жадал ривожлантириш бўйича чоралари тўғрисида» ги ҳамда 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265 сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибadorлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги қарорлари, шунингдек, мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқотлари муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёда илмий-техник адабиётларда NH_4NO_3 нинг ёпишқоқлик ва портлаш қобилияти муаммосини турли ноорганик қўшимчаларни (оҳактош, доломит, калий хлорид ва сульфат, полифосфатлар ва аммоний сульфат, табиий гипс, фосфогипс ва бошқалар) қўллаш орқали бартараф этиш кенг ёритилган. Бутун дунёда NH_4NO_3 доналарини ёпишқоқлик муаммоси каустик магнезит ёки брусит, ортобор кислотаси, диаммоний фосфат, магний сульфат, бентонит гели, доломит уни, аммоний сульфат ва фосфат-борат сульфатларини қўшиш орқали (Vincent, J.Russo, Фридман С.Д., Гельперин Н.И., Абросимова А.М., Скум А.С., Кириндасова Р.Я., Клевке В.А., Миниович М.А., Олевский В.М., Стрижевский И.И., Brown Marion L) каби олимлар томонидан бартараф этилган. Портлаш ҳавфидан ҳимояланган ўғитга АС суюқланмасига суперфосфор кислотасидан олинган суюқ комплекс ўғитни (11% N и 37% P_2O_5) киритиш йўли билан “Череповецкий-Азот” ОАЖ да таркибида 32% N ва 5% P_2O_5 бўлган стабиллашган АС ишлаб чиқарилишини мисол қилиш мумкин (Чернышев А.К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Глаголев О.Л., Ильин В.А.). Бунда, кислота таркибидаги фтордан коррозия ва Fe, Al, Mg ва Ca тузларини жиҳозларга тикилиб қолиши каби қийинчиликлар мавжуд.

Республикамизда жойлашган “Navoiyazot” АЖ да АС суюқланмасига Қизилқум фосфорит унини киритиш орқали азот-фосфорли ўғит олиш усули жорий этилган (Намазов Ш.С., Беглов Б.М., Реймов А.М., Курбаниязов Р.К.). Яна шу ерда NH_4NO_3 суюқланмаси ва маҳаллий оҳактош асосида ОАС ишлаб чиқариш технологияси жорий қилинган (Ш.С.Намазов, Н.Ё.Жураев, А.А.Маматалиев, А.Р.Сейтназаров).

Маҳаллий хом-ашё базасини кенгайтириш учун қўшимча сифатида бўр ва аммоний сульфатидан ҳам фойдаланиш мумкин. NH_4NO_3 суюқланмаси бўр ва аммоний сульфати асосида ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган АС олиш бўйича маълумотлар мавжуд эмас ва шунинг учун ҳам ОАС олиш бўйича тизимли илмий тадқиқотлар олиб бориш зарур.

Диссертация тадқиқотининг бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтининг ИЗ-20170925259 рақамли «Маҳаллий оҳактош ва доломит қўшимчали экспортга мўлжалланган модификацияланган аммиакли селитра технологиясини ишлаб чиқиш ва амалиётга жорий қилиш» (2018-2019 йй.) мавзусидаги инновацион

лойиҳаси ҳамда «Маҳаллий хом ашёлар асосида бирламчи, азот, фосфор, калий, ва олтингугуртли минерал ва органик минерал ўғитлар олиш технологиясининг илмий асосларини ишлаб чиқиш» (2021-2024 йй.) илмий-тадқиқот ишлари режаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади аммиакли селитра суюқланмаси, маҳаллий бўр ва аммоний сульфат асосида оҳакли-аммиакли селитра олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

NH_4NO_3 : CaCO_3 нисбатида селитра суюқланмаси ва бўр асосида ёпишқоқлиги бўлмаган АС ҳамда NH_4NO_3 : CaCO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ нисбатларида АС суюқланмаси, бўр ва аммоний сульфати асосида оҳакли-аммиакли селитра олиш жараёнини тадқиқ этиш;

ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва ОАС доналарининг таркиби ва физик-кимёвий хоссаларини (мустваҳкамлик, ёпишқоқлик, ғоваклик, дизель мойини шимиши, эрувчанлик тезлиги, дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергиясини) аниқлаш;

турли ҳароратлар ва дастлабки компонентлар оғирлик нисбатига боғлиқ равишда карбонат-нитратли, карбонат-сульфат-нитратли суюқланмаларнинг реологик хоссаларини (зичлик, қовушқоқлик) ўрганиш;

лаборатория модел қурилмада ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва ОАС олиш технологиясини синовдан ўтказиб маҳсулотларнинг тажриба наъмуналарини олиш;

бўр қўшимчали ёпишқоқлиги бўлмаган ва бўр, аммоний сульфати қўшимчали термик барқарорлашган селитранинг ишлаб чиқилган технологияларини “Elektrokimyozavod” АЖ-ҚК да тажриба-саноат синовларидан ўтказиш;

ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва ОАС олишнинг технологик тизимини ишлаб чиқиш ва моддий балансини тузиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида NH_4NO_3 суюқланмаси, жуда майдаланган бўр, аммоний сульфат, карбонат-нитратли ва карбонат-сульфат-нитратли суюқланмалар, бўр қўшимчали ёпишқоқлиги бўлмаган ва бўр, аммоний сульфат қўшимчали термик барқарорлашган АС олинган.

Тадқиқотнинг предмети NH_4NO_3 суюқланмасига бўр ҳамда бўр, аммоний сульфати қўшиб мос равишда оҳак-нитратли ва нитрат-карбонат-сульфатли суюқланмаларни барабанли қуритгичда ва донаторловчи минорада донаторлаш орқали ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва ОАС олиш жараёнларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда кимёвий (аналитик, гравиметрик, титриметрик), физик-механик ва физик-кимёвий (рентгенографик, электрон-микроскопик, термик) таҳлил усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

майдаланган бўр ва аммоний сульфатининг физик-механик хоссаларини аниқлаш асосида уларни селитрага модификатор сифатида қўллашга яроқлилиги исботланган;

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ нисбатида олинган маҳсулотларда 0,28% MgO қўшимчали AC билан солиштирилганда доналар мустаҳкамлигининг ошиши 1,7 дан 5,5 гача ва ёпишқоқлиги, ғоваклиги ҳамда дизель мойини шимишининг мос равишда 1,6 дан 5,02 гача; 1,04 дан 1,87 гача, 1,20 дан 2,31 гача камайиши аниқланган;

донадорлаш жараёнида карбонат-нитратли суюқланманинг кристалланиш ҳарорати 164 дан 151,6°C гача кескин пасайишини фақатгина, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ қўшиш орқали олидини олиш мумкинлиги исботланган;

AC суюқланмасига бўр уни ва аммоний сульфатини қўшиш орқали ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик стабиллашган олтингугуртли OAC олиш жараёнлари аниқланган;

AC суюқланмасига нисбатан таркиб ва хоссалар (доналар мустаҳкамлиги, ёпишқоқлиги, ғоваклиги, дизель мойини шимиши) ўзгаришининг CaCO_3 ва $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ масса улушига боғлиқлиги аниқланган;

дастлабки компонентлар ва қўшимчалар миқдори мақбул оғирлик нисбатларда маълум таркиб ва хоссаларга эга бўлган ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган AC олиш жараёнлари асосланган;

олтингугуртли OAC нинг дастлабки парчаланиш ҳарорати маҳсулотда (258°C), тоза аммиакли селитрага (211°C) нисбатан 47°C гача ошганлиги исботланган;

AC суюқланмаси, маҳаллий бўр асосида модификацияланган AC ҳамда аммиакли селитра суюқланмаси, бўр ва аммоний сульфати асосида OAC олишнинг самарали технологиялари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

импорт қилинадиган магнезит қўшимчалари ўрнига 2-2,5% жуда майдаланган бўр унини қўшиш йўли билан яхши истеъмолчилик хоссаларга эга, ёпишқоқлиги бўлмаган AC (N 34% кам эмас) технологияси ишлаб чиқилган;

AC суюқланмаси ва бўр асосида юқори иссиқликка термик барқарор бўлган экспортбоп OAC (N 28% кам эмас) ишлаб чиқариш технологияси яратилган;

AC суюқланмасига $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$ нисбатда бўр ва аммоний сульфатини қўшиш асосида термик стабиллашган олтингугуртли OAC олиш технологияси ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган технологиялар “Elektrokimyozavod” АЖ-ҚК тажриба-саноатида синовлардан ўтказилиб, ўғитларнинг тажриба партиялари ишлаб чиқарилган ва жараёнларнинг асосий технологик кўрсаткичлари аниқланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Кимёвий ва физик-кимёвий (рентгенографик, электрон-микроскопик, термик) таҳлил натижалари лаборатория тажрибалари ва «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖ модель қурилмаларида олиб борилган тажриба-саноат синовлари билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, NH_4NO_3 суюқланамасига бўр унини қўшиш орқали ёпишқоқлиги бўлмаган АС, бўр ва аммоний сульфатини киритиб ОАС олиш жараёни ҳамда аммиакли селитра суюқланмасининг оҳактош (бўр) билан ўзаро таъсир қилиш механизмини ўрганишда доналар мустаҳкамлиги ва парчаланиш ҳароратининг ошиши, доналар ёпишқоқлиги, ғоваклиги, дизел ёқилғисини шимиши камайиши шунингдек, термик барқарорлигининг ортиб бориши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, ишлаб чиқилган технологиялар, маҳаллий хом-ашёлардан фойдаланиш ҳисобига импорт қилинаётган магнетит қўшимчаларни алмаштириш ва экспортга йўналтирилган юқори қийматли маҳсулотлар олиш имконини беради ва натижада қишлоқ хўжалиги учун азотли ўғитлар турлари ассортиментининг кенгайишига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Аммоний нитрат суюқланмаси, маҳаллий бўр ва аммоний сульфати асосида оҳакли-аммиакли селитра олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

маҳаллий бўр қўшимчали модификацияланган АС олиш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖ нинг «2024-2026 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалари рўйхати»га киритилган («Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг 2024 йил 26 ноябрдаги 133-сон маълумотномаси). Натижада, аммиакли селитрага қараганда яхши физик-кимёвий ва товар хоссаларга эга донадор оҳакли-аммиакли селитрасининг тажриба партияларини ишлаб чиқариш имконини беради;

аммиакли селитра суюқланмаси, аммоний сульфат ва бўр уни асосида олтингугурт тутган оҳакли-аммиакли селитра олишнинг ишлаб чиқилган технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖ нинг «2024-2026 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалари рўйхати»га киритилган («Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг 2024 йил 26 ноябрдаги 133-сон маълумотномаси). Натижада экспортга мўлжалланган, рақобатбардош азотли ўғитлар ҳажми ва турларини кенгайтириш имконини берадиган олтингугурт тутган оҳакли-аммиакли селитра олиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган журналларида 6 та мақола, жумладан 4 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 113 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад, вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объект ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги баён қилинган, натижаларнинг амалиётга жорий этилиши берилган, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Аммиакли селитра ва оҳакли-аммиакли селитранинг олиниши, хоссалари ва қўлланилиши**» деб номланган биринчи боби адабиётлар шарҳида АС суюқланмасига турли ноорганик қўшимчалар (карбонатли ва калийли минераллари, бир хил катион тутган бирикмалар ва баластли моддалар) киритиш йўли билан бўш намликни боғлайдиган, полиморф ўзгаришлар жараёнига таъсир кўрсатадиган, кристалланиш марказларини ҳосил қилувчи ноорганик қўшимчалар ва доналар юзасига заррачалар билан ишлов беришнинг бир қатор усуллари кўриб чиқилган. АС доналарининг ёпишқоқлигини йўқ қилиш учун магнезит ёки брусит энг яхши қўшимчалар ҳисобланади. Таҳлиллар, магнезит қўшимчасини Ўзбекистонда етарли миқдорда мавжуд бўлган бўр ва аммоний сульфат каби маҳаллий хом-ашёлар билан алмаштиришга имкон беради.

Диссертациянинг «**Аммиакли селитра суюқланмаси ва маҳаллий бўр асосида оҳакли-аммиакли селитра олиш тадқиқоти**» иккинчи бобида $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : 2$ дан $100 : 58$ оғирлик нисбатларида олинган ОАС намуналарининг таркиби ва хоссалари ўрганилган. Бунинг учун 100 г кристалл ҳолдаги АС 170°C ҳароратда суюқлантирилди. Олинган суюқланмага 2 дан 58 г гача бўр қўшилди. Карбонат-нитратли суюқланмаси 10 дақиқа давомида яхшилаб аралаштирилади. Бир хил суюқланмалар жадал аралаштириш усулида дондорланди. ОАС намуналарининг таркиби 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Оҳакли-аммиакли селитра намуналарининг таркиби

NH ₄ NO ₃ : CaCO ₃ оғирлик нисбати	Компонентлар миқдори, %				10% ли эритма рН муҳити
	N _{умум.}	CaO _{умум.}	$\frac{\text{CaO}_{\text{ўзлаш.}}}{\text{CaO}_{\text{умум.}}}$	$\frac{\text{CaO}_{\text{суб.}}}{\text{CaO}_{\text{умум.}}}$	
«Тоза» NH ₄ NO ₃	34,96	-			5,17
100 : 2,0	34,22	1,02	47,68	24,75	7,28
100 : 2,5	34,07	1,25	45,24	24,32	7,35
100 : 5,0	33,24	2,43	40,27	20,84	7,42
100 : 9,0	32,03	4,29	34,07	16,91	7,48
100 : 15	30,2	6,79	26,92	12,75	7,54
100 : 24	28,12	10,11	21,11	9,21	7,59
100 : 34	26,03	13,27	16,47	6,19	7,65
100 : 45	24,07	16,23	13,09	4,98	7,71
100 : 50	23,22	17,43	10,86	3,07	7,76
100 : 58	22,06	19,22	9,85	2,46	7,79

1-жадвалдан маълумки, $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ оғирлик нисбатларида олинган ОАС намуналарида $N_{\text{умум}}$ ва $\text{CaO}_{\text{умум}}$ миқдори мос равишда 22,06 дан 34,22% гача ва 1,02 дан 19,22% гача ни ташкил этади.

