

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

DSc 02/30.12.2019.К/Т35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

МАМАТАЛИЕВ АБДУРАСУЛ АБДУМАЛИКОВИЧ

**АММОНИЙ НИТРАТИ, СУЛЬФАТИ ВА КАЛИЙ ХЛОРИДИ
АСОСИДА МУРАККАБ ЎҒИТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2021

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

Маматалиев Абдурасул Абдумаликович

Аммоний нитрати, сульфати ва калий хлориди асосида
мураккаб ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш..... 3

Маматалиев Абдурасул Абдумаликович

Разработка технологии получения сложных удобрений
на основе хлорида калия, нитрата и сульфата аммония..... 29

Mamataliev Abdurasul Abdumalikovich

Development the technology of obtaining complex fertilizers
on the base potassium chloride, ammonium nitrate and ammonium sulphate..... 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 59

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

DSc 02/30.12.2019.К/Т35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

МАМАТАЛИЕВ АБДУРАСУЛ АБДУМАЛИКОВИЧ

**АММОНИЙ НИТРАТИ, СУЛЬФАТИ ВА КАЛИЙ ХЛОРИДИ
АСОСИДА МУРАККАБ ЎҒИТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2021

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2021.2.DSc/T434 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси www.iopx.uz ва «ZiyoNeb» ахборот таълим парталида (www.ziyo.net.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Намазов Шафоат Саттарович
техника фанлари доктори, академик

Расмий оппонентлар:

Эркаев Ақтам Улашев
техника фанлари доктори, профессор

Турдиалиев Умид Мухторалиевич
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

Нурмуродов Тулкин Исамуродович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «14» декабрь 2021 йил соат 10⁰⁰ 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: iopxanguz@mail.ru).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (19 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Диссертация автореферати 2021 йил «27» ноябрь куни тарқатилди.
(2021 йил «27» ноябрдаги № 19 рақамли реестр баённомаси).



Б.С.Закиров

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

Д.С.Салиханова

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

В.П.Гуро

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

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунё аҳолисининг сони йилдан йилга жадал суратларда ўсиши ва экинга яроқли ерларнинг кескин қисқариб бориши жаҳон миқёсида озиқ-овқат муаммосини янада кучайтирмоқда. Бу борада, озиқ-овқат муаммосини ҳал қилишнинг самарали ечимларидан бири қишлоқ хўжалиги экинларидан юқори ва сифатли ҳосил олишда агрокимёвий самарали минерал ўғитлардан оқилона фойдаланиш ҳисобланади. Шунинг учун таркибида ўсимликлар ривожланиши учун зарур бўлган турли озуқа моддалари тутган мураккаб минерал ўғитлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш, амалиётга жорий этиш ва қишлоқ хўжалигида қўллаш катта аҳамиятга эга.

Дунёда аммиакли селитра (АС) концентранган эритмаси ёки суюқланмасига таркибида фосфор, калий, олtingугурт, кальций, магний ва микроэлемент тутган ҳар хил ноорганик қўшимчаларни қўшиш йўли билан мураккаб ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, селитра концентранган эритмаси ёки суюқланмаси ва калий хлориди (КСl) асосида калийли-АС олиш жараёнини ўрганиш; АС суюқланмаси, КСl ва фосфогипс (ФГ) асосида NKS-ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш; маҳсулотнинг таркиби ва хоссаларига КСl ва ФГ қўшимчаси миқдорининг таъсирини аниқлаш; аммоний нитрати ва сульфати (NH₄)₂SO₄) асосида физик-кимёвий ва товар хоссалари яхшиланган NS-ўғитлар олишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда АС суюқланмаси ва маҳаллий хом ашёлар асосида азотфосфорли ўғит (АФЎ), оҳакли-АС ҳамда бентоселитрасини ишлаб чиқариш бўйича муҳим илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасининг 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «юқори технологик қайта ишлаш тармоқларини, биринчи навбатда, маҳаллий хом-ашё ва йирик саноат чиқиндиларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматга эга тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадал ривожлантириш»га қаратилган муҳим вазифалар белгиланган¹. Бу борада, калий хлориди, фосфогипс, аммоний нитрати ва сульфати асосида мураккаб ўғитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони ва 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ 3983-сон «Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини тезкор ривожлантириш бўйича чоралари тўғрисида» ги ҳамда 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265 сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармон

белгиланган вазифаларни амалга оширишга мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи². АС ва ҳар хил ноорганик қўшимчалардан янги турдаги мураккаб ўғитлар олишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан International Fertilizer Development Center (АҚШ), University of Science and Technology (Хитой), Fertilizer Research Institute (Польша), University of Helsinki (Финляндия), Japan Fertilizer & Ammonia Producers Association, The Chemical Society of Japan (Япония) Canadian Fertilizer Institute (Канада) Ўғитлар ва инсектофунгицидлар илмий-тадқиқот институти ва Д.И.Менделеев номидаги Россия кимё-технология университети (Россия), Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё технология институтида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Аммиакли селитрасининг концентрланган эритмаси ёки суюқланмасига ҳар хил ноорганик моддаларни қўшиш асосида мураккаб ўғитлар олишга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: АС суюқланмасига суперфосфор кислотаси асосида олинган N ва P₂O₅ таркибли суюқ комплекс ўғитини қўшиш орқали мураккаб ўғитлар олиш усули ишлаб чиқилган (Ўғитлар ва инсектофунгицидлар илмий-тадқиқот институти (Россия)); аммиакли селитра суюқланмаси, доломит ва бўр асосида оҳакли-АС олиш усули яратилган (Fertilizer Research Institute (Польша)); АС суюқланмасига 3 дан 5% гача P₂O₅ миқдорида фосфорит унини қўшиш йўли билан фосфатлаштирилган АС ишлаб чиқариш технологияси яратилган (Умумий ва ноорганик кимё институти (Ўзбекистон)); таркибида NH₄NO₃, KNO₃, KCl ва NH₄Cl тутган калий-аммиакли селитра ишлаб чиқариш технологияси ишлаб чиқилган (University of Helsinki, Финляндия)).

Дунёда АС ва ҳар хил ноорганик қўшимчалар асосида мураккаб ўғитлар олиш бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан физик-кимёвий хоссалари яхшиланган АС олиш учун мос келадиган ноорганик қўшимчаларни топиш; АС ва танланган қўшимчалар асосида мураккаб ўғитлар олиш жараёнларининг мақбул шароитларини аниқлаш; тайёр маҳсулотларнинг кимёвий таркиби ва хоссаларини ўрганиш; мураккаб ўғитларни донадорлаш усулини ва анъанавий технологияларини ишлаб чиқиш.

² Диссертация мавзуси бўйича чет эл илмий тадқиқотлари тавсифи: <https://www.ifdc.usa>, <https://www.en.ustc.edu.cn/>, <https://www.ionx.uz>, https://www.researchgate.net/institution/Fertilizer_Research_Institute, <https://www.helsinki.fi/en>, <http://www.jaf.gr.jp/en.html>; <http://www.rootsforgrowth.com/global-initiatives/canadian-fertilizer-institute/index.html>, <http://www.niuf.ru/> ва бошқа ҳаволалар.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Илмий-техник адабиётларда ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган АС олиш технологияси бўйича ишлар кенг ёритилган. Кўрсатилган хоссаларни бартараф этишда кўплаб қўшимчалар таклиф қилинган. АСнинг ёпишқоқлиги намлик тортувчи, кристалланиш марказларини ҳосил қилувчи, майда кукунли ёпишувчи ва сувда эрийдиган ҳамда эримайдиган қўшимчаларни қўллаш орқали ечилмоқда. (Vincent J.Russo, Brown Marion L, Фридман С.Д., Абросимова А.М., Скум А.С., Клевке В.А., Миниович М.А., Олевский В.М., Стрижевский И.И.). Энг яхши қўшимча магнезит ҳисобланади. Кўп тоннажли АСнинг таннархини пасайтириш учун импорт магнезитни маҳаллий хом-ашёга алмаштириш мумкин.

АСнинг портловчилик хавфлилиги муаммоси унинг ёпишқоқлик муаммосидан жиддийдир. Энг кенг тарқалган оҳакли-АС селитра эритмаси ёки суюқланмасига доломит ёки бўрни қўшиш йўли билан ишлаб чиқарилади (Kołaczowski A., Biskupski A., Долгов В.В., Таран А.Л., Жмай Л.А.). Аммо, у фақат нордон тупроқлар учун самарали. Энг яхши натижалар эса фосфорли қўшимчалар қўлланилганда олинган. «Череповецкий азот» ОАЖда АС суюқланмасига суперфосфор кислотасидан олинган суюқ комплекс ўғитини қўшиш орқали портловчанлик хавфи бўлмаган АС ишлаб чиқариш ўзлаштирилган (Чернышев А.К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Глаголев О.Л., Ильин В.А.). Суперфосфор кислотаси Ўзбекистонда ишлаб чиқарилмайди шунингдек, унинг таннархи жуда қиммат.

«Navoiyazot» АЖда АС суюқланмасига Марказий Қизилқум фосфорит унини қўшиш йўли билан АФЎ олиш усули жорий этилган (Намазов Ш.С., Беглов Б.М., Реймов А.М., Курбаниязов Р.К.). Ҳудди шу ерда АС суюқланмаси ва маҳаллий оҳак асосида термик барқарорлашган АС олиш технологияси ҳам жорий қилинган (Намазов Ш.С., Жураев Н.Ё., Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р.). Яна шу корхонада маҳаллий бентонитни селитра суюқланмасига киритиш орқали ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган АС ишлаб чиқариш технологияси саноат синовларидан ўтказилган (Намазов Ш.С., Турдиалиев У.М., Сейтназаров А.Р., Беглов Б.М.).