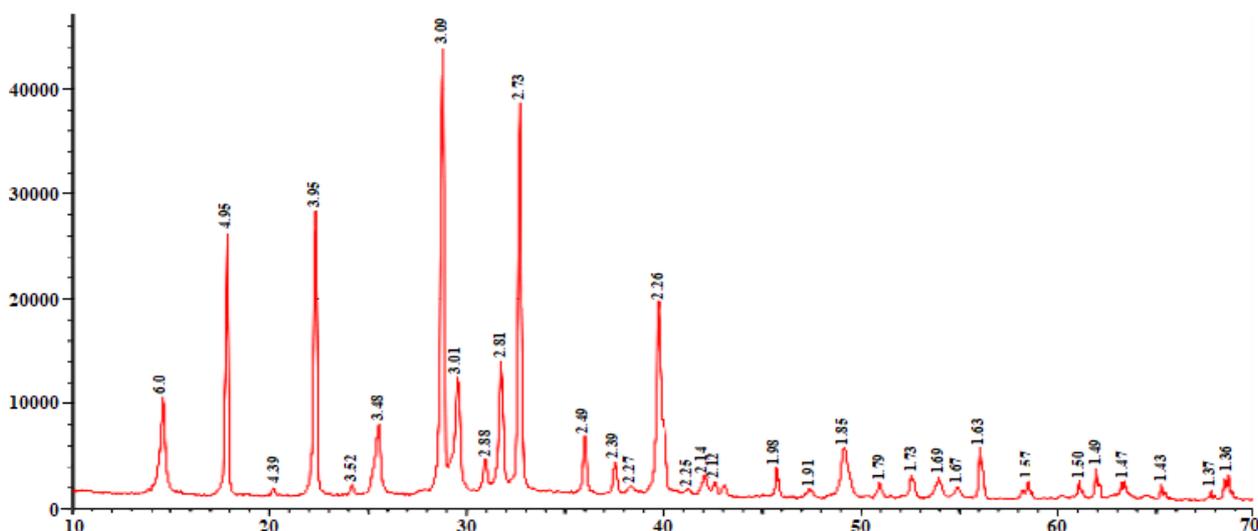
Аралашмада бўрнинг масса улуши ортиб бориши билан кальций оксидининг ўзлашувчан ва сувда эрувчан шакллари мос равишда 47,68 дан 9,85% гача ва 24,75 дан 2,46% гача ўзгариб боради.

Бўр қўшилиши аммиакли селитрани нейтраллаштиради. Агар 10% ли тоза АС эритмасининг рН қиймати 5,17 ни ташкил этган бўлса, аралашмада 100 : 2 дан 100 : 58 гача бўрнинг масса улушини ортиб бориши унинг рН қийматини 7,28 дан 7,79 гача ошиб боришига ёрдам беради.

170-175°C ҳароратда бўр қўшиб ОАС олиш жараёнида қуйидагича борадиган реакцияси бўйича кальций нитрат, аммиак ва карбонат ангидрид ҳосил бўлиши мумкин:



Ушбу реакциянинг боришини исботлаш ва яқуний маҳсулотларнинг тўлиқ туз таркибини аниқлаш учун биз рентгенологик тадқиқотлар ҳам ўтказдик (1-расм).



1-расм. $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : 24$ оғирлик нисбатида олинган оҳакли-аммиакли селитра намунасининг рентгенографик тасвири

ОАС намунасининг рентгенографик тасвиридаги 2,25; 2,72; 3,09; 3,95 ва 4,95; 1,36; 1,43; 2,47; 2,81; 2,85; 3,48; 3,49 Å интенсив чўққилари мос равишда NH_4NO_3 ва CaCO_3 га тегишли эканлигини кўрсатади. 1,69, 2,20; 4,39; 6,0 Å диффракция чўққилари эса NH_4NO_3 билан CaCO_3 нинг ўзаро таъсирлашиши натижасида ҳосил бўлган ОАС таркибидаги кальций нитрати мавжудлигини ҳам тасдиқлайди.

2-жадвалда $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ оғирлик нисбатларида олинган ОАС доналарининг асосий физик-кимёвий хоссалари келтирилган.

Ундан кўриниб турибдики, дастлабки компонентларнинг таркибий қисмларнинг оғирлик нисбатларига боғлиқ равишда доналар мустаҳкамлиги 2,65-8,69 МПа оралиғини ташкил этади.

Тоза NH_4NO_3 ва магнитит кўшимчали АС доналарининг ёпишқоқлиги мос равишда 5,62 ва 4,67 кг/см² га тенг бўлган бўлса, 100 г NH_4NO_3 суюқланмасига нисбатан 2 дан 58 г гача микдорда бўр кўшилиши селитра доналари ёпишқоқлигини 2,93 дан 0,93 кг/см² гача камайишига олиб келади.

Тоза NH_4NO_3 ва магнитит кўшимчали АС доналарининг ғоваклиги мос равишда 22,0 ва 9,1% ни ташкил қилади. АС суюқланмасига 2 дан 58 г гача бўр кўшилганда эса доналар ғоваклиги 8,73 дан 4,87% гача камаяди.

NH_4NO_3 : CaCO_3 нисбатига боғлиқ равишда маҳсулот доналари томонидан дизел мойининг шимиши 3,61-1,87 г оралиғида ўзгаради. У тоза NH_4NO_3 учун 4,82 г ва 0,28% MgO кўшимчали АС учун эса 4,33 г га тенг.

ОАС нинг асосий хоссаларини ўрганиш натижаларидан аниқландики, ОАС доналари қанчалик мустаҳкам бўлса, уларнинг ғоваклиги, ёпишқоқлиги ва дизел мойининг шимиши шунчалик камайиб боради. Шунингдек, биз доналарнинг сувда эриш тезлигини ҳам аниқладик.

2-жадвал

АС суюқланмаси ва маҳаллий бўр асосида олинган оҳакли-аммиакли селитра маҳсулотларининг асосий хоссалари

NH_4NO_3 : CaCO_3 оғирлик нисбати	Доналар мустаҳкамлиги, МПа	Доналар ёпишқоқлиги, кг/см ²	Доналар ғоваклиги, %	Доналар дизель мойини шимиши, гр.	Доналар сувда эриш тезлиги, сония
Донадор “тоза” NH_4NO_3	1,32	5,62	22,0	4,82	44,6
Донадор 0,28% MgO кўшимчали АС	1,58	4,67	9,10	4,33	46,8
100 : 2,0	2,65	2,93	8,73	3,61	81,3
100 : 2,5	3,26	2,91	8,15	3,58	84,8
100 : 5,0	3,83	2,76	8,04	3,41	99,7
100 : 9,0	4,72	2,51	7,81	3,04	101,2
100 : 15	5,29	2,28	7,24	2,85	104,5
100 : 24	5,95	1,96	6,83	2,71	107,1
100 : 34	6,91	1,53	6,05	2,45	109,8
100 : 45	7,45	1,25	5,43	2,23	111,3
100 : 50	7,81	1,01	5,16	1,98	112,7
100 : 58	8,69	0,93	4,87	1,87	113,4

У тоза NH_4NO_3 учун 44,6 секунд ва 0,28% MgO кўшимчали АС учун эса 46,8 секундга тенг бўлса, АС суюқланмасига 2 дан 58 г гача бўр кўшилиши ОАС доналарининг эриш тезлигини 81,3 дан 113,4 секундгача камайтиради.

165-180°C ҳароратлар оралиғида NH_4NO_3 : CaCO_3 = 100 : (2,0-58) оғирлик нисбати билан олинган карбонат-нитратли суюқланмаларнинг реологик хоссалари ўрганилди.

Аралашмада CaCO_3 нинг масса улушига боғлиқ равишда суюқланманинг зичлик ва қовушқоқлиги мос равишда 1,503-2,427 г/см³ ва 4,56-11,06 сПз оралиғида бўлади. Ҳароратнинг кўтарилиб бориши ушбу қийматларни сезиларли пасайишига олиб келади. Карбонат-нитратли суюқланмаларнинг реологик хоссалари, уларни ҳеч қандай технологик

қийинчиликларсиз донадорловчи барабанда ёки донадорлаш минорасида донадорлаш мумкин деган хулосага келиш имконини беради.

«Аммиакли селитра суюқланмаси, бўр ва аммоний сульфати асосида оҳакли-аммиакли селитра олиш жараёнлари» учинчи бобида $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : (2-58) : (0,5-5,0)$ оғирлик нисбатларида олинган ОАС намуналарининг таркиби ва хоссалари ўрганилган. Бажарилган лаборатория тажрибалар натижалари кўрсатдики, АС суюқланмасига бўр қўшилганда кучли кўпикланиш пайдо бўлади. Бундан ташқари, кристалланиш ҳароратининг 156,8 дан 151,6^oС гача пасайиши кузатилади. Ушбу ҳолат суюқлангани донадорлаш жараёнида бир қатор технологик қийинчиликларнинг келтириб чиқаради.

Адабиётлар шарҳидан маълум бўлдики, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ АС суюқланмасининг кристалланиш ҳароратини оширади. Шунга боғлиқ равишда АС суюқланмасига дастлаб $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ сўнгра, бўр қўшиш йўли билан ОАС олиш жараёни ўрганилди (3-жадвал).

3-жадвал

АС суюқланмаси, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ва CaCO_3 асосида олинган олтингугуртли ОАС нинг таркиби ва кристалланиш ҳарорати

NH ₄ NO ₃ : CaCO ₃ : (NH ₄) ₂ SO ₄ оғирлик нисбати	Компонентлар миқдори, оғир, %			Кристалланиш ҳарорати, °С
	N _{умум.}	SO _{3 умум.}	CaO _{умум.}	
Донадор «тоза» NH ₄ NO ₃	34,96	-	-	167,0
Магnezитли АС	34,50	-	-	164,0
100 : 2,0 : 0,5	34,19	0,30	1,02	163,0
100 : 2,0 : 1,0	34,1	0,58	1,018	163,5
100 : 2,5 : 0,5	34,0	0,291	1,28	164,0
100 : 2,0 : 3,0	33,73	1,71	0,1	162,5
100 : 2,0 : 5,0	33,41	2,82	0,98	163,5
100 : 9,0 : 0,5	32,0	0,277	4,31	162,5
100 : 9,0 : 1,0	31,91	0,55	4,29	160,5
100 : 9,0 : 3,0	31,64	1,62	4,21	161,0
100 : 9,0 : 4,0	31,48	2,14	4,17	162,0
100 : 9,0 : 5,0	31,37	2,65	4,13	160,0
100 : 15 : 0,5	30,06	0,262	6,75	161,0
100 : 15 : 3,0	29,60	1,54	6,66	159,5
100 : 15 : 5,0	29,45	2,52	6,56	161,0
100 : 24 : 1,0	28,03	0,50	10,0	159,0
100 : 24 : 3,0	27,88	1,43	9,89	161,0
100 : 24 : 4,0	27,79	1,89	9,80	161,5
100 : 24 : 5,0	27,71	2,35	9,72	158,5
100 : 45 : 1,0	24,08	0,415	16,07	159,0
100 : 45 : 2,0	24,05	0,823	15,96	160,0
100 : 45 : 3,0	23,94	1,23	15,85	160,5
100 : 45 : 5,0	23,82	2,02	15,64	160,5
100 : 58 : 1,0	22,09	0,38	19,01	158,0
100 : 58 : 3,0	22,0	1,13	18,78	156,5
100 : 58 : 4,0	21,96	1,49	18,66	157,5
100 : 58 : 5,0	21,91	1,86	18,55	159,0

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ нинг карбонат-нитрат сууюқланмасида кўпикланиш жараёнига ижобий таъсир кўрсатиши аниқланди. Бундан ташқари, ОАС сууюқланмасининг кристалланиш ҳарорати магнезит кўшимчали АС сууюқланмаси билан деярли амалда яқин бўлади.

ОАС намуналарини олиш жараёнлари куйидагича амалга оширилди. Даствлаб, 170°C да 100 г АС сууюқлантирилди. Селитра сууюқланмасига олдин 0,5 дан 5 г гача $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ сўнгра, 2 дан 58 г гача CaCO_3 кўшилди. Ҳосил бўлган сульфат-карбонат-нитратли сууюқланма 10 дақиқа давомида яхшилаб аралаштирилди ва лаборатория гранулятори ёрдамида сочиш йўли билан донадорланди.

3-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, ўғитлар таркибида CaCO_3 ва аммоний сульфатининг масса улуши ортиши билан умумий $N_{\text{умум}}$ миқдори камаяди, $\text{SO}_{3\text{умум}}$ ва $\text{CaO}_{\text{умум}}$ аксинча ортиб боради.

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ даствлабки компонентлар оғирлик нисбатида олинган намуналари $N_{\text{умум}}$, $\text{SO}_{3\text{умум}}$ ва $\text{CaO}_{\text{умум}}$ миқдорлари мос равишда 21,91-34,19%; 0,26-1,86% ҳамда 0,1-18,55% оралиғида бўлади. Бунда, ўсимликларнинг ўсиши учун зарур бўлган фойдали компонентлар ($N+\text{SO}_3+\text{CaO}$) йиғиндиси 22,27-54,6% ни ташкил этади.

ОАС сууюқланмасининг кристалланиш ҳарорати эса $159-163^\circ\text{C}$ оралиғида бўлади. Шундай қилиб, ОАС намуналарининг таркиби азотдан ташқари, кўшимча равишда SO_3 ва CaO билан бойиб боради.

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ нисбатларида олинган олтингурут сақлаган ОАС намуналари доналарининг мустаҳкамлиги, ёпишқоқлиги ва ғоваклиги мос равишда 2,69-9,30 МПа; 0,3-2,41 кг/см² ва 4,45-8,06% оралиғини ташкил этади.

CaCO_3 селитра доналарининг ғоваклигини сезиларли даражада камайтиришга ёрдам беради. Доналарнинг ғоваклиги қанчалик кам бўлса, дизел ёқилғисини шимиши шунчалик паст бўлади.

Ушбу хусусиятлар ўзаро бир-бирлари билан боғлиқдир.

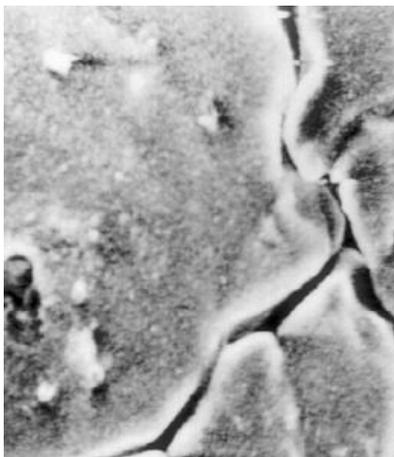
Бўр ва $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ кўшимчалари миқдорига қараб, дизель мойини ОАС доналари томонидан шимиш қобилияти 1,65 дан 3,24 г гача оралиғида бўлса, у кўшимчасиз тоза NH_4NO_3 ва 0,28% магнезит кўшимчали АС учун мос равишда 4,82 ва 4,33 г ни ташкил этади.

Демак, доналарнинг мустаҳкамлиги қанчалик юқори бўлса, уларнинг ғоваклиги ва ички юза қисми шунча кам бўлади ҳамда доналар ичига дизел ёқилғиси шунчалик кам шимилади.

Натижада, аммиакли селитрасининг портлаш қобилияти ҳам шунчалик камайиб боради.

Олтингурут тутган ОАС доналари 0,28% магнезит кўшимчали АС га қараганда сувда анча секинроқ (2,2-3,4 баробарга кам) эрийди. Бу эса, бўр ва аммоний сульфати доналардан $N_{\text{умум}}$ элементини аста-секин ажралиб чиқишига ёрдам беради.

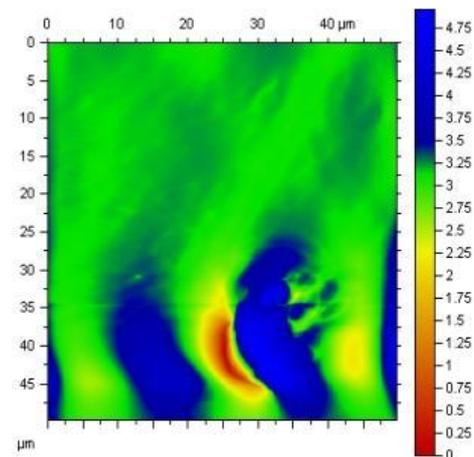
2-7-расмларда донадор “тоза” маркали NH_4NO_3 ва олтингурут тутган ОАС намуналарининг электрон-микроскопик фото-суратлари кўрсатилган.



2-расм. РЭМ-200 электрон-микроскопида аниқланган донатор “тоза” маркали NH_4NO_3 донаси юза қисмининг фото-тасвири



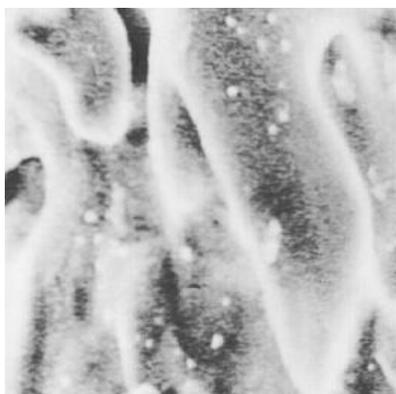
3-расм. РЭМ-200 электрон-микроскопида аниқланган донатор “тоза” маркали NH_4NO_3 донаси ички қисмининг фото-тасвири



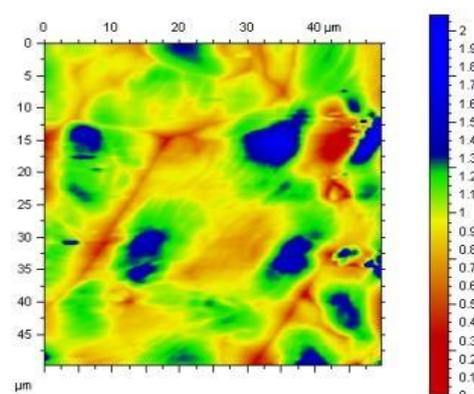
4-расм. Agilent 5500 микроскопида аниқланган донатор “тоза” маркали NH_4NO_3 донаси юза ва ички қисмининг электрон-микроскопик фото-тасвири



5-расм. РЭМ-200 электрон-микроскопида аниқланган донатор $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$ нисбатида олинган донаси юзасининг фото-тасвири



6-расм. РЭМ-200 электрон-микроскопида аниқланган донатор $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$ нисбатида олинган донаси ички қисмининг тасвири



7-расм. Agilent 5500 микроскопида аниқланган донатор $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$ нисбатида олинган донаси устки юза ва ички қисмининг электрон-микроскопик фото-тасвири

Азот-олтингугурт-кальцийли ўғит донасининг юза ва ички қирқим қисмида оқ ва жигарранг доғлар шаклида жуда майда бўр минерали ҳамда аммоний сулфатининг кристаллари кузатилди. Бунда, NH_4NO_3 доналари юза ва ички қирқим қисмларида 1-5 мкм ҳажмдаги ғоваклар, 1-3 мкм макро ҳамда микро ёриқлари кўринди. CaCO_3 ва $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ кристалланиш марказларини ҳосил қилган ҳолда АС доналари кристаллари ҳажмини камайтиради яъни, улар гранула ғоваклари ва микро ёриқларига ўрнашиб тўлдирган ҳолда АС доналарининг янада мукамал бўлган юза ва ички тузилишини ҳосил қилади.

Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (Германияда и/ч) жиҳозида “тоза” маркали NH_4NO_3 ҳамда олтингугурт тутган ОАС намуналарининг дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси аниқланди. Тоза (қўшимчасиз) NH_4NO_3 нинг дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси 211°C ва -915 Дж/г га тенг бўлган бўлса, ушбу кўрсаткичлар ОАС намуналарида $246,8-258^\circ\text{C}$ ва $-536,8 \div -224,6$ Дж/г оралиғини ташкил этади.

Бу шуни кўрсатадики, бўр уни ва аммоний сульфати АС нинг термик иссиқликка чидамлилигини оширади (4-жадвал).

4-жадвал

Олтингугурт тутган оҳакли-аммиакли селитрасининг дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси

№	$\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{CaCO}_3$ оғирлик нисбати	Дастлабки парчаланиш ҳарорати, °С	Фаолланиш энергияси, Дж/г
1	“Тоза” маркали NH_4NO_3	210-211	-915,1
2	100 : 0,5 : 2,5	246,8	-536,8
3	100 : 0,5 : 5,0	249,1	-310,2
4	100 : 1,0 : 24	253,6	-275,0
5	100 : 3,0 : 58	258	-224,6

5-жадвал

Олтингугуртли ОАС намуналар доналари термик бардошлигининг такрорланувчи термик цикллар сонига боғлиқлиги

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ оғирлик нисбати	IV↔III шаклларга ўтишда синган доналар миқдори, %					
	10 цикл	50 цикл	70 цикл	80 цикл	90 цикл	100 цикл
Донадор “тоза” NH_4NO_3	5	62	78	86	100	–
Магнетли АС	–	31	42	59	70	85
100 : 2,0 : 0,5	–	–	9	19	38	52
100 : 2,0 : 1,0	–	–	–	11	33	47
100 : 5,0 : 0,5	–	–	–	5	31	45
100 : 5,0 : 1,0	–	–	–	3	29	41
100 : 24 : 1,0	–	–	–	2	25	38
100 : 24 : 3,0	–	–	–	–	22	34
100 : 24 : 4,0	–	–	–	–	19	31
100 : 24 : 5,0	–	–	–	–	16	27
100 : 45 : 1,0	–	–	–	–	12	23
100 : 45 : 5,0	–	–	–	–	8	19
100 : 58 : 1,0	–	–	–	–	6	15
100 : 58 : 5,0	–	–	–	–	3	12

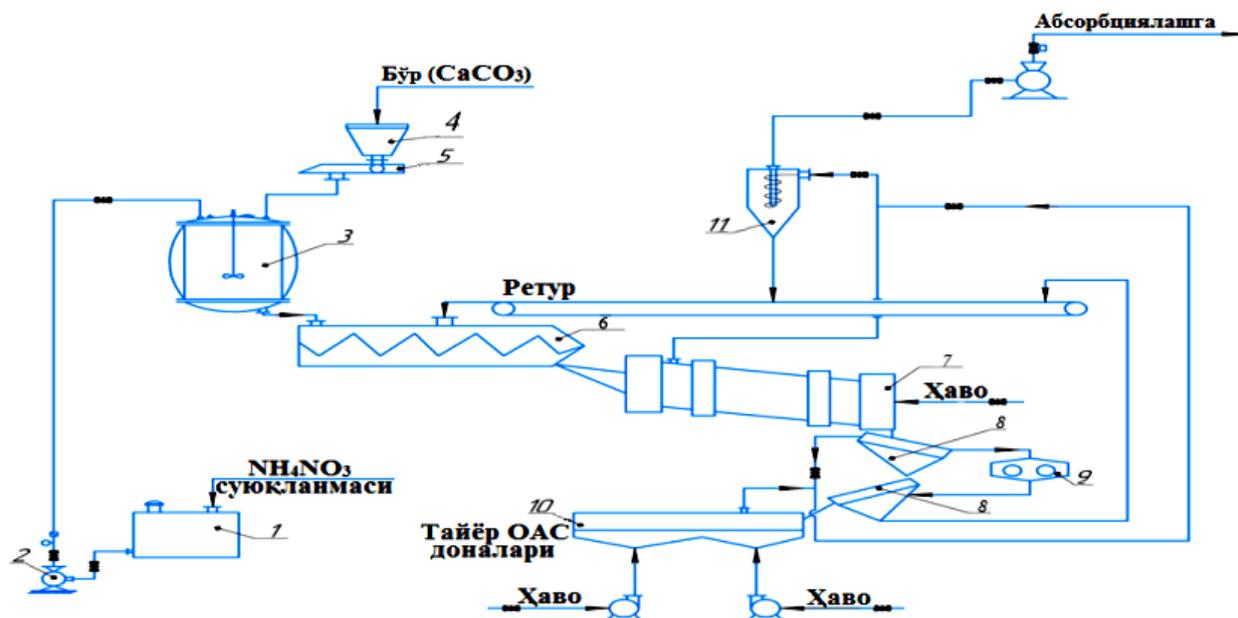
5-жадвалда донадорланган “тоза” маркали NH_4NO_3 , 0,28% MgO қўшимчали АС ва олтингугурт тутган оҳакли-аммиакли селитра намуналарининг 20↔60°С иситиш-совутишда такрорланувчи термик циклларга термик турғунлиги натижалари келтирилган.

“Тоза” маркали NH_4NO_3 ва 0,28% MgO қўшимчали АС намуналар доналари мос равишда 90 ва 100 термик циклдан сўнг бутунлай синиб кетган бўлса, $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{CaCO}_3 = 100 : 0,5 : 2$ ҳамда $100 : 5 : 58$ намуналарида ушбу кўрсаткичлар 52 ва 12% га тенг бўлади. Ушбу ҳолат шундан далолат берадики, АС га бўр уни ва аммоний сульфати қўшилиши етарли даражада доналар юқори мустаҳкамликка ҳамда термик бардошли бўлган азот-олтингугурт-кальцийли ўғитларини олиш имконини беради.

Диссертациянинг тўртинчи «Аммиакли селитраси суяқланмаси, бўр ва аммоний сульфати асосида олинган оҳакли-аммиакли селитрасининг технологик ишланмалари» бобида лаборатория модел қурилмада

экспериментлари ва ёпишқоқлиги бўлмаган ҳамда термик барқарорлашган ОАС технологиясининг тажриба-саноат синовлар натижалари келтирилган. Бунда, тайёр ўғит намуналарининг таркиби ва хоссалари лаборатория шароитида олинган маҳсулотлар таркибига жуда яқин эканлигини кўрсатади. Ўтказилган лаборатория тадқиқотлари ва модел қурилмадаги тажрибалар асосида технологик режимнинг асосий кўрсаткичлари ишлаб чиқилди.

8-расмда бўр қўшимчали ОАС олишнинг принципиал технологик тизими тасвирланган. Унга кўра, NH_4NO_3 суюқланмаси бакдан (1) ботирма насос (2) орқали аралаштиргич қурилмасига (3) узатилади.



8-расм. АС суюқланмаси ва бўр минерали асосида ОАС олишнинг принципиал технологик тизими:

1 - АС – NH_4NO_3 суюқланмаси учун бак; 2 - насос; 3 - шнекли аралаштиргич; 4 - бўр – CaCO_3 минерали учун бункер; 5 - шнекли дозаторлар; 6 - шнекли донадорлаштиргич; 7 - донадорлаш барабани; 8 - классификатор; 9 - майдалагич; 10 - қайноқ қатламли совутгич; 11- циклон.