Аммо, АС суюқланмаси, калий хлориди, фосфогипс ва аммоний сульфати асосида ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган АС олиш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича тизимли тадқиқотлар ҳеч ким томонидан ўтказилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ И12-ФА-Т020 «АС суюқланмаси, Марказий Қизилқум фосфоритлари, аммоний сульфати ва калий хлориди асосида янги турдаги мураккаб ўғитлар олишнинг мосланувчан технологиясини ишлаб чиқиш ва тажриба-саноат синовидан ўтказиш» мавзусидаги инновацион лойиҳаси ҳамда ЁА12-ФА-Т023 «Аммоний нитрати суюқланмаси ва калий хлориди асосида калийли-аммиакли селитра олиш

технологияси» мавзусидаги ёш олимлар амалий тадқиқотларининг илмий-техник лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади аммиакли селитра суюқланмаси, калий хлориди, фосфогипс ва аммоний сульфати асосида НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олиш технологияларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

АС суюқланмаси ёки концентранган эритмаларига калий хлориди ва ФГни қўшиш йўли билан НК- ва NKS-ўғитлар олиш жараёнини тадқиқ этиш;

N : K₂O ҳар хил оғирлик нисбатларида АС билан KCl ни таъсирлашуви натижасида олинган калийли-нитратли суюқланмаларнинг (КНС) таркибидаги калий хлоридининг конверсияланиш даражасини ўрганиш;

аммоний нитрати суюқланмасига аммоний сульфатини қўшиш асосида NS-ўғитлар олиш жараёнини ўрганиш;

ҳароратга ва дастлабки компонентлар оғирлик нисбатларига боғлиқ равишда калийли-нитратли, калийли-гипсли-нитратли ва сульфатли-нитратли суюқланмаларнинг реологик хоссаларини ўрганиш;

ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва термик барқарорлашган НК-, NKS- ва NS-ўғитлар доналарининг кимёвий таркиби ва физик-кимёвий хоссаларини (мустаҳкамлиги, ёпишқоқлиги, ғоваклиги, дизель ёқилғисини шимиши, модификацион ўтиш, термик турғунлиги, фаолланиш энергияси) аниқлаш;

лаборатория модел қурилмасида НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олиш технологиясини апробация қилиш;

«Электрохимёзавод» ҚК-АЖда калий хлорид, фосфогипс ва аммоний сульфати қўшимчали НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олиш бўйича ишлаб чиқилган технологияларни тажриба-саноат синовларидан ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида NH₄NO₃ суюқланмаси, калий хлориди, ФГ, аммоний сульфати, калийли-нитратли, калийли-гипсли-нитратли ва сульфатли-нитратли суюқланмалар, НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети АС суюқланмаси ёки концентранган эритмасига калий хлоридини, калийли-нитратли суюқланмага фосфогипсни ва АС суюқланмасига аммоний сульфатини қўшиш сўнгра, суюқланмаларни сочиш ҳамда донадорловчи барабанда жадал аралаштириш усулларида ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олиш жараёнлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация тадқиқоти кимёвий, (аналитик кимё), физик-кимёвий (ацетонли экстракциялаш, рентгенографик, электрон-микроскопик, термик) таҳлил усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

экстракцион фосфор кислотаси ишлаб чиқариши чиқиндиси бўлган фосфогипснинг физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш асосида уни селитрага модификатор сифатида қўллашга яроқлилиги исботланган;

ацетонли экстракциялаш усули ёрдамида калийли-нитратли суюқланмада калий хлоридининг конверсияланиш жараёни исботланган;

калий хлориди ва аммоний сульфат қўшимчаларини $N : K_2O = 1 : 0,5$ ва $NH_4NO_3 : (NH_4)_2SO_4 = 93 : 7$ оптимал нисбатда қўллаш магнетит қўшимчали АС доналарига нисбатан доналар мустаҳкамлигини 3-4,8 баробарга ошириши, ёпишқоқлигини эса 2-2,3 баробарга камайтириши аниқланган;

сульфат-нитрат аммоний суюқланмаси 185 дан 25°C гача совутилганда NH_4NO_3 III фазани четлаб ўтиши ва суюқланма $\rightarrow I$; $I \rightarrow II$; $II \rightarrow IV$ кетма-кетлигида модификацияга ўтиши аниқланган;

KCl, ФГ ва $(NH_4)_2SO_4$ қўшимчалари NH_4NO_3 нинг кристалл панжараларини зичлаштириши ҳисобига уни структура бузилиш ҳароратини 211 дан 263,1°C гача оширган ҳолда парчаланишига ингибитирловчи таъсири исботланган;

АС суюқланмаси, калий хлориди, фосфогипс ва аммоний сульфати асосида НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олиш технологиялари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

АС суюқланмаси ёки концентранган эритмасига $N : K_2O = 1 : (0,5-1)$ оғирлик нисбатларида калий хлоридини қўшиш йўли билан физик-кимёвий ва товар хоссалари яхшиланган калийли-АС олиш технологияси ишлаб чиқилган;

АС суюқланмаси, KCl ва ФГ қўшимчаси асосида қониқарли истеъмолчилик хоссаларга эга бўлган NKS-ўғитлар олиш технологияси ишлаб чиқилган;

NH_4NO_3 суюқланмаси ва аммоний сульфати асосида юқори сифатли физик-кимёвий хусусиятларга эга бўлган ёпишқоқлиги бўлмаган ва сульфат-нитрат аммоний олиш технологияси яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Фойдаланилган кимёвий ва физик-кимёвий (рентгенографик, электрон-микроскопик ва термик) таҳлил натижалари лаборатория тажрибалари ва тажриба-саноат синовлари билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, АС суюқланмаси, калий хлориди, фосфогипс ва аммоний сульфати асосида НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олиш, шунингдек, олинган янги турдаги ўғитлар таркибидаги АС доналарини ёпишқоқлигининг камайиши, мустаҳкамлиги ва дастлабки парчаланиш ҳароратининг ошиши селитранинг $II \rightarrow IV$ полиморф ўтиши барқарорлашиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти NH_4NO_3 суюқланмасига калий хлориди, фосфогипс ва аммоний сульфатини қўшиш кейинчалик, суюқланмаларни донадорлаш уларнинг реологик хоссаларига кўра сочиш ёки донадорловчи барабанда жадал аралаштириш усулида НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олишнинг самарали технологияларини ишлаб чиқиш ва ишлаб чиқилган янги турдаги маҳсулотларни олиш технологиялари селитра сифатини сезиларли даражада оширишга, экспортга мўлжалланган рақобатбардош маҳсулотлар ҳажмини ва ассортиментини кенгайтириши билан биргаликда уларнинг таннархини камайтиришига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Аммиакли селитраси суюқланмаси, калий хлориди, фосфогипс ва аммоний сульфати асосида НК-, NKS- ва NS-ўғитлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалари асосида:

Аммиакли селитра, калий хлориди ва фосфогипс қўшимчаси асосида NKS-ўғитлар олиш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг «2021-2022 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг 2021 йил 19 мартдаги 58-сон маълумотномаси). Натижада экстракцион фосфор кислота ишлаб чиқариши чиқиндисидан бўлган фосфогипсидан сувда эрувчан олтингургуртли НК-ўғитига айлантириш имконини берган.

Аммиакли селитра суюқланмаси ва калий хлориди асосида калийли-аммиакли селитра олиш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг «2021-2022 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг 2021 йил 19 мартдаги 58-сон маълумотномаси). Натижада яхши товар хоссаларга эга бўлган калийли-аммиакли селитра пахта ўсимлигида қўлланилганда унинг ҳосилдорлигини аммиакли селитра қўлланилгандагига нисбатан 1-3 центнерга ошириш имконини беради.

Сульфат-нитрат аммоний олиш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг «2021-2022 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Elektrokimyozavod» ҚК-АЖнинг 2021 йил 19 мартдаги 58-сон маълумотномаси). Натижада ёпишқоқлиги бўлмаган ва термик барқарорлашган донадор NS-ўғит олиш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 7 та Халқаро ва 35 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 54 та илмий иш чоп этилган. Шундан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан 8 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 177 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асослаб берилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришининг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, натижаларни амалиётга жорий

қилиш даражаси кўрсатилган, чоп этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг адабиётлар шарҳи ҳисобланган **«Калийли-аммиакли селитра ва сульфат-нитрат аммоний ўғитларининг олиниши, хоссалари ва қўлланилиши»** биринчи бобида АСнинг ёпишқоқлик ва портловчанлик хусусиятлари юқорилиги ҳамда уларни бартараф қилиш йўллари келтирилган. Селитранинг детонацион хоссасини камайтириш учун тавсия этилган қўшимчалардан карбонатли (оҳак, доломит, бўр), калийли (калий хлориди ва сульфати), аммоний катиони тутган моддалар (аммоний сульфати, орто- ва полифосфатлари), балластли моддалар (гипс, фосфогипс) ва бошқалари (фосфорит уни, бентонит,) кенг тарқалгандир. Оҳакли-АС АСнинг концентрланган эритмасига ёки суюқланмасига карбонатли бирикмаларни қўшиш йўли билан олинади. У фақат нордон тупроқлар учун юқори самарали, Ўзбекистон Республикасининг карбонатли тупроқлари учун умуман самарасиз. Илмий-техник адабиётлар маълумотларини таҳлил қилиш ва ҳар хил кондиционирловчи қўшимчаларнинг афзалликлари ва камчиликларини ўрганиш асосида истикболли қўшимча бўлган калий хлориди, аммоний сульфати ва фосфогипс танланди.

Диссертациянинг **«Аммиакли селитра суюқланмаси ва калий хлориди асосида калийли-аммиакли селитра олиш жараёнларини тадқиқ этиш»** иккинчи бобида NH_4NO_3 нинг 99,8 ва 96% ли суюқланмаларига калий хлоридини оғирлик нисбатлари 1 : 0,1 дан 1 : 1 гача оралиғида қўшиб олинган калийли-АСнинг таркиб ва хоссалари ўрганилган. KCl NH_4NO_3 суюқланмасига қўшишдан олдин 0,25 мм ўлчамгача майдаланди. Асосий компонент сифатида «тоза» марқадаги NH_4NO_3 қўлланилди. Солиштириш учун доналаштирилган NH_4NO_3 ва саноат маҳсулоти 34,6% N ва 0,28% MgO тутган магнетитли АС танланди.

АСнинг 99,8% ли суюқланмасини тайёрлаш учун унинг доналари 12X18Н10Т маркали зангламайдиган пўлатдан ясалган металл стаканга солинди ва 170°C да суюқлантирилди. 96% ли АС суюқланмасини тайёрлаш учун ўлчанган селитра намуналарига АС оғирлигидан келиб чиқиб 4% гача дистилланган сув қўшилди ва 160°C да 3-4 дақиқа ушлаб турилди. Калийли-АС намуналарини олиш учун NH_4NO_3 суюқланмасига майдаланган KCl қўшилди. Олинган суюқланмалар 99,8% ва 96% ли селитранинг суюқланмаларига мос равишда 170 ва 160°C ҳароратда 20 дақиқа давомида аралаштириб турилди. Сўнгра, суюқланмалар чинни ҳовончага қуюлди ва жадал аралаштириш орқали совутилди. Ўғит намуналари майдаланди ва стандарт усуллар бўйича таҳлил қилинди (1-жадвал).

1-жадвалдан кўринмоқдаки, 99,8% ли АС суюқланмасига KCl ни 6,17 дан 61,7% гача стехиометрик нормада қўшиб олинган маҳсулотда $N_{\text{умум}}$ миқдори 32,6 дан 21,9% гача камаяди, K_2O миқдори 3,26 дан 21,89% гача ошади. Озуқа компонентлари йиғиндиси (N + K_2O) 35,86-43,79% оралиғида бўлади.

96% ли АС суюқланмаси қўлланилганда ҳам маҳсулот таркиби деярли ўзгармайди.

АС суюқланмаси ва калий хлориди асосида олинган калийли-аммиакли селитрасининг таркиби

N : K ₂ O	KCl стехиометрик нормаси, %	Компонентлар миқдори, %	
		N	K ₂ O
99,8% ли АС суюқланмаси + KCl			
1 : 0,1	6,17	32,60	3,26
1 : 0,5	30,8	26,80	13,40
1 : 0,7	43,2	24,60	17,22
1 : 1,0	61,7	21,90	21,89
96% ли АС суюқланмаси + KCl			
1 : 0,1	6,17	32,54	3,25
1 : 0,5	30,8	26,77	13,35
1 : 0,7	43,2	24,61	17,20
1 : 1,0	61,7	21,89	21,91

Шуни таъкидлаш лозимки, АС суюқланмаси билан KCl таъсирлашувида қайсидир даражада алмашилиш реакцияси кетади:



Агарда, бошланғич моддаларнинг таъсирлашуви натижасида калийли-АС таркибида қанчалик кўп миқдорда KNO₃ ҳосил бўлса, маҳсулотнинг истеъмолчилиги ҳам шунчалик юқори бўлади.

Шунинг учун ацетонли экстракциялаш усули ёрдамида 99,8% ли АС суюқланмаси билан KCl нинг 5 дан 30 дақиқагача таъсирлашувида олинган калийли-АСнинг тузли таркиби ва KCl нинг KNO₃ га конверсияланиш даражаси аниқлади.

Натижалар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвалдан кўринадики, АС суюқланмаси билан KCl нинг таъсирлашув вақти қанчалик кўп бўлса, маҳсулотда KNO₃ нинг миқдори ва KCl нинг конверсияланиш даражаси шунчалик юқори бўлади. Мисол учун, N : K₂O = 1 : 0,5 оғирлик нисбатида ва 5 дақиқа давомидаги таъсирлашувида олинган маҳсулот таркибида 66,11% NH₄NO₃; 11,55% KCl; 14,61% KNO₃ ва 7,73% NH₄Cl тутди ва KCl нинг конверсияланиш даражаси 48,26% ни ташкил этади.

N : K₂O нинг худди шу нисбатида ва дастлабки компонентларнинг 30 дақиқа таъсирлашувидан олинган маҳсулот таркибида 56,18% NH₄NO₃; 2,29% KCl; 27,16% KNO₃; 14,37% NH₄Cl мавжуд ва KCl нинг конверсияланиш даражаси 89,75%.

Дастлабки компонентларнинг оптимал таъсирлашув вақти 20 дақиқа деб ҳисобланди.

Вақтнинг янада ошиши эса маҳсулот сифатини сезиларли даражада ўзгаришига олиб келмади.

Калийли-АСнинг физик-кимёвий ва товар хоссалари ўрганилди.

Тажирибалар маълумотлари кўрсатдики, АС суюқланмасига KCl қўшилиши доналарнинг мустақамлигини кескин оширади ҳамда ёпишқоқлиги, ғоваклиги ва дизель ёқилғисини шимишини камайтиради.

АС суюқланмаси ва КСІ асосида олинган калийли-АСнинг вақтга боғлиқ равишда тузли таркиби ва КСІ конверсияланиш даражаси

N : K ₂ O	Ўғитларнинг тузли таркиби, %				Реакцияга киришган NH ₄ NO ₃ микдори, %	КСІ конверсияланиш даражаси, %
	NH ₄ NO ₃	NH ₄ Cl	KNO ₃	КСІ		
NH₄NO₃ нинг КСІ билан таъсирлашув вақти 5 дақиқа						
1 : 0,1	90,48	2,73	5,16	1,63	4,32	70,06
1 : 0,3	77,04	5,52	10,42	7,02	9,67	52,27
1 : 0,5	66,11	7,73	14,61	11,55	14,88	48,26
1 : 0,7	57,78	9,05	17,08	16,09	18,96	43,93
1 : 1,0	48,20	10,22	19,33	22,25	24,09	39,07
NH₄NO₃ нинг КСІ билан таъсирлашув вақти 10 дақиқа						
1 : 0,1	90,01	3,04	5,75	1,20	4,81	78,0
1 : 0,3	75,36	6,64	12,55	5,45	11,64	62,92
1 : 0,5	64,19	9,01	17,04	9,76	17,36	56,31
1 : 0,7	55,51	10,56	19,96	13,97	22,15	51,32
1 : 1,0	46,08	11,65	22,0	20,27	27,42	44,47
NH₄NO₃ нинг КСІ билан таъсирлашув вақти 20 дақиқа						
1 : 0,1	89,0	3,72	7,02	0,26	5,88	95,32
1 : 0,3	70,92	9,61	18,15	1,32	16,84	91,20
1 : 0,5	59,83	11,93	22,54	5,70	22,96	74,41
1 : 0,7	51,79	13,05	24,66	10,50	27,37	63,42
1 : 1,0	42,83	13,82	26,12	17,23	32,55	52,78
NH₄NO₃ нинг КСІ билан таъсирлашув вақти 30 дақиқа						
1 : 0,1	88,88	3,80	7,18	0,14	6,01	97,46
1 : 0,3	70,46	9,92	18,74	0,88	17,39	94,01
1 : 0,5	56,18	14,37	27,16	2,29	27,67	89,75
1 : 0,7	49,10	14,84	28,06	8,0	31,14	72,14
1 : 1,0	37,44	17,42	32,92	12,22	41,03	66,54

N : K₂O = 1 : (0,1-1) оғирлик нисбатида ва АС суюқланмаси билан КСІ нинг 5 дақиқа давомидоги таъсирлашувидан олинган ўғитларнинг мустаҳкамлиги 3,48-6,94 МПа оралиғида бўлади.

Калийли-АС суюқланмасини 30 дақиқа ушлаб турилганда бу кўрсаткичлар 4,52-8,76 МПа ни ташкил этади. «Тоза» маркали NH₄NO₃ ва магнетит (0,28% MgO) қўшимчали АС доналари мустаҳкамлиги эса мос равишда 1,32 ва 1,58 МПа.

N : K₂O = 1 : (0,1-1) нисбатларида калийли-АС намуналарининг ёпишқоқлиги 3,54-2,48 кг/см² ташкил этади, бу тоза (5,62 кг/см²) ва магнетит қўшимчали селитрага (4,67 кг/см²) нисбатан мос равишда 1,6-2,3 ва 1,32-1,88 баробарга пастдир.

АСнинг портловчилик хоссасини тавсифловчи кўрсаткичлардан бири доналарнинг ғоваклиги ва суюқ ёқилғини адсорбция қилиш қобилияти ҳисобланади. Тоза NH₄NO₃ ва магнетит қўшимчали АС доналарининг ғоваклиги ва ёқилғини шимиши мос равишда 22,0; 9,10% ва 4,82; 4,33г ни ташкил этади. АС суюқланмасига N : K₂O = 1 : (0,1-1) оғирлик нисбатларида калий хлоридини қўшиш доналар ғоваклигини ва суюқ ёқилғини шимишини

мос равишда 8,67 дан 5,42% гача ва 3,76 дан 1,84г гача камайтиришга ёрдам беради. Доналар мустаҳкамлиги қанча юқори бўлса, уларнинг ғоваклиги ва ички солиштирма юзаси шунча кам, доналар эса дизель ёқилғисини шунча кам шимади, натижада калийли-АСнинг детонацион қобиляти шунчалик даражада камаяди.

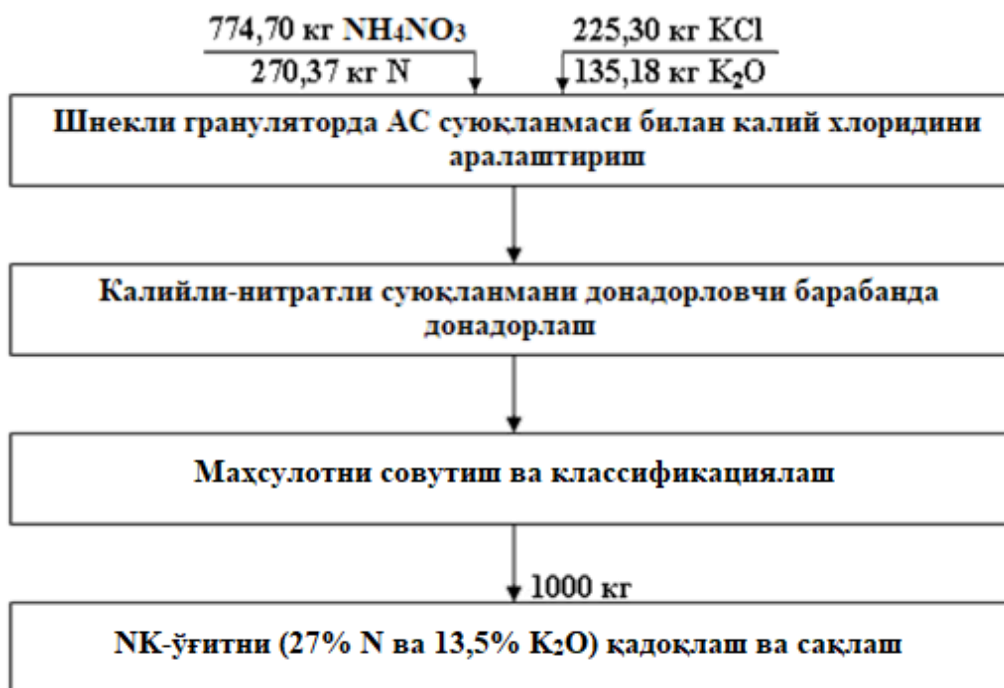
Аниқландики, калийли-АС доналари магnezит кўшимчали АСга нисбатан сезиларли даражада секин эрийди (2-4 баробар). Демак, селитрада KCl , KNO_3 ва NH_4NO_3 иштироки доналардан азотнинг аста-секин ажралиб чиқишини таъминлайди. Кейинчалик, $20 \leq 60^\circ C$ ҳарорат ўзгаришида доналар сферик шаклининг термик барқарорлиги ўрганилди. Кўрсатдики, АС суюқланмасига $N : K_2O = 1 : 0,1$ нисбатида KCl кўшиб олинган ўғит намуналар доналари 100 та циклдан сўнг 26% синган бўлса, $N : K_2O = 1 : 1$ нисбатида ўғит доналарининг 18% синади. Тоза NH_4NO_3 ва магnezит кўшимчали АС доналари мос равишда 90 ва 100 циклдан сўнг тўлиқ синади. Аниқландики, АС суюқланмасида KCl қанча кўп бўлса, калийли-АС доналари термик бардошлилиги шунча юқори бўлади.