Бир вақтнинг ўзида бункердан (4) шнекли дозатор (5) орқали CaCO_3 ҳам аралаштиргичга берилади. Аралаштиргичда АС суюқланмаси ва бўр 7-10 дақиқагача яхшилаб аралаштирилади. Бир хил аралашмали ОАС суюқланмаси шнекли донадорлаштиргич (6) қурилмасига узатилади. бу ерда классификатор (8) ва циклон (11) дан келадиган майда заррали ретур ҳам қайтадан шнекли донадорлаштиргич қурилмасида ОАС билан аралаштирилади. Шнекли гранулятордан (6) ҳаракатланувчи масса (ОАС) донадорловчи барабанига (7) юборилади. Донатор маҳсулот классификаторда (8) элакдан ўтказилади ва ўлчами 2,5-4 мм бўлган доналар қайноқ қатламли совутгич (10) қурилмасига узатилади. Донаторланган маҳсулотлар кадоқлаш учун юборилади. Ўғитнинг катта фракциялари тегирмонда (9) майдаланади ва у ердан маҳсулот классификаторга (8) берилади.

1 тонна бўр қўшимчали ОАС олиш учун моддий баланс ҳисобланган.

1000 кг тайёр маҳсулот олиш учун 810 кг АС (NH_4NO_3) ва 195 кг бўр керак бўлади (оптимал нисбат $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : 24$).

Тайёр ўғит таркибида эса 28,12% N ва 10,11% CaO мавжуд бўлади.

9-расмда бўр ва аммоний сульфат қўшимчали олтингугурт тутган ОАС ишлаб чиқаришнинг блок-тизими келтирилган.



9-расм. Олтингугурт тутган ОАС ишлаб чиқаришнинг блок-тизими

Ушбу блок-тизимга мувофиқ, NH_4NO_3 нинг концентранган эритмаси (88-90%) аммоний сульфатнинг олдиндан тайёрланган эритмаси (35%) билан аралаштирилади. Кейинчалик, сульфат-нитрат эритмаси газсимон аммиак билан нейтралланади. Буғлатиш қурилмасида АС эритмаси (88-90%) концентрацияси 99,5% га етказиш учун буғлатилади.

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{CaCO}_3 = 100 : 1 : 24$ нисбатда сульфат-нитрат суюқланмаси бўр билан аралаштирилади. Нитрат-сульфат-карбонат суюқланмасини донадорлаш жараёни саноат донадорловчи минорасида амалга оширилади. музлатгич қурилмасидан чиқаётган совуқ ҳаво оқими билан ОАС доналари совутилади ва кейинчалик, товар фракцияларини (1-4 мм) олиш учун классификаторга юборилади.

“Elektrokimyozavod” АЖ-ҚК да бўр қўшимчали ва аммоний сульфат, бўр қўшимчали ОАС олиш технологиясининг тажриба саноат синовлари ўтказилиб, ушбу ўғитларнинг тажриба партиялари ишлаб чиқарилган ҳамда жараёнларнинг асосий технологик параметрлари ўрнатилган.

ХУЛОСА

Диссертация ишини бажаришда олинган асосий илмий ва амалий натижалар қуйидагилар ҳисобланади:

1. NH_4NO_3 суюқланмасига $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ оғирлик нисбатида мел қўшиш йўли билан модификацияланган аммонийли селитра олиш жараёни ўрганилди. Кўрсатдики, 100г NH_4NO_3 га 2г бўр қўшилганда селитранинг ёпишқоқлиги деярли 2 баробарга камаяди. Бунда, уни доналарининг мустаҳкамлиги 2,65 МПа ни (кам эмас) ташкил қилади. Ушбу фактларга кўра, маҳаллий бўрни импорт қилинаётган брусит ва магнезит модификаторларига осонгина алмаштириш мумкин. Бўрнинг масса улушини янада ошириш ОАС хоссаларини сезиларли даражада яхшиланишига ёрдам беради. NH_4NO_3 нинг CaCO_3 га мақбул нисбати 100 : 24 деб ҳисобланди. Бунда, маҳсулот мустаҳкамлиги, ёпишқоқлиги, ғоваклиги ва соляр мойини шимиши 5,95 МПа; 1,96 г/см²; 6,83% ва 2,71г га тенг. Демак, 0,28% MgO қўшимчали АС га солиштирилганда ОАС доналарининг мустаҳкамлиги 3,8 баробарга ошса, ёпишқоқлиги, ғоваклиги ва дизель ёқилғисини шимиши мос равишда 2; 1,3 ва 1,5 маротабага камаяди.

2. Лаборатория тажрибалари асосида аниқландики, қўшилаётган бўр қўшимчаси АС нинг кислоталигини нейтраллайди. Агар, 10% ли тоза АС эритмасининг рН қиймати 5,17 га тенг бўлса, аралашмада бўрнинг масса улушини 100 : 2 дан 100 : 58 гача ошириш ОАС рН қийматини 7,28 дан 7,78 гача ошишига олиб келади. $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : 24$ нисбатида олинган ИАС намунасининг рентгенограмма тасвирларидаги 2,25; 2,72; 3,09; 3,95; 4,95 Å ва 1,36; 1,43; 2,47; 2,81; 2,85; 3,48 Å интенсив диффракцион чўққилари мос равишда NH_4NO_3 ва CaCO_3 га тегишли эканини кўрсатади. 1,69, 2,20; 5,20; 6,20 Å диффракцион чўққилар эса NH_4NO_3 суюқланмаси билан CaCO_3 ўзаро таъсирлашиши натижасида ОАС таркибида ҳосил бўлган кальций нитрати мавжудлигини тасдиқлайди.

Карбонат-нитратли суюқланмаларнинг реологик хоссалари 165-180°C ҳарорат оралиғида ўрганилди. 100 г NH_4NO_3 нисбатида CaCO_3 масса улушига боғлиқ равишда суюқланмаларнинг зичлиги ва қовушқоқлиги мос равишда 1,503-2,427 г/см³ ва 4,56-11,06 сПз оралиғини ташкил этади. Карбонат-нитратли суюқланмаларнинг реологик хоссалари, уларни ҳеч қандай технологик қийинчиликларсиз донадорловчи барабан ёки донадорлаш минорасида донадорлаш мумкин деган хулосага келишга имкон беради.

3. АС суюқланмасига $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : (2-58) : (0,5-5,0)$ оғирлик нисбатларида аммоний сульфати ва бўр қўшиб ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган ОАС олиш жараёнлари ўрганилди. Кўрсатдики, АС суюқланмасига бўр қўшилганда кучли кўпикланиш ҳосил бўлади. Бундан ташқари, кристалланиш ҳароратининг 156,8 дан 151,6°C гача камайиши кузатилади. Ушбу ҳолатлар суюқланмани донадорлаш жараёнида бир қатор технологик қийинчиликларни келтириб чиқаради. Аммоний сульфат АС суюқланмасининг кристалланиш ҳароратини кўтаради. Қуйидагича тажрибалар ўтказилди Ушбу муаммони ҳал қилиш учун кейинги

тажрибаларда АС суюқланмасига дастлаб, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ кейинчалик, CaCO_3 кўшилди. Бунда, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ карбонат-нитратли суюқланмада кўпикланиш жараёнига ижобий таъсирдан ташқари, ОАС суюқланмасининг кристалланиш ҳароратини магнезит кўшимчали АС суюқланмасига деярли яқин бўлганини кўрсатади. NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: CaCO_3 нисбатларида олинган олтингугуртли ОАС намуналари доналарининг мустаҳкамлиги, ёпишқоқлиги ва ғоваклиги мос равишда 2,69-9,30 МПа; 0,3-2,41 кг/см²; 4,45-8,06% ни ташкил этади.

CaCO_3 АС доналарининг ғоваклигини сезиларли камайтиришга ёрдам беради. Доналар ғоваклиги қанчалик кам бўлса, дизел ёқилғисини шимиши шунчалик камаяди. Ушбу хоссалар ўзаро бир-бирига боғлиқдир. Бўр ва $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ кўшимчасининг миқдорига боғлиқ равишда ОАС доналарида дизел ёқилғисини шимиши 1,65 дан 3,24 г гача оралиғида бўлади.

4. ОАС доналарининг электрон-микроскопик тадқиқотлари кўрсатдики, доналарнинг юқори юза ва ички қирқим қисмида оқ ва жигарранг доғлар шаклида жуда майда бўр минерали ва аммоний сульфати кристаллари кузатилди. АС доналарида юза ва ички қисмларда 1-5 мкм ҳажмдаги ғоваклар ва 1-3 мкм макро ва микро ёриқлар мавжудлиги аниқланди. Ушбу ғовак ва ёриқларда бўр минерали ва аммоний сульфатининг ўрнашиши натижасида уларнинг ҳажми 1-3 ва 1-2 мкм гача камаяди. Ғоваклар ва ёриқларни тўлдириш даражаси 20-60% ни ташкил этади.

5. Тоза (кўшимчасиз) NH_4NO_3 нинг дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси 211°С ва -915 Дж/г ни ташкил этса, ушбу кўрсаткичлар ОАС намуналарида 246,8-258°С ва -536,8÷ -224,6 Дж/г оралиғида бўлади. “Тоза” NH_4NO_3 ва 0,28% MgO кўшимчали АС намуналар доналари мос равишда 90 ва 100 термик циклдан (20↔60°С) сўнг бутунлай синиб кетган бўлса, NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: CaCO_3 = 100 : 0,5 : 2 ҳамда 100 : 5 : 58 намуналарида ушбу кўрсаткичлар 52 ва 12% га тенг бўлади. Демак, АС суюқланмасига бўр ва аммоний сульфати киритилиши етарли даражада доналар юқори мустаҳкамликка ҳамда термик бардошликка эга яхши самарали олтингугурт тутган ОАС ни олиш имконини беради.

6. Лаборатория модел қурилмада селитра суюқланмаси, бўр ва аммоний сульфат кўшимчаси асосида ёпишқоқлиги бўлмаган ҳамда термик барқарорлашган АС олишнинг мақбул режимлари ишлаб чиқилди. Бунда, ўғитлар намуналарининг таркиби лаборатория шароитида олинган маҳсулотлар таркибига жуда яқин эканлигини кўрсатади. Ушбу ўғитларни олиш технологиялари “Elektrokimyozavod” АЖ-ҚК да тажриба саноат синовлари ўтказилиб, маҳсулотларнинг тажриба партиялари ишлаб чиқарилди. Дастлабки техник-иқтисодий ҳисоблар шуни кўрсатадики, импорт ҳисобига олиб келинаётган магнетитни бўр ва аммоний сульфатига алмаштирилганда кўшимчанинг нархи мос равишда 93 ва 79% га камаяди. ОАС ва таркибида олтингугурт тутган ОАС ни ишлаб чиқаришни ташкил этиш кўшимча қийматга эга экспортга йўналтирилган янги маҳсулотлар ишлаб чиқариш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/05.05.2023.К/Т35.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

РАСУЛОВ ОЙБЕК ХОЛДАРАЛИ УГЛИ

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗВЕСТКОВО-АММИАЧНОЙ
СЕЛИТРЫ С ДОБАВКОЙ МЕСТНОГО ИЗВЕСТНЯКА И СУЛЬФАТА
АММОНИЯ**

02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе

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

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером B2024.3.PhD/T4831 в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу www.ionx.uz и Информационно-образовательном портале «Зиёнет» по адресу (www.ziyounet.uz)

Научный руководитель:	Намазов Шафоат Саттарович доктор технических наук, профессор, академик
Официальные оппоненты:	Кучаров Бахром Хайриевич доктор технических наук, старший научный сотрудник Шеркузиев Дониёр Шермаатович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Навоийский государственный горно-технологический университет

Защита состоится «5» мая 2025 г. в «14⁰⁰» часов на заседании Научного совета. DSc.02/05.05.2023.K/T35.02 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionx@academy.uz

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за №68, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан «18» апреля 2025 года
(реестр протокола рассылки №68 от «18» апреля 2025 года.

Усанбаев Н.Х.

Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Шукуров Ж.С.

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Гуро В.П.

Председатель Научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации (PhD) доктора философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Рост населения и сокращение пахотно-пригодных земель в мировом масштабе ещё более обостряют проблему продовольственного питания. Одним из приоритетных задач сельского хозяйства является полноценное обеспечение населения качественными продуктами питания. В этой связи особое значение имеет производство минеральных удобрений, широко применяемые для всех сельскохозяйственных культур.

В настоящее время во многих странах мира, производящие аммиачную селитру (АС) ведутся научно-исследовательские работы по подбору высокоэффективных добавок, способствующих к улучшению её потребительских свойств. В этом аспекте наиболее важной задачей является производство неслёживающейся и термостабильной АС, что связано необходимостью обоснования ряда научно-технических решений, в том числе: заполнение пор и микротрещин гранул АС путём введения в её расплав новых эффективных добавок в оптимальных количествах, в результате которого создаётся множество центров кристаллизации, основанное на образовании совершенной поверхности и внутренней структуры гранул селитры; установление влияния выбранных добавок на повышение прочности, с одновременным уменьшением слёживаемости, пористости гранул и взрывоопасности готового продукта; разработка технологии получения термостабильной АС, обладающая хорошими физико-химическими и товарными, а также агрохимическими свойствами.

В нашей республике проводятся масштабные мероприятия по созданию новых видов комплексных удобрений на основе местного сырья, изучению их влияния на рост и развитие растений, плодородие почв, достигаются определенные научные и практические результаты. В стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы поставлены важные задачи, такие как «Дальнейшее развитие экспортного потенциала местных отраслей промышленности с полным использованием имеющихся возможностей – разработка и утверждение плана мероприятий по каждой отрасли, в том числе: экспорт полезных ископаемых, удобрений и продукции химической промышленности до 400 млн долларов США...»¹. Исходя из этих задач разработка технологии получения комплексных минеральных удобрений, содержащих N, S и CaO, необходимых для подкормки хлопка и пшеницы, на основе NH_4NO_3 , CaCO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, приобретает важное значение.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и УП-5853 от 23 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики

¹ Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2022 года № УП-60 “О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы”

Узбекистан» на 2020-2030 годы» и Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В научно-технической литературе проблему слеживаемости и взрывоопасности NH_4NO_3 разрешили путём введения в её расплав или концентрированному раствору различных неорганических добавок (известняк, доломит, хлорид и сульфат калия, полифосфаты и сульфат аммония, природный гипс, фосфогипс и др.) научно-технические и практические результаты которых широко освещены. Во всём мире проблему слеживаемости гранул NH_4NO_3 решают путём добавления каустического магнезита или брусита, ортоборной кислоты, диаммонийфосфата, сульфата магния, бентонитового геля, доломитовой муки, сульфата аммония и фосфатно-боратно-сульфатов (Vincent, J.Russo, Фридман С.Д., Гельперин Н.И., Абросимова А.М., Скум А.С., Кириндасова Р.Я., Клевке В.А., Миниович М.А., Олевский В.М., Стрижевский И.И., Brown Marion L.). В качестве взрывобезопасного удобрения стал пример производства стабилизированной АС состава 32% N и 5% P_2O_5 на ОАО «Череповецкий Азот» (Россия) путём введения в расплав АС жидкого комплексного удобрения (11% N и 37% P_2O_5), получаемого из суперфосфорной кислоты (Чернышев А.К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Глаголев О.Л., Ильин В.А.). При этом имеются трудности: коррозия от содержащегося в кислоте фтора и забивка оборудования солями Fe, Al, Mg, Ca.

На АО «Navoiyazot» внедрён способ получения азотнофосфорного удобрения путём введения Кызылкумской фосфоритовой муки в плав АС (Намазов Ш.С., Беглов Б.М., Реймов А.М., Курбаниязов Р.К.). Там же внедрена технология производства ИАС на основе плава NH_4NO_3 и добавки местного известняка (Намазов Ш.С., Жураев Н.Ё., Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р.).

С целью расширения базы местного сырья в качестве добавки можно вовлечь ещё мел и сульфат аммония. В связи с этим разработка научных основ технологии получения несслеживающейся и термостабильной АС на основе расплава NH_4NO_3 и добавки мела, сульфата аммония и мела является весьма актуальной задачей.

Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ. Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ инновационного проекта

Института общей и неорганической химии ИЗ-20170925259 по теме: «Разработка и внедрение технологии экспортоориентированной модифицированной аммиачной селитры с добавкой местного известняка и доломита» (2018-2019 гг.) и по бюджетной тематике «Разработка научных основ технологии получения одинарных и азот-, фосфор-, калий- и серосодержащих минеральных и органоминеральных удобрений на базе местных сырьевых ресурсов» (2021-2024 гг.).

Целью исследования является разработка технологии получения известково-аммиачной селитры на основе её плава, местного мела и сульфата аммония.

Задачи исследования:

исследование процессов получения неслёживающейся АС и известково-аммиачной селитры на основе плава NH_4NO_3 и мела, на основе плава АС, мела и сульфата аммония в зависимости от массовых соотношений $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3, \text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

изучение состава и физико-химических свойств (прочность, слёживаемость, пористость, впитываемость дизельного топлива, скорость растворения, температура начала разложения, энергия активации) гранул неслёживающейся АС и ИАС;

изучение реологических свойств (плотность, вязкость) карбонатно-нитратных, нитратно-карбонатно-сульфатных плавов в зависимости от массовых соотношений исходных компонентов и температуры;

апробация технологии получения неслёживающейся АС и ИАС на лабораторной модельной установке с получением опытных образцов продуктов;

проведение опытно-промышленных испытаний на СП-АО «Elektrokimyo zavod» разработанных технологий получения неслёживающейся и термостабильной селитры с добавкой мела и мела и сульфата аммония;

составление материального баланса и технологической схемы производства неслёживающейся АС и ИАС.

Объектом исследования является плав АС, тонкоизмельчённый мел, сульфат аммония, карбонатно-нитратный и нитратно-карбонатно-сульфатный плавы, неслёживающаяся и термостабильная АС с добавкой мела и сульфат аммония и мела.

Предметом исследования являются процессы получения неслёживающейся АС и известково-аммиачной селитры путём добавления мела и мела и сульфата аммония в плав NH_4NO_3 с последующим гранулированием известково-нитратных и нитратно-карбонатно-сульфатных плавов в барабанной сушилке и грануляционной башне соответственно.

Методы исследования. Химический (аналитические, гравиметрические, титриметрические), физико-механические и физико-химические (рентгенографический, электронно-микроскопический, термический) методы анализа.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

доказана возможность применения тонкоизмельчённого мела и сульфата аммония в качестве модификатора селитры путём определения их физико-механических свойств;

в продуктах, полученных при массовых соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ по сравнению с АС с добавкой 0,28% MgO установлено повышение прочности, снижение слёживаемости, пористости гранул и впитываемость соляного масла гранулами от 1,7 до 5,5; от 1,6 до 5,02; от 1,04 до 1,87 и от 1,20 до 2,31 раза соответственно;

доказано, что резкое снижение температуры кристаллизации карбонатно-нитратного плава в процессе грануляции со 164 до 151,6°С можно предотвратить только с помощью добавки $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

установлена возможность получения неслёживающейся и термостабильной серосодержащей ИАС путём добавления к плаву АС меловой муки и сульфата аммония;

найдена зависимость изменения состава и свойств (прочность, слёживаемость, пористость гранул, впитываемость дизельного топлива) от массовой доли добавки CaCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ по отношению к расплаву АС;

обосновано оптимальное массовое соотношение исходных компонентов и количество добавки, где получаются неслёживающаяся и термостабильная АС с заданным составом и свойствами;

доказано, что начальная температура разложения серосодержащей ИАС в продукте (258°С) повышается на 47°С по сравнению с чистой аммиачной селитрой (211°С);

разработаны эффективные технологии получения модифицированной АС с добавкой мела и ИАС на основе расплава АС, местного мела и плава АС, мела и сульфата аммония.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Разработана технология неслёживающейся АС (не менее 34% N) с удовлетворительными потребительскими свойствами путём 2-2,5 %-ного добавления тонкоизмельчённой меловой муки взамен импортных магниальных добавок;

Созданы технологии получения экспортоориентированной ИАС (не более 28% N), обладающей высокой термической устойчивостью на основе плава АС и мела;

Разработана технология получения термостабильной серосодержащей ИАС на основе плава АС с добавкой мела и сульфата аммония при соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$;

На СП-АО «Elektrokimyo zavod» проведены опытно-промышленные испытания разработанных технологий с получением опытной партии удобрений и установлены основные технологические параметры процессов.

Достоверность результатов исследования. Результаты химического и физико-химического (рентгенографический, электронно-микроскопический, термический) анализа подтверждены лабораторными экспериментами и

опытно-промышленными испытаниями, проведенными на СП-АО «Elektrokimyozavod».

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования определяется тем, что она заложила основу для создания производства неслёживающейся АС и ИАС на основе плава NH_4NO_3 с добавкой мела и мела и сульфата аммония. При изучении механизма взаимодействия плава селитры с известняком (мелом) объяснены причины повышения прочности гранул и температуры разложения, снижения слёживаемости, пористости гранул, впитываемость дизельного топлива гранулами, а также увеличение термостабильности.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные технологии позволяют заменить привозную магниальную добавку и получить экспортоориентированную продукцию с высокой добавленной стоимостью за счет применения местных сырьевых ресурсов, в результате чего расширяется ассортимент азотных удобрений для сельского хозяйства.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения нового вида ИАС на основе плава нитрата аммония, местного мела и сульфата аммония:

технология получения модифицированной АС с добавкой местного мела включена в перечень перспективных разработок для внедрения в 2024-2026 годы СП-АО «Elektrokimyozavod» (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» №133 от 26 ноября 2024 года). В результате были получены опытные партии гранулированной известково-аммиачной селитры с наилучшими физико-химическими и товарными свойствами, чем у аммиачной селитры с добавкой 0,28% MgO ;

разработанная технология получения серосодержащей известково-аммиачной селитры, на основе плава АС, сульфата аммония и меловой муки включена в перечень перспективных разработок для внедрения в 2024-2026 годы СП-АО «Elektrokimyozavod» (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» №133 от 26 ноября 2024 года). В результате была получена серосодержащая известково-аммиачная селитра, что позволила расширить объем и ассортимент конкурентоспособных азотных удобрений, предназначенных для экспорта.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были доложены и обсуждены на 4 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 17 научных работ, из них 6 научных статей, в том числе 4 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность работы, сформулированы цель и задачи исследования, характеризуются объект и предметы исследования, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты, указана степень внедрения результатов в практику, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Получение, свойства и применение аммиачной селитры и известково-аммиачной селитры»** в литературном обзоре рассмотрен ряд способов устранения слёживаемости и взрывоопасности путём введения в плав АС различных неорганических добавок (карбонатные и калийные минералы, вещества, содержащие одноимённый катион и балластные вещества) связывающие свободную влагу, влияющие на процесс полиморфных превращений, образующие центры кристаллизации, опудривание гранул и обработка их поверхностно-активными веществами и неорганические добавки, образующие центры кристаллизации. Для устранения слёживаемости АС магнезит или брусит считаются лучшими добавками. Анализ предопределяет возможность замены магнезиальной добавки на местное сырьё, какими являются мел и сульфат аммония, которые имеются в Узбекистане в достаточном объёме.

Во второй главе диссертации **«Исследование процесса получения известково-аммиачной селитры на основе её плава и местного мела»** изучены состав и свойства образцов ИАС, полученных при массовых соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3$ от 100 : 2 до 100 : 58. Для этого 100 г кристаллической АС расплавляли при температуре 170°C. К полученному плаву добавляли от 2 до 58 г мел. Карбонатно-нитратный расплав тщательно перемешивали в течение 10 минут. Однородный плав гранулировали методом окатывания. Состав образцов ИАС приведён в табл. 1.

Таблица 1

Состав образцов известково-аммиачной селитры

Массовое соотношение $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3$	Содержание компонентов, %				рН 10%-ного раствора продукта
	$\text{N}_{\text{общ.}}$	$\text{CaO}_{\text{общ.}}$	$\frac{\text{CaO}_{\text{усв.}}}{\text{CaO}_{\text{общ.}}}$	$\frac{\text{CaO}_{\text{вод.}}}{\text{CaO}_{\text{общ.}}}$	
$\text{NH}_4\text{NO}_3\langle\text{ч}\rangle$	34,96	-	-	-	5,17
100 : 2,0	34,22	1,02	47,68	24,75	7,28
100 : 2,5	34,07	1,25	45,24	24,32	7,35
100 : 5,0	33,24	2,43	40,27	20,84	7,42
100 : 9,0	32,03	4,29	34,07	16,91	7,48
100 : 15	30,2	6,79	26,92	12,75	7,54
100 : 24	28,12	10,11	21,11	9,21	7,59
100 : 34	26,03	13,27	16,47	6,19	7,65
100 : 45	24,07	16,23	13,09	4,98	7,71
100 : 50	23,22	17,43	10,86	3,07	7,76
100 : 58	22,06	19,22	9,85	2,46	7,79

Из табл. 1 видно, что в образцах ИАС, полученных при массовых соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ содержание $\text{N}_{\text{общ.}}$ и $\text{CaO}_{\text{общ.}}$ составляет от 22,06 до 34,22% и от 1,02 до 19,22% соответственно. С увеличением массовой доли мела в смеси относительное содержание усвояемой и воднорастворимой форм окиси кальция меняются от 47,68 до 9,85% и от 24,75 до 2,46% соответственно.

Добавка мела нейтрализует кислотность АС. Если рН 10 %-ного раствора чистой АС составляет 5,17, то увеличение массовой доли мела в смеси от 100 : 2 до 100 : 58 способствует возрастанию его значения от 7,28 до 7,79.

В процессе получения ИАС с добавкой мела при температуре 170-175°C возможно образование нитрата кальция, аммиака и диоксида углерода по следующей реакции:

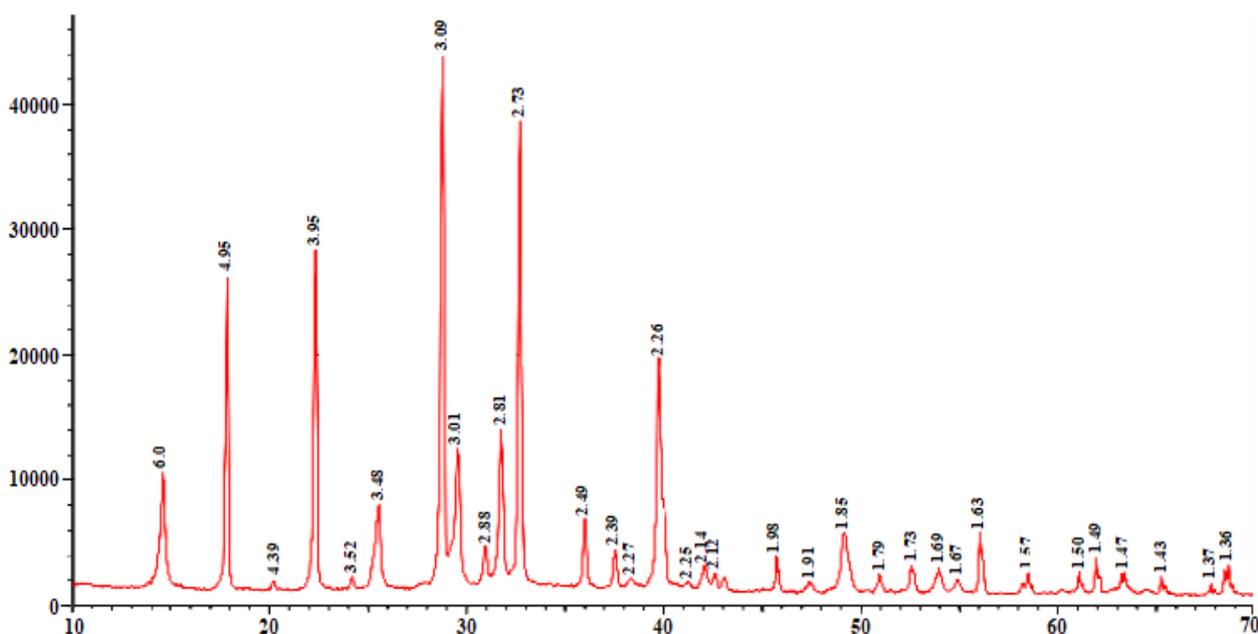


Рис. 1. Рентгенограмма образца известково-аммиачной селитры, полученной при массовом соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : 24$

Для доказательства протекания этой реакции, определения солевого состава конечных продуктов мы проводили рентгенографические исследования (рис. 1).