Электрон-микроскопик тадқиқот натижалари кўрсатдики, KCl кўшимчаси кристалланиш марказларини ҳосил қилган ҳолда NH_4NO_3 нинг кристаллари ўлчамларини кичрайтиради. Бунда, KCl ғовакчалар ва микроёриқларни тўлдирган ҳолда, АС доналарининг анча такомиллашган ички тузилиш ва юзасини ҳосил қилади. Ушбу фактлар ҳам АС доналар мустаҳкамлиги ортиши, ёпишқоқлиги, ғоваклиги камайиши ва дизель ёқилғисини кам шимиши сабабларини тушунтиради.

Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (Германия и/ч) жиҳозида дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси аниқланди. Кўрсатдики, тоза NH_4NO_3 ва $N : K_2O = 1 : 0,1; 1 : 0,3; 1 : 0,5$ ва $1 : 1$ нисбатида олинган калийли-АС намуналарининг дастлабки парчаланиш ҳарорати мос равишда 210; 231,7; 245,3; 251,2 ва $262,5^\circ C$ ни ташкил этади. «Тоза» маркали NH_4NO_3 ва НК-ўғит намуналарининг фаолланиш энергияси эса мос равишда -915,1; -525,0; -348,8; -245,7 ва -182,6 Дж/гр га тенг. Шундан маълум бўладики, KCl , KNO_3 ва NH_4NO_3 тутган калийли-АСни термик парчалош учун тоза NH_4NO_3 ни парчалошга нисбатан юқори ҳарорат ва кўп энергия талаб этилади. Бунинг барчаси, KCl , KNO_3 ва NH_4Cl АСни детонацияланиш қобилятини камайтиришидан далолат беради. Бу эса уни ишлаб чиқариш ва қишлоқ хўжалигида қўллашда хавфсизлигини оширишга имкон беради.

Ўрганилган $165-185^\circ C$ ҳарорат оралиқларида КНСни реологик хоссалари: зичлик ва қовушқоқлик қийматлари $1,468-1,654 \text{ кг/см}^2$ ва 5,44-21,22 сПз оралиғида бўлади. Суюқланмалар етарлича оқувчанликка эга ва уларни жадал аралаштириш усулида донаторловчи барабанда технологик қийинчиликларсиз донаторлаш мумкин.

Кенгайтирилган лаборатория модел ҳамда «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖ тажриба қурилмаларида калийли-АС олиш технологияси синовдан ўтказилди, жараённинг асосий технологик кўрсаткичлари ишлаб чиқилди ва азот-калийли ўғитининг 2 тонна ҳажмдаги тажриба партияси ишлаб чиқарилди ҳамда ишлаб чиқаришнинг моддий баланси тузилди (1-расм).



1-расм. Калийли-аммиакли селитра ишлаб чиқаришнинг блок-тизими.

Диссертациянинг «Аммиакли селитрасининг концентрланган эритмалари ва калий хлориди асосида калийли-аммиакли селитра олиш жараёнларини тадқиқ этиш» деб номланган учинчи бобида АСнинг концентрланган (92, 85, 80 ва 70%) эритмаларига $N : K_2O = 1 : (0,3-1,6)$ оғирлик нисбатларида КСl қўшиш йўли билан калийли-АС олишнинг жараёнлари ўрганилган. Юқорида кўрсатилган концентрланган эритмаларни тайёрлаш учун тоза NH_4NO_3 миқдorigа нисбатан мос равишда 8, 15, 20 ва 30% дистилланган сув қўшилади. АС доналарини сувда эритиш $100^\circ C$ ҳароратда шиша аралаштиргич билан жиҳозланган металл стаканда амалга оширилди. Бир хил аралашмали суюқланма олиш учун тайёрланган эритмаларга $N : K_2O$ маълум нисбатида КСl қўшилди.

Дастлабки моддаларнинг таъсирлашув давомийлиги 20 дақиқани ташкил этади. Кейинчалик, реакцион масса чинни ҳовончага ўтказилди ва жадал аралаштириш йўли билан донадорланди. Маҳсулот қуритгич печида қуритилди.

3-жадвалда ўғитларнинг таркиби келтирилган. Ундан кўриндики, АСнинг 92% ли эритмаси қўлланилганда ва $N : K_2O = 1 : 0,3$ дан $1 : 1,6$ гача оғирлик нисбатида ўғитлар намуналари азотининг миқдори 29,41 дан 17,97% гача камайган бўлса, калийнинг миқдори 8,83 дан 28,72% гача ортиб боради.

АС эритмаларининг концентрацияси ўғитнинг таркибига деярли таъсир қилмайди.

Кўрсатдики, АС эритмаси ва КСl аралашмасида селитранинг масса улуши қанчалик юқори бўлса у ҳолда калий хлоридининг конверсияланиш даражаси ҳам шунчалик юқори бўлади. Мисол учун, калийли-АС олишда АСнинг 92% ли эритмаси қўлланилганда ва $N : K_2O = 1 : 1; 1 : 0,7; 1 : 0,3$ нисбатида КСl нинг конверсияланиш даражаси мос равишда 61,58; 72,06 ва 93% ни ташкил этади.

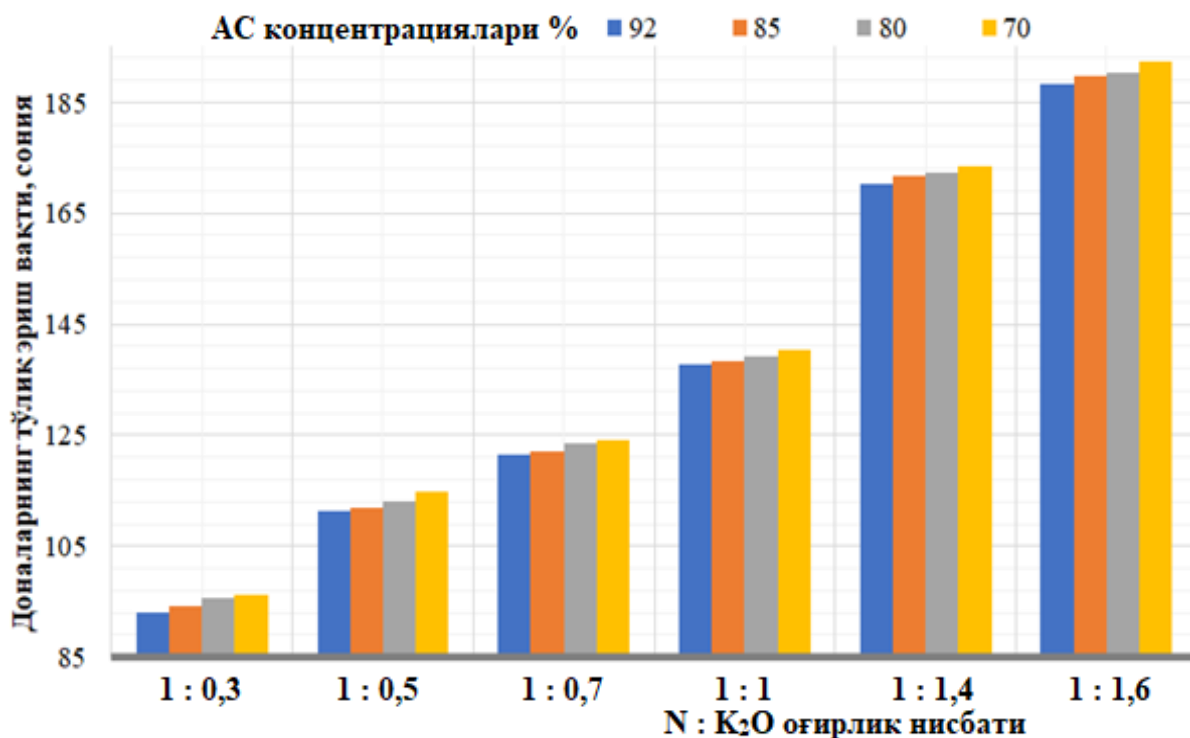
АС нинг концентрланган эритмалари ва КСl асосида олинган калийли-аммиакли селитраси намуналарининг таркиби