На рентгенограмме образца ИАС интенсивные пики 2,25; 2,72; 3,09; 3,95 и 4,95; 1,36; 1,43; 2,47; 2,81; 2,85; 3,48; 3,49 Å следует отнести к NH_4NO_3 и CaCO_3 соответственно. Дифракционные пики 1,69, 2,20; 4,39; 6,0 Å подтверждают о наличии в составе ИАС нитрата кальция, образованного в результате взаимодействия NH_4NO_3 с CaCO_3 .

В табл. 2 приведены основные физико-химические свойства гранул ИАС, полученных при массовых соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$. Из неё видно, что в зависимости от массового соотношения исходных компонентов прочность гранул составляет в пределах 2,65-8,69 МПа.

Таблица 2

Основные свойства продуктов ИАС, полученных на основе плава АС и местного мела

Массовое соотношение $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3$	Прочность гранул, МПа	Слѣживаемость гранул, кг/см ²	Пористость гранул, %	Впитываемость гранул, гр.	Скорость растворения гранул, сек.
Гранулированный «чистый» NH_4NO_3	1,32	5,62	22,0	4,82	44,6
Гранулированная АС с 0,28% MgO	1,58	4,67	9,10	4,33	46,8
100 : 2,0	2,65	2,93	8,73	3,61	81,3
100 : 2,5	3,26	2,91	8,15	3,58	84,8
100 : 5,0	3,83	2,76	8,04	3,41	99,7
100 : 9,0	4,72	2,51	7,81	3,04	101,2
100 : 15	5,29	2,28	7,24	2,85	104,5
100 : 24	5,95	1,96	6,83	2,71	107,1
100 : 34	6,91	1,53	6,05	2,45	109,8
100 : 45	7,45	1,25	5,43	2,23	111,3
100 : 50	7,81	1,01	5,16	1,98	112,7
100 : 58	8,69	0,93	4,87	1,87	113,4

Слѣживаемость гранул чистого NH_4NO_3 и АС с магнизиальной добавкой составляет 5,62 и 4,67 кг/см² соответственно. Добавление в плав NH_4NO_3 мела в количестве от 2 до 58 г по отношению к 100 г АС приводит к снижению слѣживаемости гранул селитры с 2,93 до 0,93 кг/см².

Пористость гранул чистого NH_4NO_3 и АС с магнизиальной добавкой составляет 22,0 и 9,1% соответственно. Добавление в плав АС от 2 до 58 г мела снижает пористость гранул от 8,73 до 4,87%.

В зависимости от соотношения $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3$ впитываемость солярного масла гранулами продукта колеблется в пределах 3,61-1,87 г топлива по отношению к 100 г АС. Она у чистого NH_4NO_3 равна 4,82, а у АС с 0,28% MgO – 4,33 г. По результатам изучения основных свойств ИАС установлено, что чем прочнее гранулы ИАС, тем меньше их пористость, слѣживаемость и впитываемость солярного масла. Также мы определяли скорость растворения гранул в воде. Она у чистого NH_4NO_3 равна 44,6 сек, а у АС с 0,28% MgO – 46,8 сек. Добавление в плав АС от 2 до 58 г мела понижает скорость растворения гранул ИАС с 81,3 до 113,4 сек.

Изучены реологические свойства карбонатно-нитратных плавов, полученных при массовом соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ при температуре 165-180°С. Плотность и вязкость плавов в зависимости от массовой доли CaCO_3 в смеси составляет в пределах 1,503-2,427 г/см³ и 4,56-11,06 сПз соответственно. Повышение температуры приводит к значительному снижению этих значений. Реологические свойства карбонатно-нитратных плавов позволяют сделать вывод о том, что без особых технологических трудностей их можно гранулировать в барабанном грануляторе или грануляционной башне.

В третьей главе «Процессы получения известково-аммиачной селитры на основе плава нитрата аммония, мела и сульфата аммония» изучен состав и свойства образцов ИАС, полученных при массовом соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : (2-58) : (0,5-5,0)$.

Результаты выполненных лабораторных экспериментов показали, что при добавке мела к плаву АС происходит сильное пенообразование. Кроме того, наблюдается снижение температуры кристаллизации от 156,8 до 151,6°C. Это обстоятельство способствует возникновению ряда технологических трудностей при грануляции плава.

Из обзора литературы выявлено, что $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ повышает температуру кристаллизации расплава АС. В связи с этим мы изучили процесс получения ИАС путём добавления к плаву АС сначала $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, а затем мел (табл. 3).

Таблица 3

Состав и температура кристаллизации серосодержащих ИАС, полученных на основе плава АС и добавки $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и CaCO_3

Массовое соотношение $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Содержание компонентов, %			Температура кристаллизации, °С
	$\text{N}_{\text{общ.}}$	$\text{SO}_{3\text{общ.}}$	$\text{CaO}_{\text{общ.}}$	
Гранулированный «чистый» NH_4NO_3	34,96	-	-	167,0
Гранулированная АС с 0,28% MgO	34,50	-	-	164,0
100 : 2,0 : 0,5	34,19	0,30	1,02	163,0
100 : 2,0 : 1,0	34,1	0,58	1,018	163,5
100 : 2,5 : 0,5	34,0	0,291	1,28	164,0
100 : 2,0 : 3,0	33,73	1,71	0,1	162,5
100 : 2,0 : 4,0	33,56	2,28	0,99	163,0
100 : 2,0 : 5,0	33,41	2,82	0,98	163,5
100 : 9,0 : 0,5	32,0	0,277	4,31	162,5
100 : 9,0 : 1,0	31,91	0,55	4,29	160,5
100 : 9,0 : 3,0	31,64	1,62	4,21	161,0
100 : 9,0 : 4,0	31,48	2,14	4,17	162,0
100 : 9,0 : 5,0	31,37	2,65	4,13	160,0
100 : 15 : 0,5	30,06	0,262	6,75	161,0
100 : 15 : 3,0	29,60	1,54	6,66	159,5
100 : 15 : 4,0	29,53	2,035	6,61	160,5
100 : 15 : 5,0	29,45	2,52	6,56	161,0
100 : 24 : 1,0	28,03	0,50	10,0	159,0
100 : 24 : 3,0	27,88	1,43	9,89	161,0
100 : 24 : 4,0	27,79	1,89	9,80	161,5
100 : 24 : 5,0	27,71	2,35	9,72	158,5
100 : 45 : 1,0	24,08	0,415	16,07	159,0
100 : 45 : 2,0	24,05	0,823	15,96	160,0
100 : 45 : 3,0	23,94	1,23	15,85	160,5
100 : 45 : 5,0	23,82	2,02	15,64	160,5
100 : 58 : 1,0	22,09	0,38	19,01	158,0
100 : 58 : 3,0	22,0	1,13	18,78	156,5
100 : 58 : 4,0	21,96	1,49	18,66	157,5
100 : 58 : 5,0	21,91	1,86	18,55	159,0

При этом было установлено, что $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ положительно влияет на процесс пенообразования в карбонатно-нитратном расплаве. Кроме того, температура кристаллизации плава ИАС практически приблизилась к плаву АС с добавкой магнезита.

Процесс получения образцов ИАС проводили следующим образом. Вначале 100 г АС при 170°C расплавляли. К плаву селитры добавляли от 0,5 до 5г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, затем от 2 до 58г CaCO_3 , полученный сульфатно-карбонатно-нитратный расплав тщательно перемешивали в течение 10 минут и гранулировали путём распыления с помощью лабораторного гранулятора.

Из данных табл. 3 видно, что в составе удобрений с увеличением массовой доли CaCO_3 и сульфата аммония снижается содержание общего азота, а содержание $\text{SO}_{3\text{общ}}$ и $\text{CaO}_{\text{общ}}$ наоборот увеличивается.

В полученных образцах при исследованных соотношениях исходных компонентов $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ содержание $\text{N}_{\text{общ}}$, $\text{SO}_{3\text{общ}}$ и $\text{CaO}_{\text{общ}}$ колеблется в пределах 21,91-34,19%; 0,26-1,86% и 0,1-18,55% соответственно. При этом сумма полезных компонентов ($\text{N}+\text{SO}_3+\text{CaO}$), необходимые для роста растений составляет 22,27-54,6%. Таким образом, состав образцов ИАС кроме азота дополнительно обогащается с SO_3 и CaO .

Температура кристаллизации расплава ИАС находится в пределах $159-163^\circ\text{C}$.

Прочность, слёживаемость, пористость гранул образцов серосодержащих ИАС, полученных при исследованных соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ составляют 2,69-9,30 МПа; 0,3-2,41 кг/см² и 4,45-8,06% соответственно. CaCO_3 способствует к существенному снижению пористости гранул селитры. Чем меньше пористость гранул, тем меньше впитываемость дизельного топлива. Это положение увязывается между собой. В зависимости от количества добавки мела и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ впитываемость дизельного топлива гранулами ИАС меняется в пределах от 1,65 до 3,24 г. Она у NH_4NO_3 без добавки и АС с 0,28% магнезиальной добавкой равна 4,82 и 4,33 г соответственно. Значит, чем выше прочность гранул, тем меньше их пористость и внутренняя удельная поверхность её гранул, тем меньше дизельного топлива попадает внутрь гранул, и как следствие, тем в меньшей степени детонационная способность селитры.

Установлено, что гранулы серосодержащей ИАС растворяется в воде значительно медленнее (2,2-3,4 раза меньше), чем АС с 0,28% добавкой магнезита. Это говорит о том, что мел и сульфат аммония способствуют постепенному высвобождению азота из гранул.

На рисунках 2-7 показаны электронно-микроскопические фотоизображения гранул «чистой» марки АС и образцов серосодержащей ИАС ($\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{CaCO}_3 = 100 : 24 : 1$). При этом на верхней поверхности и внутренней части образца азотно-серно-кальциевого удобрения наблюдались очень мелкий меловой минерал и сульфат аммония в виде белых и коричневых пятен. В гранулах АС обнаружены поры размером 1-5 мкм и макро- и микротрещины размером 1-3 мкм на поверхности и внутренних частях.

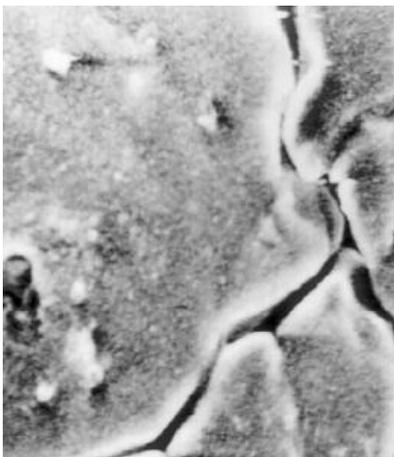


Рис. 2. Фото-изображение поверхностной части гранул NH_4NO_3 марки «ч», определенное электронным микроскопом РЭМ-200.

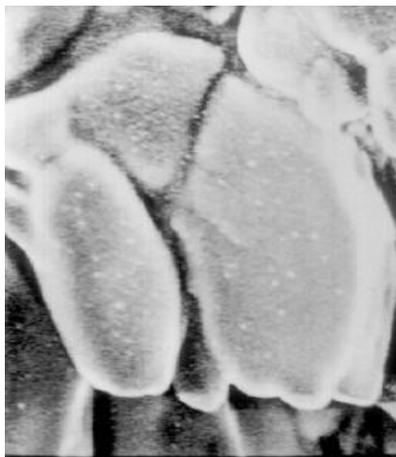


Рис. 3. Фото-изображение внутренней части гранул NH_4NO_3 марки «ч», определенное электронным микроскопом РЭМ-200.

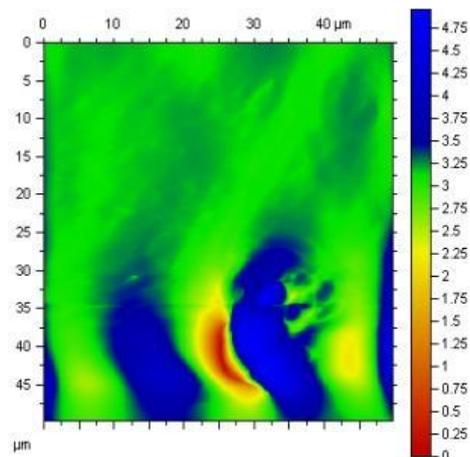


Рис. 4. Фото-изображение поверхности и внутренней части гранул NH_4NO_3 марки «ч», определенное электронным микроскопом Agilent 5500.



Рис. 5. Фото-изображение поверхности гранул NH_4NO_3 , полученное в соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$, определенное электронным микроскопом РЭМ-200.

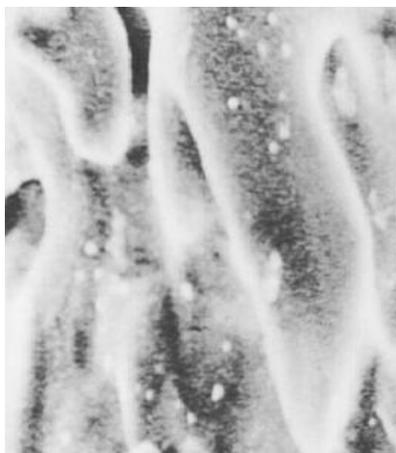


Рис. 6. Фото-изображение внутренней части гранул NH_4NO_3 , полученное в соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$, определенное электронным микроскопом РЭМ-200.

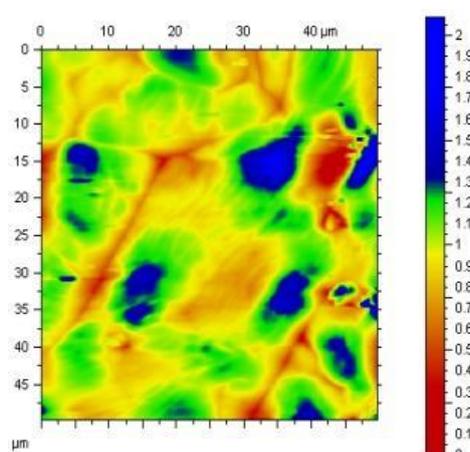


Рис. 7. Фото-изображение поверхности и внутренней части гранул, полученное в соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : 24 : 1$, определенное электронным микроскопом Agilent 5500.

По всей видимости CaCO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ уменьшает размеры кристаллов АС, являясь центрами кристаллизации. Они заполняя поры и микротрещины, образуют более совершенную поверхность и внутреннюю структуру гранул АС.

На приборе Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (пр-во Германия) определяли температуру начала разложения и энергии активации АС марки «ч» и образцов серосодержащей ИАС.

Температура начала разложения и энергии активации чистого NH_4NO_3 (без добавок) составляет 211 и -915 Дж/г, а в образцах ИАС эти показатели находятся в пределах 246,8-258°C и -536,8÷ -224,6 Дж/г.

Это говорит о том, что меловая мука и сульфат аммония повышает термостойкость АС (табл. 4).

Таблица 4

Температура начала разложения и значения энергии активации терморазложения серосодержащей известково-аммиачной селитры

Номер образцов	Массовое соотношение NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: CaCO_3	Температура начала разложения, °С	Энергия активации, Дж/г
1	NH_4NO_3	210-211	-915,1
2	100 : 0,5 : 2,5	246,8	-536,8
3	100 : 0,5 : 5,0	249,1	-310,2
4	100 : 1,0 : 24	253,6	-275,0
5	100 : 3,0 : 58	258	-224,6

В таблице 5 представлены результаты термостойкости гранулированного NH_4NO_3 марки «ч», АС с 0,28% MgO и образцов серосодержащей ИАС к повторным термическим циклам при $20 \leftrightarrow 60^\circ\text{C}$ нагрев-охлаждение.

Образцы гранул NH_4NO_3 марки «ч» и АС с 0,28% MgO полностью разрушаются после 90 и 100 термоциклов соответственно, а образцы известково-аммиачной селитры, полученных при массовых соотношениях NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: CaCO_3 = 100 : 0,5 : 2 и 100 : 5 : 58 эти показатели были равны 52 и 12%.

Это обстоятельство говорит о том, введение меловой муки – CaCO_3 и сульфата аммония – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ позволяет получить высокоэффективное азотно-серно-кальциевое удобрение с достаточно высокой прочностью гранул и термоустойчивостью.

Таблица 5

Термическая устойчивость гранул образцов серосодержащей ИАС в зависимости от количества повторных термоциклов

Массовое соотношение NH_4NO_3 : CaCO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Количество разрушенных гранул по циклам переходов форм IV ↔ III, %					
	10 цикл	50 цикл	70 цикл	80 цикл	90 цикл	100 цикл
Гранулированный «чистый» NH_4NO_3	5	62	78	86	100	–
Гранулированная АС с 0,28% MgO	–	31	42	57	79	100
100 : 2,0 : 0,5	–	–	9	19	38	52
100 : 2,0 : 1,0	–	–	–	11	33	47
100 : 5,0 : 0,5	–	–	–	5	31	45
100 : 5,0 : 1,0	–	–	–	3	29	41
100 : 24 : 1,0	–	–	–	2	25	38
100 : 24 : 3,0	–	–	–	–	22	34
100 : 24 : 4,0	–	–	–	–	19	31
100 : 24 : 5,0	–	–	–	–	16	27
100 : 45 : 1,0	–	–	–	–	12	23
100 : 45 : 5,0	–	–	–	–	8	19
100 : 58 : 1,0	–	–	–	–	6	15
100 : 58 : 5,0	–	–	–	–	3	12

В четвертой главе диссертации «Разработка технологии получения известково-аммиачной селитры на основе плава нитрата аммония, мела и сульфата аммония» приведены результаты опытов на лабораторной модельной установке и опытно-промышленных испытаний технологии неслёживающейся и термостабильной ИАС. При этом показано, что состав и свойства образцов готовых удобрений очень близки к составам продуктов, полученных в лабораторных условиях.

На основе проведённых лабораторных исследований и серии опытов на модельной установке разработаны основные показатели технологического режима.

На рис. 8 представлена принципиальная технологическая схема получения ИАС с добавкой мела.

Расплав АС из ёмкости (1) перекачивается с помощью насоса (2) в смеситель (3), куда одновременно поступает CaCO_3 из бункера (4) с помощью шнекового дозатора (5). В смесителе плав АС и мел тщательно перемешивают в течение 7-10 мин. Однородный плав ИАС поступает в шнековый гранулятор (6), где перемешивается с ретуром, поступающий из классификатора (8) и циклона (11). Из шнекового гранулятора (6) подвижная масса (ИАС) поступает в грануляционный барабан (7). Гранулированный продукт просеивается на классификаторе (8) и гранулы с размером 2,5-4 мм поступают в охладитель кипящего слоя (10). Гранулированный продукт направляют на упаковку. Крупные фракции удобрения измельчаются в мельнице (9) и оттуда продукт поступает на классификатор (8).

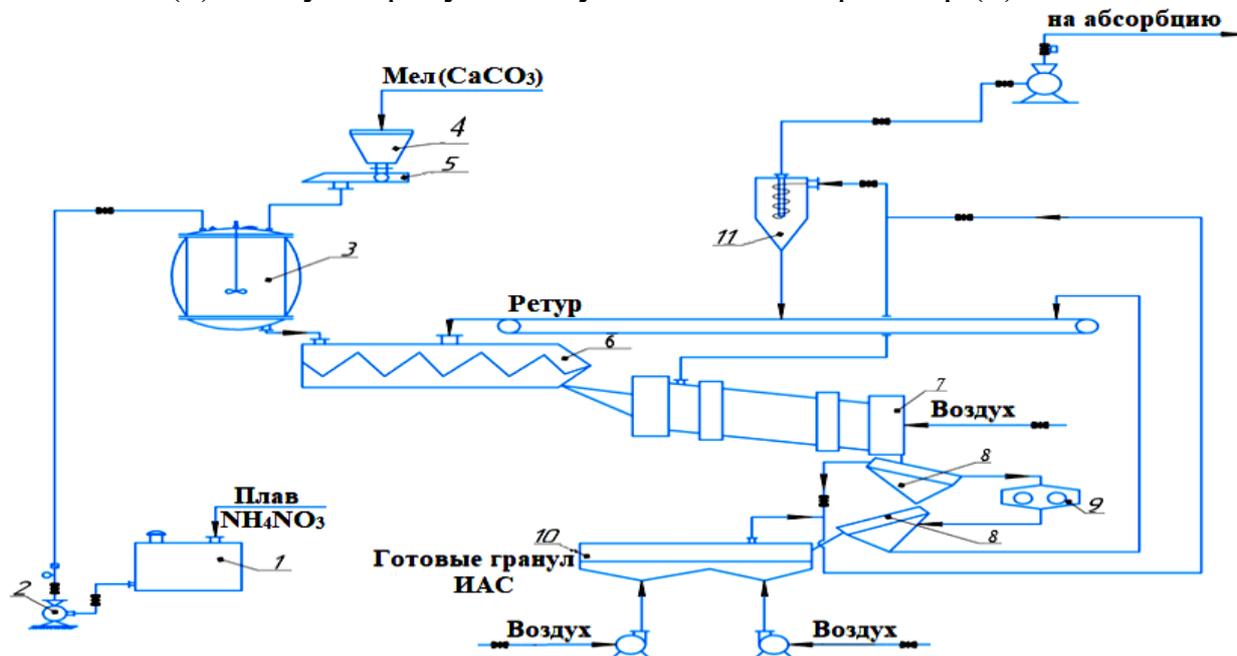


Рисунок 8. Принципиальная технологическая схема производства ИАС на основе плава АС и мела:

1 – бак для плава АС – NH_4NO_3 ; 2 – погружной насос; 3 – шнековый смеситель; 4 – бункер для мела – CaCO_3 ; 5 – шнековый дозатор; 6 – шнековый гранулятор; 7 – грануляционный барабан; 8 – классификатор; 9 – мельница; 10 – охладитель кипящего слоя; 11 – циклон.

Рассчитан материальный баланс получения 1 т известково-аммиачной селитры с добавкой мела. Для получения 1000 кг готового продукта необходимо 810 кг АС (NH_4NO_3) и 195 кг мела (оптимальное соотношение $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : 24$).

Готовое удобрение содержит 28,12% N; и 10,11% CaO.

На рис. 9 представлена блок схема производства серосодержащей ИАС с добавкой сульфата аммония и мела.

Согласно блок схеме концентрированный раствор (88-90%) NH_4NO_3 смешивается с заранее приготовленным раствором (35%) сульфата аммония. Далее сульфатно-нитратный раствор нейтрализуется газообразным аммиаком. Затем выпарка раствора АС осуществляется в выпарных аппаратах до её концентрации 99,5%.

Смешение сульфатно-нитратного плава с мелом при соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{CaCO}_3 = 100 : 1 : 24$.

Гранулирование нитратно-сульфатно-карбонатного плава осуществляется в промышленной грануляционной башне.

Охлаждение гранул ИАС проводят в холодильнике потоком холодного воздуха, далее направляется в классификатор с получением товарной фракции (1-4 мм).



Рисунок 9. Блок схема производства серосодержащей ИАС

Опытно-промышленные испытания технологии получения ИАС с добавкой мела и сульфата аммония и мела проведены на СП-АО «Elektrokimyozavod» с получением опытной партии удобрений и установлением основных технологических параметров процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Изучен процесс получения модифицированной аммиачной селитры с добавкой мела в плав NH_4NO_3 при массовых соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$. Показано, что при добавке к 100 г NH_4NO_3 мела в количестве 2 г слёживаемость селитры снижается почти в 2 раза. При этом прочность её гранул составляет не менее 2,65 МПа. Это говорит о том, что местный мел может вполне заменить импортные модификаторы брусит и магнезит. Дальнейшее увеличение массовой доли мела способствует к значительному улучшению свойства ИАС. Оптимальным соотношением NH_4NO_3 к CaCO_3 считается 100 : 24. В этом случае продукт имеет слёживаемость, прочность, пористость гранул и впитываемость соляного масла гранулами равны 5,95 МПа; 1,96 г/см²; 6,83% и 2,71 г. Значит, по сравнению с АС с добавкой 0,28% MgO прочность гранул возрастает в 3,8 раза, а слёживаемость, пористость и впитываемость дизельного топлива гранулами снижаются в 2; 1,3 и 1,5 раза соответственно.

2. На основе лабораторных экспериментов выявлено, что добавка мела нейтрализует кислотность АС. Если рН 10 %-ного раствора чистой АС составляет 5,17, то увеличение массовой доли мела в смеси от 100 : 2 до 100 : 58 приводит к возрастанию его значения от 7,28 до 7,78. На рентгенограмме образца ИАС, полученные при соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : 24$ интенсивные дифракционные пики 2,25; 2,72; 3,09; 3,95; 4,95 и 1,36; 1,43; 2,47; 2,81; 2,85; 3,48 Å относятся к NH_4NO_3 и CaCO_3 соответственно. Дифракционные пики 1,69, 2,20; 5,20; 6,20 Å подтверждают о наличии в составе ИАС нитрата кальция, образующегося в результате взаимодействия NH_4NO_3 с CaCO_3 .

Изучены реологические свойства карбонатно-нитратных плавов, в интервале температур 165-180°C. Плотность и вязкость плавов в зависимости от массовой доли CaCO_3 по соотношению 100 г NH_4NO_3 составляет в пределах 1,503-2,427 г/см³ и 4,56-11,06 сПз соответственно. Реологические свойства карбонатно-нитратных плавов позволяют сделать вывод о том, что без особых технологических трудностей их можно гранулировать в барабанном грануляторе или грануляционной башне.

3. Исследованы процессы получения неслёживающей и термостабильной ИАС путём добавления к плаву АС сульфата аммония и мела при массовых соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 100 : (2-58) : (0,5-5,0)$. Показано, что при добавке мела к расплаву АС происходит сильное пенообразование. Кроме того, наблюдается снижение температуры кристаллизации от 156,8 до 151,6°C. Это обстоятельство способствует

возникновению ряда технологических трудностей при грануляции плава. Сульфат аммония повышает температуру кристаллизации расплава АС. Для решения этой проблемы в последующих опытах вначале к плаву АС добавляли $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, а затем CaCO_3 . При этом было установлено, что $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ положительно влияет на процесс пенообразования в карбонатно-нитратном расплаве. Кроме того, температура кристаллизации плава ИАС практически приблизилась к плаву АС с добавкой магнезита. Прочность, слёживаемость, пористость гранул образцов серосодержащей ИАС, полученных при исследованных соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{CaCO}_3$ составляют 2,69-9,30 МПа; 0,3-2,41 кг/см²; 4,45-8,06% соответственно.