N : K ₂ O	Компонентлар миқдори, %		Ўғит таркибидаги тузларнинг тўлик таркиби, оғирлик. %				КСl конвер- сияланиш даражаси, %	Доналар мустаҳкамлиги, МПа
	N	K ₂ O	NH ₄ NO ₃	NH ₄ Cl	KNO ₃	КСl		
92% ли аммиакли селитра эритмаси + калий хлорид								
1 : 0,3	29,41	8,83	70,61	9,81	18,55	1,03	93,0	7,08
1 : 0,5	26,82	13,42	57,72	13,34	25,21	3,73	83,30	7,57
1 : 0,7	24,61	17,21	49,12	14,83	28,03	8,02	72,06	8,0
1 : 1,0	21,87	21,94	39,38	16,12	30,47	14,03	61,58	8,42
1 : 1,4	19,11	26,73	32,63	15,23	28,78	23,36	47,61	9,25
1 : 1,6	17,97	28,72	28,62	15,69	29,65	26,04	45,65	9,41
85% ли аммиакли селитра эритмаси + калий хлорид								
1 : 0,3	29,39	8,81	70,56	9,85	18,61	0,98	93,33	7,11
1 : 0,5	26,78	13,39	57,61	13,41	25,35	3,63	83,76	7,59
1 : 0,7	24,62	17,20	48,11	15,51	29,31	7,07	75,35	8,04
1 : 1,0	21,85	21,92	39,33	16,16	30,54	13,97	61,73	8,46
1 : 1,4	19,09	26,75	31,09	16,26	30,72	21,93	50,82	9,27
1 : 1,6	17,95	28,74	27,10	16,71	31,58	24,61	48,63	9,45
80% ли аммиакли селитра эритмаси + калий хлорид								
1 : 0,3	29,37	8,80	70,37	9,97	18,85	0,81	94,52	7,17
1 : 0,5	26,79	13,41	57,26	13,65	25,79	3,30	85,22	7,61
1 : 0,7	24,60	17,22	47,58	15,86	29,98	6,58	77,08	8,08
1 : 1,0	21,86	21,91	38,74	16,55	31,28	13,43	63,22	8,52
1 : 1,4	19,10	26,72	30,58	16,60	31,36	21,46	51,89	9,33
1 : 1,6	17,98	28,73	24,58	18,39	34,75	22,28	53,52	9,48
70% ли аммиакли селитра эритмаси + калий хлорид								
1 : 0,3	29,38	8,82	70,24	10,06	19,02	0,68	95,39	7,21
1 : 0,5	26,77	13,38	57,02	13,81	26,10	3,07	86,24	7,65
1 : 0,7	24,59	17,19	47,26	16,08	30,39	6,27	78,12	8,12
1 : 1,0	21,88	21,89	38,78	16,52	31,23	13,47	63,11	8,58
1 : 1,4	19,07	26,73	30,32	16,77	31,70	21,21	52,44	9,40
1 : 1,6	17,96	28,71	22,77	19,60	37,05	20,58	57,05	9,53

КСl конверсияланишининг энг юқори даражаси АСнинг 70% ли эритмаси қўлланилганда кузатилди. N : K₂O нинг юқорида кўрсатилган нисбатида конверсияланиш мос равишда 63,11; 78,12 ва 95,39% ни ташкил этади.

N : K₂O нисбатига боғлиқ равишда НК-ўғитининг тузли таркиблари (NH₄NO₃, KNO₃, NH₄Cl, КСl) аниқланди. Уларни олиниш шароитига боғлиқ равишда НК-ўғитлар доналарининг мустаҳкамлиги 7,08-9,53 МПа оралиғида ўзгаради.

АСнинг 92 ва 70% ли эритмалари ва КСl нинг N : K₂O = 1 : (0,3-1,6) оғирлик нисбатларида олинган НК-ўғитлар доналарининг ёпишқоқлиги, ғоваклиги ва дизель ёқилғисини шимиши мос равишда 1,97-3,28 кг/см²; 4,21-7,52%; 1,32-3,11 г ва 1,81-3,23 кг/см²; 4,09-7,38% ва 1,18-2,94 г оралиғида ўзгаради.



2-расм. АСнинг концентранган эритмалари ва калий хлориди асосида олинган НК-ўғитлар доналарининг эриш тезлиги.

2-расмдан кўринмоқдаки, АСнинг концентрацияси эритмалари ва N : K₂O нисбатига боғлиқ равишда калийли-АС доналарининг сувда тўлик эриш тезлиги 93,1 дан 192,3 дақиқани ташкил этади, бу магнезит кўшилган АСга (46,8 дақиқа) нисбатан сувда 2-4,11 баробарга секин эрийди.

80-120°C оралиғида КНСнинг реологик хоссалари ўрганилди. Кўрсатдики, АС концентрацияси эритмаларига ва N : K₂O нисбатига боғлиқ равишда 100-110°C оралиғида зичлик ва қовушқоқлик 1,275-1,537 г/см³ ва 1,19-5,48 сПз оралиғида бўлади. КНСнинг ўрганилган реологик хоссалари натижаларига кўра уларни донадорлашни донадорловчи-баранда амалга ошириш тавсия этилади.

Диссертациянинг «Фосфогипс қўшимчали калийли-аммиакли селитра олиш жараёнларини тадқиқ этиш» деб номланган тўртинчи бобида АС суюқланмасига N : K₂O оғирлик нисбати 1 : (0,1-1,0) оралиғида КС1 киритиб ҳосил бўлган КНСга унинг умумий оғирлигига нисбатан 5, 10 ва 15% миқдорида ФГ қўшиб олинган калийли-АС намуналарининг таркиб ва хоссалари ўрганилган. 175°C да КНС билан ФГнинг таъсирлашув вақти 10-15 дақиқани ташкил этади. КНСни реологик хоссаларига боғлиқ равишда донадорлаш жараёни икки хил усулда амалга оширилди. АС суюқланмасига N : K₂O = 1 : 0,1 дан 1 : 0,5 гача оғирлик нисбатида КС1 ва 5-15% ФГ қўшиб олинган суюқланмалар сочиш усулида донадорланган бўлса, қўшилган ФГ миқдоридан қатъий назар N : K₂O = 1 : 0,6 дан 1 : 1 гача нисбат оралиғида олинган КНС юқори қовушқоқликка эга бўлади. Шунинг учун уларни донадорлаш жараёни жадал аралаштириш усулида амалга

оширилади. Олинган маҳсулотлар намуналари совутилди, майдаланди таркиби ва NH_4NO_3 нинг конверсияланиш даражаси аниқланди.

Натижалар 4-жадвалда келтирилган.

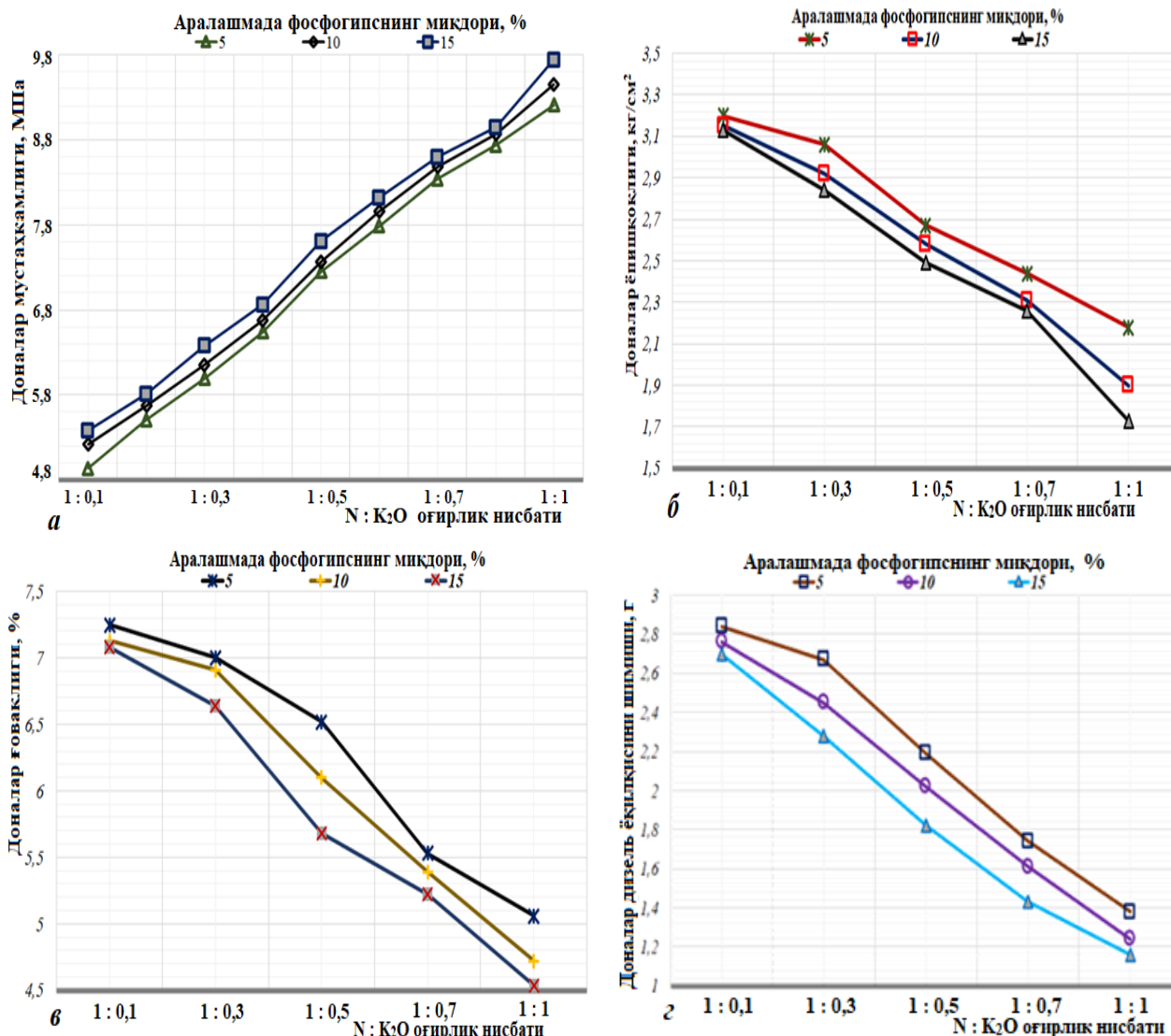
4-жадвал

АС суюқланмаси, КСІ ва ФГ қўшимчаси асосида олинган калийли-АС намуналарининг таркиби ва NH_4NO_3 нинг конверсияланиш даражаси

N : K ₂ O	Аралашмада фосфогипснинг миқдори, %	Компонентлар миқдори, %				NH ₄ NO ₃ нинг конверсияланиш даражаси, %
		N	K ₂ O	S	SO ₃	
1 : 0,1	5	29,30	3,10	1,032	2,58	10,40
1 : 0,1	10	28,87	2,90	2,152	5,38	12,06
1 : 0,1	15	27,47	2,80	3,216	8,04	13,98
1 : 0,3	5	27,87	8,40	1,06	2,65	18,17
1 : 0,3	10	26,53	7,90	2,144	5,36	20,81
1 : 0,3	15	24,94	7,50	3,208	8,02	22,34
1 : 0,5	5	25,42	12,70	1,032	2,58	28,52
1 : 0,5	10	24,15	12,10	2,232	5,58	29,93
1 : 0,5	15	22,69	11,40	3,252	8,13	32,01
1 : 0,7	5	23,22	16,15	0,996	2,49	35,54
1 : 0,7	10	22,03	15,42	2,144	5,36	36,71
1 : 0,7	15	20,87	14,51	3,188	7,97	37,90
1 : 1,0	5	19,79	19,78	1,012	2,53	42,57
1 : 1,0	10	19,45	19,43	2,084	5,21	44,15
1 : 1,0	15	18,32	18,31	3,248	8,12	45,92

Ундан аниқландики, КНГС аралашмасида аммоний нитрати масса улуши қанча кўп бўлса, маҳсулотда азот миқдори шунча юқори, КСІ ва ФГ масса улушлари қанча кўп бўлса, ўғитда азот миқдори шунча кам, калий ва олтингугуртнинг миқдорлари эса шунча юқори бўлади. Мисол учун, N : K₂O = 1 : 0,1 нисбатида ва 5% ФГ қўшиб олинган маҳсулотда азот миқдори 29,3%, N : K₂O = 1 : 1 нисбатида ва 15% ФГ қўшиб олинган маҳсулотда эса 18,32% ни ташкил этади. Худди шу ўғитларнинг таркибидаги калий ва олтингугурт миқдорлари мос равишда 3,1 дан 18,31% гача ва 1,03 дан 3,25% гача ортиб боради. N : K₂O = 1 : 0,1 нисбатида ва 5% ФГ қўшиб олинган маҳсулотда NH_4NO_3 нинг коверсияланиш даражаси 10,4% га тенг бўлса, худди шу нисбатда ва 15% ФГ қўшиб олинган ўғитда NH_4NO_3 нинг конверсияланиш даражаси 13,98% гача ортиб боради. 5 ва 15% ФГ қўшимчали N : K₂O = 1 : 1 нисбатида бу кўрсаткичлар мос равишда 42,57 ва 45,92% ни ташкил этади.

Кўрсатдики, КСІ ва ФГнинг масса улуши ортиб бориши доналар мустаҳкамлигини сезиларли даражада ўсишига олиб келади. N : K₂O = 1 : (0,1-1) нисбатларида ва 5-15% ФГ қўшиб олинган ўғит доналарининг мустаҳкамлиги 4,37-9,74 МПа оралиғида бўлади (3-расм а). N : K₂O ва ФГ қўшимчасининг худди шу нисбатларида доналарнинг ёпишқоқлиги (3-расм б), ғоваклиги (3-расм в) ва дизель ёқилғисини шимиши (3-расм з) мос равишда 3,20-1,73 кг/см²; 7,25-4,54% ва 2,84-1,16г ни ташкил этади. Демак, гипс қўшимчасиз калий тутган селитрага нисбатан ҳам ФГ қўшимчали калийли-АС яхши товар хоссаларга эга бўлади.



3-расм. NKS-ўғитлар доналарининг мустахамлиги (а), ёпишқоклиги (б), ғоваклиги (в) ва дизель ёқилғисини шими (г) ўзгаришининг N : K₂O nisbatiga va ФГ кўшимчасининг миқдорига боғлиқлиги.

XRD-6100 (Shimadzu) жиҳозида ФГ кўшимчали калийли-АС намуналарининг рентгенографик тадқиқотлари ўтказилди. Унга кўра, тоза NH₄NO₃ (2,26; 2,73; 3,08; 3,96; 4,95 Å), “Дехқонобод калий заводи”да ишлаб чиқарилган KCl (3,13; 2,21; 1,81; 1,401 Å) ва “Аммифос-Максам” АЖ ЭФК ишлаб чиқариши чиқиндиси бўлган фосфогипсга (2,47; 3,07; 4,29; 7,69 Å) тегишли бўлган рентгенографик интенсив чўққилар билан биргаликда KNO₃, NH₄Cl, (NH₄)₂SO₄, K₂SO₄, Ca(NO₃)₂ ва CaCl₂ нинг ҳам мос равишда 3,77; 3,08; 2,66; 2,19 Å, 1,033; 1,221; 1,57; 1,72; 2,72; 3,85 Å, 2,998; 3,89; 4,33; 4,39; 5,22; 5,31 Å, 1,44; 1,88; 2,08; 2,41; 2,88; 3,0; 4,19 Å, 3,39; 3,40; 5,20; 5,21 Å ва 1,78; 1,89; 2,19; 2,29; 3,09; 4,39 Å интенсив чўққилари кузатилди. Ушбу фактлар ҳам АС суюқланмаси билан KCl ва ФГнинг таъсирлашуви натижасида NH₄NO₃ нинг қанчалик даражада конверсияланиш жараёнини тасдиқлайди.

Термик тадқиқотлар натижалари кўрсатдики, агар тоза NH₄NO₃ нинг бошланғич парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси 211°C ва -915

Дж/г ни ташкил этса, $N : K_2O$ нисбати ва ФГ қўшимчасининг миқдорига боғлиқ равишда калийли-АС намуналарида бу кўрсаткичлар $230,5-247,2^\circ C$ ва $-357,1 \div -172,8$ Дж/г оралиғида бўлади. КСІ ва ФГ НК-ўғитининг иссиқликка бардошлилигини сезиларли даражада оширади.

$N : K_2O$ нисбати ва ФГнинг миқдорига боғлиқ равишда калийли-АС намуналари доналарининг 80, 90 ва 100 циклдан ($20 \leftrightarrow 60^\circ C$) сўнг 3-12; 6-17 ва 13-23% синади. Кўрсатдики, АС суюқланмаси КСІ ва ФГдан иборат аралашмада калий хлоридининг масса улуши қанчалик кўпайиб борса, синган доналарнинг миқдори шунчалик камайиб боради. $N : K_2O = 1 : 0,1$; $1 : 0,5$ ва $1 : 1$ нисбатида 5 ва 15% ФГ қўшиш йўли билан олинган ўғит доналари бутунлигини 60 циклгача тўлиқ, 100 термоциклдан сўнг мос равишда бузилган 17-19 ва 13-16 % га нисбатан бутунлигини 81-83 ва 84-87% гача сақлаб қолади. Ушбу маълумотлардан ҳам аниқландики, АС суюқланмасида КСІ ва ФГнинг миқдорлари қанчалик кўп бўлса, олинган ўғит доналарининг термик бардошлилиги ҳам шунчалик юқори бўлади.

$165-185^\circ C$ ҳарорат оралиғида КНСнинг реологик хоссалари тадқиқ этилди. $N : K_2O = 1 : (0,1-0,5)$ нисбатларида ва 5-15% ФГ қўшиб олинган суюқланмаларнинг зичлик ва қовушқоқликлари мос равишда $1,529-2,256$ кг/см³ ва $6,05-24,64$ сПз оралиғида бўлади. Суюқланмалар етарлича оқувчанликка эга ва уларни донадорлаш жараёнини саноат донадорловчи минорасида технологик қийинчиликларсиз донадорлаш мумкин.

$N : K_2O = 1 : (0,6-1,0)$ нисбатларида ва 5-15% ФГ қўшиб олинган суюқланмалар эса юқори қовушқоқликка эга. Шунинг учун уларни жадал аралаштириш усулида донадорловчи-барабанда донадорлаш тавсия этилади.

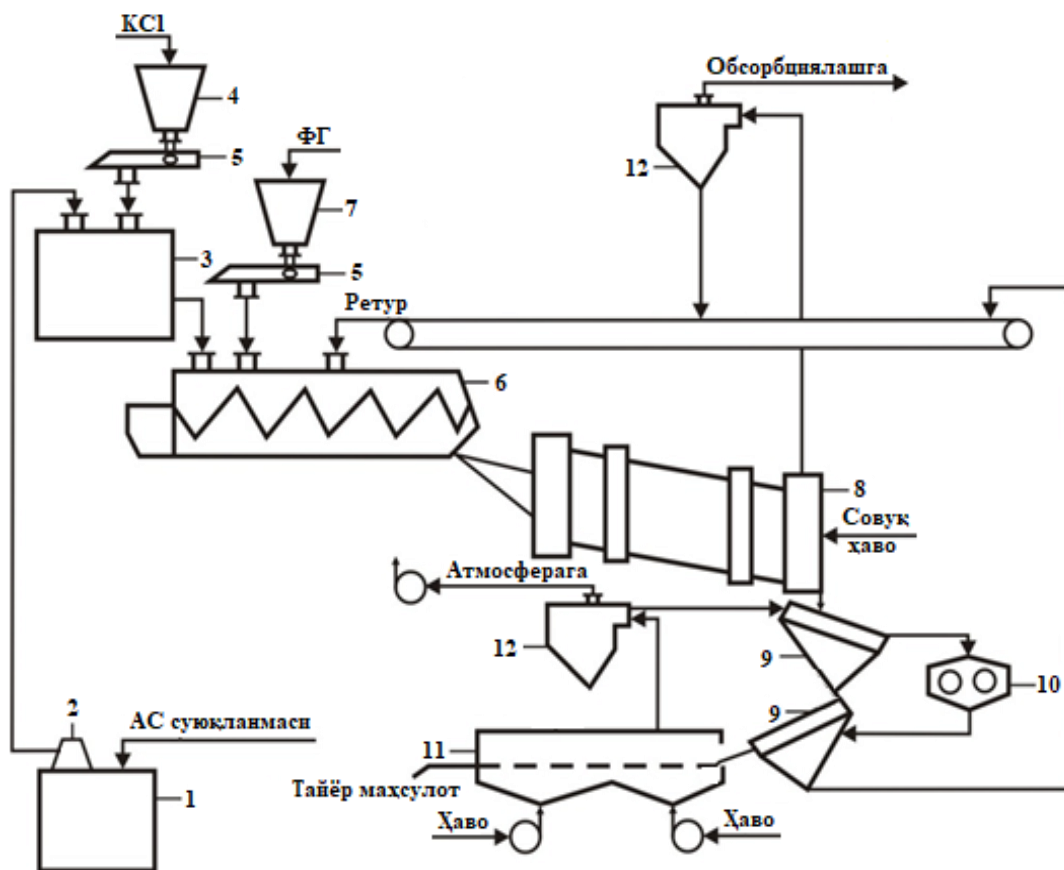
Лаборатория модел қурилмасида АС суюқланмаси, калий хлориди ва ФГ асосида калийли-АС олиш технологияси синовдан ўтказилди ва асосий технологик параметрлари ўрнатилди.