CaCO_3 способствует существенному снижению пористости гранул АС. Чем меньше пористость гранул, тем меньше впитываемость дизельного топлива. Это положение увязывается между собой. В зависимости от количества добавки мела, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ впитываемость дизельного топлива гранулами ИАС находится в пределах от 1,65 до 3,24 г.

4. Электронно-микроскопические исследования ИАС показали, что на верхней поверхности и внутренней части гранул наблюдались очень мелкий меловой минерал и сульфат аммония в виде белых и коричневых пятен. В гранулах АС обнаружены поры размером 1-5 мкм и макро- и микротрещины размером 1-3 мкм на поверхности и внутренних частях. В результате отложения мелового минерала и сульфата аммония в этих порах и трещинах их размерность снижается до 1-3 и 1-2 мкм. Степень заполнения пор и трещин составляет 20-60%.

5. Температура начала разложения и энергия активации чистого NH_4NO_3 (без добавок) составляет 211°C и -915 Дж/г, а образцов ИАС лежит в пределах 246,8-258°C и -536,8÷ -224,6 Дж/г. Образцы гранул чистого NH_4NO_3 и АС с 0,28% MgO полностью разрушаются после 90 и 100 термоциклов (20↔60°C) соответственно. Образцы ИАС, полученных при соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 : \text{CaCO}_3 = 100 : 0,5 : 2$ и $100 : 5 : 58$ эти показатели были равны 52 и 12%. Значит введение сульфата аммония и мела в расплав NH_4NO_3 позволяет получить высокоэффективную серосодержащую ИАС с высокой прочностью гранул и термоустойчивостью.

6. На модельной лабораторной установке отработаны оптимальные режимы получения неслёживающейся и термостабильной АС на основе её плава и добавки мела и сульфата аммония и мела. Показано, что состав удобрений близок к составу продуктов, полученных в лабораторных условиях. Технологии получения этих удобрений прошли апробацию в опытно-промышленных условиях на СП-АО «Elektrokimyozavod» с выпуском опытной партии продукции. Предварительно технико-экономическая оценка показывает, что при замене привозного магнезита на мел и сульфат аммония себестоимость добавки соответственно снижается на 93 и 79%. Организации производства ИАС и серосодержащей ИАС открывает возможность выпуска экспортоориентированной новой продукции с добавленной стоимостью.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02/05.05.2023.K/T35.02 AT INSTITUTE OF GENERAL AND
INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

RASULOV OYBEK Kholdarali Ugli

**TECHNOLOGY FOR PRODUCING CALCIUM AMMONIUM NITRATE
WITH THE ADDITION OF LOCAL LIMESTONE AND AMMONIUM
SULFATE**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis

**DISSERTATION ABSTRACT
OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN TECHNICS**

Tashkent – 2025

The dissertation topic of the Doctor of Philosophy (PhD) is registered under the number B2024.3.PhD/T4831 in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic Uzbekistan in.

Dissertation was carried out at Institute of General and Inorganic Chemistry.

Abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, and English (resume)) is placed on the web page of Scientific council (www.ionx.uz) and Information-educational portal of «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Scientific consultant:

Namazov Shafolat Sattarovich

doctor of technical sciences, professor, academician

Official opponents:

Kucharov Bakhrom Khayriyevich

doctor of technical sciences, senior scientific researcher

Sherkuziyev Doniyor Shermamatovich

doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Navoi state mining and technology university

The defense of the dissertation will take place on “5” may 2025 at 14⁰⁰ hours at a meeting of the Scientific Council DSc.02/05.05.2023.K/T35.02 at the Institute of General and Inorganic Chemistry at the address: (Address: 100170, Tashkent, street Mirzo Ulugbek 77-a, tel.: (99871) 262-56-60, Fax: (99871) 262-79-90, e-mail: ionx@academy.uz)

The dissertation can be found at the Information and resource centre of the Institute of General and Inorganic Chemistry of AS RUz (registration number 68). (Address: 100170, Tashkent. street Mirzo Ulugbek 77-a, tel.: (99871) 262-56-60).

Abstract sent out on “18” of april 2025 year
(mailing report No 68 on “18” april 2025 year)

Usanbaev N.Kh.

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

Shukurov J.S.

Scientific secretary of scientific council on award of scientific degree, doctor of technical sciences, professor

Guro V.P.

Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degree, d.ch.s., professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is the development of a technology for obtaining calcium ammonium nitrate based on its melt, local chalk and ammonium sulfate.

The scientific novelty of the dissertation is as follows:

the possibility of using finely ground chalk and ammonium sulfate as a nitrate modifier has been proven by determining their physical and mechanical properties; in products obtained at mass ratios of $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3 = 100 : (2-58)$ compared to AN with the addition of 0.28% MgO, an increase in strength, a decrease in caking, granule porosity and the absorption of solar oil by granules by 1.7 to 5.5; from 1.6 to 5.02; from 1.04 to 1.87 and from 1.20 to 2.31 times, respectively, has been established;

it has been proven that a sharp decrease in the crystallization temperature of the carbonate-nitrate melt during granulation from 164 to 151.6°C can only be prevented by adding $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

the possibility of obtaining non-caking and heat-stable sulfur-containing calcium ammonium nitrate (CAN) by adding chalk flour and ammonium sulfate to the AN melt was established;

the dependence of the change in composition and properties (strength, caking, granule porosity, diesel fuel absorption) on the mass fraction of the additive CaCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in relation to the AN melt was found;

the optimal mass ratio of the initial components and the amount of additive, where non-caking and heat-stable AN with a given composition and properties are obtained, were substantiated;

it was proven that the initial decomposition temperature of sulfur-containing CAN in the product (258°C) increases by 47°C compared to pure ammonium nitrate (211°C);

effective technologies for obtaining modified AN with the addition of chalk and CAN based on the AN melt, local chalk and AN melt, chalk and ammonium sulfate were developed.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the development of a technology for obtaining a new type of CAN based on ammonium nitrate melt of local chalk and ammonium sulfate:

the technology for obtaining modified AN with the addition of local chalk is included in the list of promising developments for implementation in 2024-2026 by JV-JSC Elektrokimyozavod (certificate of JV-JSC Elektrokimyozavod No. 133 dated November 26, 2024). As a result, pilot batches of granulated calcium ammonium nitrate with better physicochemical and commercial properties than ammonium nitrate were obtained;

The developed technology for obtaining sulfur-containing calcium ammonium nitrate based on AN melt, ammonium sulfate and chalk flour is included in the list of promising developments for implementation in 2024-2026 by JV-JSC Elektrokimyozavod (certificate of JV-JSC Elektrokimyozavod No. 133 dated November 26, 2024). As a result, sulfur-containing calcium ammonium nitrate was obtained, which made it possible to expand the volume and range of competitive nitrogen fertilizers intended for export.

The structure and volume of dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendixes. The volume of the dissertation is 113 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Rasulov O.Kh., Mamataliyev A.A., Dadaxodjaeva M.X., Namazov Sh.S. Production of lime-ammonium nitrate based on chalk, nitrate and ammonium sulfate // Chemical technology. Control and management 2021, № 2 (98) PP. 05-11. <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.1-77-0001>. (02.00.00 № 10).
2. Расулов О.Х., Ибатов Ф.А., Каймакова Д.А., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Серасодержащая известково-аммиачная селитра на основе плава аммиачной селитры, мела и сульфата аммония // Химическая промышленность: г. Санкт – Петербург, 2023 - № 2. – С. 53-63. (02.00.00 № 21).
3. Расулов О.Х., Ибатов Ф.А., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Модифицированная известково-аммиачная селитра с добавкой сульфата аммония и реологические свойства её расплавов // Композиционные материалы. Узбекский научно-технический и производственный журнал – Ташкент. – 2022. – № 2. – С. 36-39. (02.00.00 № 4).
4. Rasulov O.Kh., Mamataliev A.A., Namazov Sh.S., Ibatov F.A. Lime-ammonium nitrate based on ammonium nitrate fuel and chalk // Узбекский химический журнал. – Ташкент – 2024. – №5. – С. 82-86. (02.00.00. №6).
5. O.X.Rasulov, A.A.Mamataliyev, D.Rasulova, U.Temirov, Sh.Namazov. Physico-chemical properties lime-ammonium nitrate based on chalk, nitrate and ammonium sulphate // E3S Web of Conferences 264, 04012 CONMECHYDRO – 2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404012>. PP. 1-6. Scopus (3) IF – 0.203.
6. Расулов О.Х., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Нуъмонов Б.О. Товарные свойства известково-аммиачной селитры на основе плава нитрата аммония и мела // Научный вестник Кокандского государственного педагогического института. – Коканд. – 2024. – № 4. – С. 25-31. (02.00.00 № 26).

II бўлим (II часть; part II)

7. Расулов О.Х., Жураев Н.Ё., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Дадаходжаева.М.Х. Процесс получения гранулированной известково-аммиачной селитры // Международный научно-техническая онлайн конференция «Совершенствование и внедрения инновационных идей в области химии и химической технологии» г. Фергана, Узбекистан. 23-24 октября 2020 года. – С. 115-117.
8. Расулов О.Х., Маматалиев А.А., Бозоров И.И., Намазов Ш.С. Реологические свойства сульфат-нитрата аммония // Международный научно-техническая онлайн конференция «Совершенствование и внедрения инновационных идей в области химии и химической

- технологии» г. Фергана, Узбекистан. 23-24 октября 2020 года. – С. 117-120.
- 9 Расулов О.Х., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Получения известково-аммиачной селитры на основе мела, нитрата и сульфата аммония // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. «Ёшларни кўллаб қувватлаш ҳамда инновацион тадқиқотлар ва уларни ривожлантиришда табиий фанларнинг истиқболлари». Денов тадбиркорлик педагогика институти. Денов – 29 май 2021 й. С. 40-45.
 - 10 Расулов О.Х., Маматалиев А.А., Дадаходжаева М.Х., Атажанова И.Э., Намазов Ш.С. Процесс получения гранулированной известково-аммиачной селитры // O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi Namangan muhandislik-texnologiya institutining «Kimyo, oziq-ovqat hamda kimyoviy texnologiya mahsulotlarini qayta ishlashdagi dolzarb muammolarni yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati» mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami, Namangan – 2021 yil 23-24 noyabr, 259-260 betlar.
 - 11 Расулов О.Х., Ибатов Ф.А., Дадаходжаева.М.Х., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Реологические свойства расплава модифицированной известково-аммиачной селитры // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов». Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент 12-14 май 2022. – С. 211-212.
 - 12 Oybek Rasulov, Abdurasul Mamataliyev, Shafaat Namazov. Lime-ammonium nitrate based on chalk, nitrate and ammonium sulphate // Материалы международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства-залог прогресса и процветания», посвященной 5-летию основания Навоийского отделения академии наук республики Узбекистан. г. Навои. – 9-10 июня 2022 года. – С. 233-236.
 - 13 Oybek Rasulov, Abdurasul Mamataliyev, Atanazar Seytnazarov, Shafaat Namazov. Calcium-ammonium nitrate based on chalk, nitrate and ammonium sulphate // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. «Инновационные технологии производства одианрных, комплексных и органоминеральных удобрений». Институт общей и неорганической химии АН РУз. г. Ташкент. – 13-14 декабря 2022 г. С. 32-34.
 - 14 Расулов О.Х., Ибатов Ф.А., Каймакова Д.А., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Серасодержащая известково-аммиачная селитра на основе плава аммиачной селитры, мела и сульфата аммония // Сборник трудов XXXII научно-практической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата «Перспективные химики – 2023», посвященная году “Заботы о человеке и качественного образования”. Ташкентский

- химико-технологический институт. г. Ташкент. – 25-27 апреля 2023 г. С. 61-62.
- 15 Расулов О.Х., Маматалиев А.А., Каймакова Д.А., Намазов Ш.С., Ибатов Ф.А. Серасодержащая известково-аммиачная селитра на основе плава аммиачной селитры, мела и сульфата аммония // Кимё фанлари доктори, профессор Х.Т.Шарипов хотирасига бағишланган “Нодир ва ноёб металллар кимёси ва технологияси: бугунги ҳолати, муаммолари ва истиқболлари” республика илмий-амалий конференцияси. – Термиз. – 28-29 апреля 2023 г. – С. 185-186.
 - 16 О.Х.Расулов., А.А.Маматалиев., Ш.С.Намазов., Ф.А.Ибатов. Известково-аммиачная селитра на основе плава аммиачной селитры, мела и сульфата аммония // Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня создания Института общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан и 80-летию со дня создания Академии наук Республики Узбекистан “Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана” г. Ташкент. – 16-17 ноября 2023 г. – С. 48-50.
 - 17 Rasulov O.Kh., Mamataliev A.A., Namazov Sh.S., Ibatov F.A. Lime-ammonium nitrate based on ammonium nitrate fuel and chalk // Программа конференции посвященной 60 летию АО Навоизот. Материалы. Республиканской научно-практической конференции на тему «Наука, химические технологии и перспективы производства в Узбекистане» (15 – ноября 2024 г.) г. Навои, 15 ноября, 2024 г. – С. 139-141.

Автореферат “Ўзбекистон кимё журналі” тахририятида тахрирдан
ўтказилган.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 19/25.

Гувоҳнома № 851684.
«Tirograff» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.