НК-ўғит ишлаб чиқаришнинг моддий баланси тузилди.

АС суюқланмаси, КСІ ва ФГ қўшимчаси асосида калийли-АС ишлаб чиқаришнинг принципиал технологик тизими ишлаб чиқилди (4-расм).

Технологик тизим бўйича АС суюқланмаси сифимли бак (1) дан ботирма насос (2) ёрдамида реактор-аралаштиргич (3) га узатилади. Бир вақтнинг ўзида калий хлориди бункер (4) дан микродозатор (5) орқали реактор-аралаштиргич (3) га келиб тушади. Реактор-аралаштиргичда АС суюқланмаси билан калий хлориди 10 дақиқа давомида яхшилаб аралаштирилади. Олинган КНС шнекли гранулятор (6) га берилади. Бир вақтнинг ўзида ФГ ҳам бункер (7) дан микродозатор (5) орқали шнекли грануляторга (6) келиб тушади. Шнекли грануляторда маҳсулотнинг дастлабки доналари ҳосил бўла бошлайди. Сўнгра, донадорловчи барабан (8) га узатилади ва жадал аралаштириш усулида маҳсулот тўлиқ донадорланади. Дондорланган ўғитлар классификатор (9) га келиб тушади ва у ерда фракцияларга ажратилади. 1-4 мм ўлчамдаги доналар қадоқлашга юборилади.

Чиқинди чанглар дастлаб циклон (12) га ва у ердан обсорбцияга юборилади.



4-расм. Фосфогипс қўшимчали калийли-аммиакли селитра олишнинг принципиал технологик тизими.

1 - АС суюқланмаси учун сизимли бак; 2 - ботирма (погружной) насос 3 - реактор-аралаштиргич; 4 - KCl учун бункер; 5 - шнекли дозатор; 6 - шнекли гранулятор; 7 - ФГ учун бункер; 8 - донаторловчи барабан; 9 - классификатор; 10 - майдалагич; 11 - қайноқ қатламли совутгич; 12- циклон.

Калийли-АС ишлаб чиқариш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК АЖ тажриба қурилмасида $N : K_2O = 1 : 0,5$ нисбати ва 5% ФГ қўшимчали ўғитдан 1,5 тонна ишлаб чиқарилди.

Диссертациянинг «Аммиакли селитра суюқланмаси ва аммоний сульфати асосида ёпишқоқлиги бўлмаган АС ҳамда сульфат-нитрат аммоний олиш жараёнларини тадқиқ этиш» номли бешинчи бобида АС суюқланмасига 97 : 3 дан 60 : 40 гача оғирлик нисбатларида $(NH_4)_2SO_4$ қўшиб олинган азотолтингугуртли ўғитларнинг тажрибалар натижалари келтирилган. Лаборатория тажрибалари қуйидагича олиб борилди. «Тоза» маркали АСнинг ўлчанган миқдори металл стаканга солинди ва $170^\circ C$ да суюқлантирилди. Сўнгра, суюқланмага майдаланган аммоний сульфати қўшилди. Аралашма 3-5 дақиқа давомида аралаштириб турилди. Зичлик ва қовушқоқлигидан келиб чиқиб $NH_4NO_3 : (NH_4)_2SO_4 = 97 : 3$ дан 86 : 14 гача оғирлик нисбатларида олинган оқувчан суюқланмалар сочиш усулида, $NH_4NO_3 : (NH_4)_2SO_4 = 83 : 17$ дан 60 : 40 гача нисбатларда олинган суюқланмалар эса жадал аралаштириш усулида донаторланди.

NS-ўғитлар намуналарининг таркиблари 5-жадвалда келтирилган.

АС суюқланмаси ва $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ асосида олинган ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммоний ўғитлари намуналарининг таркиби

Дастлабки компонентлар оғирлик нисбати	Компонентлар миқдори, %			
	$N_{\text{умум.}}$	$N_{\text{аммон.}}$	$N_{\text{нитр.}}$	S
NH_4NO_3 «тоза»	35,0	17,50	17,50	–
0,28% MgO қўшилган АС	34,5	17,25	17,25	–
Ёпишқоқлиги бўлмаган АС – $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ оғирлик нисбати				
97 : 3,0	34,53	17,57	16,96	0,70
95 : 5,0	34,28	17,66	16,62	1,16
93 : 7,0	34,0	17,73	16,27	1,64
90 : 10	33,50	17,80	15,70	2,38
86 : 14	33,02	18,02	15,0	3,35
Сульфат-нитрат аммоний – $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ оғирлик нисбати				
83 : 17	32,54	18,13	14,41	4,03
80 : 20	32,12	18,17	13,95	4,76
75 : 25	31,47	18,37	13,10	6,0
70 : 30	30,71	18,48	12,23	7,14
65 : 35	30,05	18,69	11,36	8,40
60 : 40	29,26	18,85	10,41	9,59

Ундан кўринмоқдаки, $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 97 : 3$ дан $86 : 14$ гача нисбатида олинган азот-олтингугуртли ўғитлар намуналарида азот ва олтингугурт миқдорлари мос равишда 33,02-34,53% ва 0,7-3,35% оралиғида ўзгаради. Сульфат-нитрат аммоний таркибида азот ва олтингугурт миқдорлари мос равишда 29,26 дан 32,54% гача ва 4,03 дан 9,59% гача ўзгаради. Бунда, озуқа моддалари йиғиндиси (N + S) ёпишқоқлиги бўлмаган АС учун 35,23-36,37% ни, сульфат-нитрат аммоний учун эса 36,57-38,85% ни ташкил этади.

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ нисбатига боғлиқ равишда ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммоний намуналар доналарининг мустаҳкамлиги мос равишда 3,85 дан 5,34 МПа гача ва 5,65 дан 7,75 МПа гача оралиғида бўлади. АС суюқланмасига 3 дан 14% гача $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ қўшиш унинг доналари ёпишқоқлигини тоза селитрага ($5,62 \text{ кг/см}^2$) нисбатан 2,72 дан $2,20 \text{ кг/см}^2$ гача камайишига сабаб бўлади. Энг яхши кўрсаткич $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 60 : 40$ нисбатида аниқланди, унинг доналари ёпишқоқлиги, ғоваклиги ва суюқ ёқилғини шимиши $1,26 \text{ кг/см}^2$, 5,36% ва 2,29 г қийматигача камаяди. Шундай қилиб, доналар мустаҳкамлиги қанча юқори бўлса, ғоваклиги шунча кам бўлади ва доналар ҳаводаги намликни шунча кам ютади натижада селитранинг ёпишқоқлиги камаяди.

Термик усулда АСнинг полиморф ўзгаришларига $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ нинг таъсири ўрганилди. Термик тадқиқотлар NETSCH STA 409 PC/PG жиҳозида қиздириш-совутиш ҳарорати 25 дан 175°C гача ва -175 дан 25°C гача оралиғида ўтказилди. Кўрсатдики, тоза NH_4NO_3 нинг суюқланиши одатдагидек IV→III; III→II; II→I; I→суюқланма кетма-кетлигида кетади ва бунда ўтиш ҳароратлари IV→III 46°C ; III→II 85°C ; II→I 126°C ;

I→суюқланма 169°C ни ташкил этади. Аммоний сульфат кўшимчали ўғит намуналарида ҳам NH₄NO₃ га хос бўлган аммо, ўтиш ҳароратлари бўйича фарқ қилувчи 4 та ўзгаришлар кузатилди (6-жадвал).

6-жадвал

АС ва аммоний сульфати асосида олинган ёпишқоқлиги бўлмаган аммиакли селитрасининг модификацион ўтиш ҳароратлари

NH ₄ NO ₃ : (NH ₄) ₂ SO ₄	Эгри чизикдаги кўрсаткичлар								
	IV→III	III→II	II→I	I→суюқ.	суюқ.→I	I→II	II→III	III→IV	II→IV
	25 дан 185°C гача қиздириш				185 дан 25°C гача совутиш				
NH ₄ NO ₃ «тоза»	46	85	126	169,6	169	125	48	30	-
97 : 3,0	54,8	89,2	130,0	174,8	167,1	113,4	-	-	42,2
95 : 5,0	55,1	89,7	129,6	176,7	168,6	108,0	-	-	41,7
93 : 7,0	55,3	90,0	129,1	178,5	169,4	102,7	-	-	41,1
90 : 10	55,6	90,6	128,8	180,2	170,5	97,1	-	-	40,6
86 : 14	56,0	91,1	128,5	182,6	171,8	92,3	-	-	40,2

NH₄NO₃ : (NH₄)₂SO₄ = 97 : 3; 93 : 7 ва 86 : 14 нисбатларда олинган ўғитларда бу кўрсаткичлар мос равишда 54,8; 89,2; 130; 174,8 ва 55,3; 90; 129,1; 178,5 ҳамда 56; 91,1; 128,5; 182,6°C ни ташкил этади. Ушбу маълумотлардан кўринадики, аммоний сульфати АСнинг суюқланиш ва кристалланиш ҳароратларини сезиларли оширади. Аммоний сульфати тутган АС суюқланмалари совутилганда полиморф ўзгаришлар суюқланма→I; I→II ва II→IV кетма-кетлигида амалга оширилади. Бунда, III фаза ҳосил бўлмайди, II→IV ўтиш III фазани четлаб ўтади, бу эса доналарни кристалл панжарасининг кам деформациясини ва етарлича мустаҳкамлигини таъминлайди.

7-жадвал

NS-ўғитлар намуналари доналари термик турғунлиги ўзгаришининг термик цикллар сонига боғлиқлиги

NH ₄ NO ₃ : (NH ₄) ₂ SO ₄ оғирлик нисбати	IV↔III шаклларга ўтишда синган доналар миқдори, %							
	10 цикл	25 цикл	50 цикл	90 цикл	100 цикл	150 цикл	175 цикл	200 Цикл
Ёпишқоқлиги бўлмаган АС намуналари								
97 : 3,0	-	-	19	67	86	-	-	-
95 : 5,0	-	-	15	54	79	-	-	-
93 : 7,0	-	-	9	46	65	-	-	-
90 : 10	-	-	4	37	53	-	-	-
86 : 14	-	-	-	28	47	100	-	-
Сульфат-нитрат аммоний намуналари								
83 : 17	-	-	-	15	38	95	-	-
80 : 20	-	-	-	10	24	89	-	-
78 : 22	-	-	-	6	19	83	-	-
75 : 25	-	-	-	3	12	78	100	-
70 : 30	-	-	-	-	8	71	96	-
65 : 35	-	-	-	-	5	66	88	-
60 : 40	-	-	-	-	2	54	79	100

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 97 : 3; 93 : 7; 86 : 14; 80 : 20; 70 : 30; 60 : 40$ нисбатларида олинган NS-ўғитларининг дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси мос равишда 245,0; 246,2; 248,0; 252,4; 259,8; 263,1°C ва -812; -542; -309; -219,3; -164,7; -125,2 Дж/г ни ташкил қилади. Шундан маълум бўладики, сульфат-нитрат аммоний намуналарини термик парчалош учун тоза NH_4NO_3 га нисбатан юқори ҳарорат ва кўп энергия талаб этилади. Демак, аммоний сульфати АСнинг иссиқликга бардошлилигини оширади.

Тажрибалар натижаларидан (7-жадвал) кўринадикки, агарда 90 та термик циклда (20↔60°C) тоза АС доналари тўлиқ синган бўлса, 3% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ қўшилган NS-ўғит доналари 126 та термик циклда, 14% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ қўшилганда 144 та термик циклда ва 40% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ қўшилганда эса 193 та термик циклдан сўнг тўлиқ синади. Бу шуни кўрсатадики, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ миқдори қанча кўп бўлса, NS-ўғитларнинг термик бардошлиги ҳам шунча юқори бўлади.

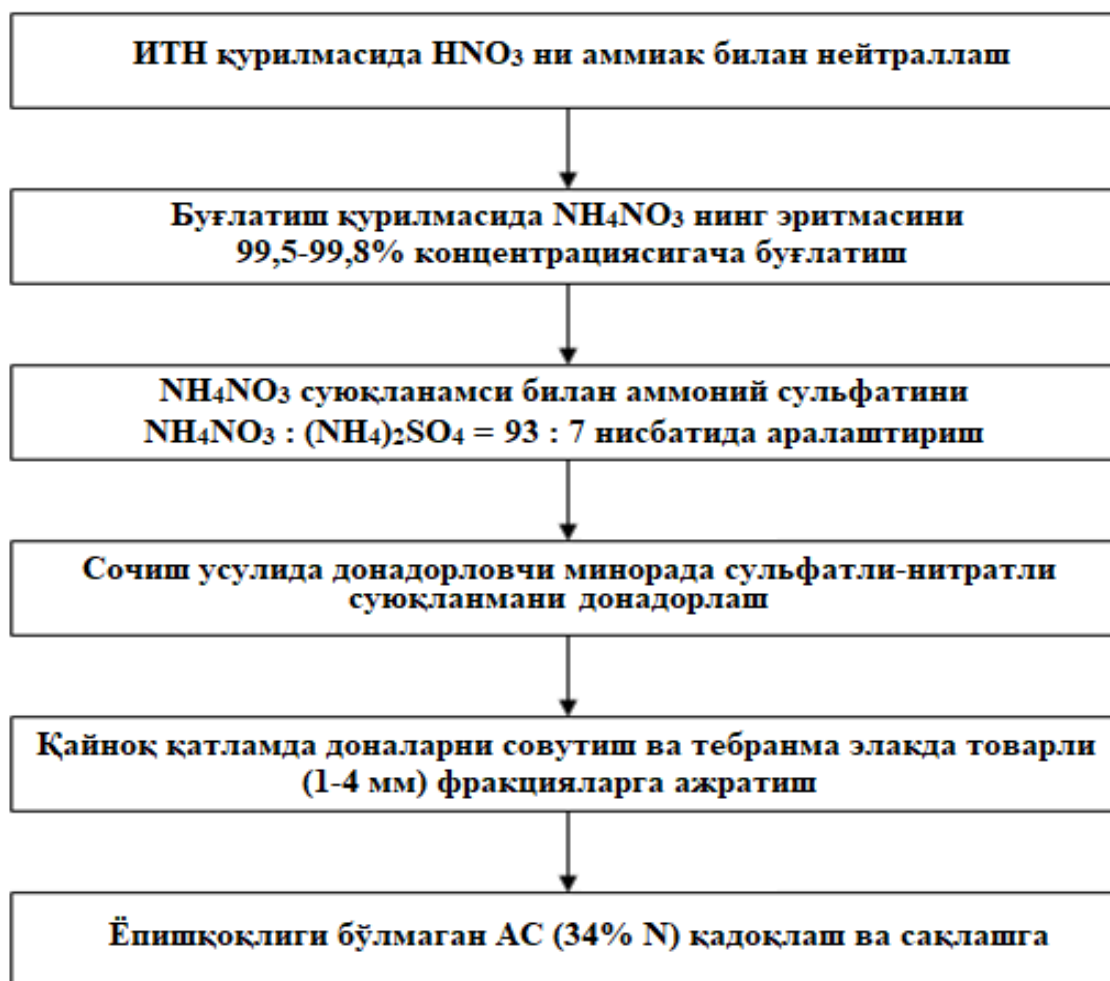
XRD-6100 (Shimadzu) дифрактометри ёрдамида сульфат-нитрат аммонийнинг тузли таркиби аниқланди. NS-ўғитлар рентгенограммасида NH_4NO_3 ва $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ интенсив чўққилари билан биргаликда қўш тузларга тегишли бўлган $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ – а-9,967; б- 5,94; с- 12,43; 2,19 Å, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{NH}_4\text{NO}_3$ – а- 10,318; б- 11,398; с- 10,24 Å дифракцион чўққилар ҳам кузатилди. Шундай қилиб, тоза ва магнезит қўшимчали АСга нисбатан доналарнинг мустаҳкамлиги юқори даражада ошганлиги, ёпишқоқлиги, ғоваклиги, дизель ёқилғисини шимиши камайганлиги ва энг асосийси парчаланиш ҳароратининг кўтарилиши яъни, сульфат-нитрат аммонийнинг детонацион қобилияти пасайиши юқорида кўрсатилгандек маҳсулот таркибида юқори зарбага қарши барқарор, юқори зичлик ва намликка чидамли бўлган қўш тузларнинг мавжудлиги билан тушунтирилади.

170-185°C ҳарорат оралиғида сульфат-нитрат аммоний суюқланмаларининг реологик хоссалари ўрганилди. Кўрсатдики, АС суюқланмасида $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ нинг масса улуши ортиб бориши билан зичлик ва қовушқоқлик ҳам ошади, ҳароратнинг кўтарилиши билан эса сезиларли даражада камаяди.

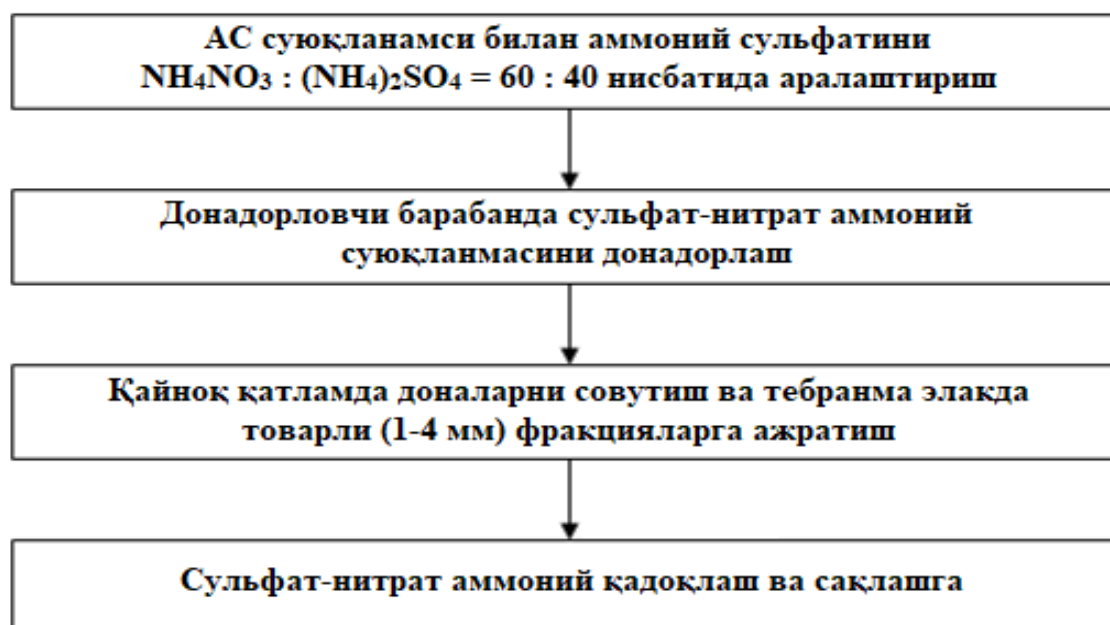
Оптималь 175°C ҳароратда сульфатли-нитратли суюқланмаларнинг зичлик ва қовушқоқлиги мос равишда 1,503-1,976 г/см³ ва 6,60-17,49 сПз ни ташкил этади.

Суюқланмалар яхши оқувчанликка эга бўлади. Зичлик ва қовушқоқлигидан келиб чиқиб суюқланмаларни донадорлаш сочиш усули орқали донадорлаш минорасида (ёпишқоқлиги бўлмаган АС учун) ёки жадал аралаштириш йўли билан донадорловчи барабанда (сульфат-нитрат аммоний учун) амалга ошириш тавсия этилади.

Ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммоний олиш технологияси кенгайтирилган лаборатория модел қурилмасида синовлардан ўтказилди ва асосий технологик параметрлари ўрнатилди. Ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммоний олиш учун $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ оптималь нисбати мос равишда 93 : 7 ва 60 : 40 нисбатлари топилди.



5-расм. Аммоний сульфати қўшимчали ёпишқоқлиги бўлмаган АС ишлаб чиқаришнинг блок-тизими.



6-расм. Сульфат-нитрат аммоний ишлаб чиқаришнинг блок-тизими.

Лаборатория тажрибалари натижалари ва модел қурилмадаги тажриба маълумотлари асосида икки турдаги NS-ўғитлар олишнинг принципиал технологик тизими ишлаб чиқилди ва моддий баланси тузилди (5 ва 6-расмлар).

Сульфат-нитрат аммоний ишлаб чиқариш технологияси «Elektrokimyozavod» ҚК-АЖ йириклаштирилган тажриба қурилмасида синовдан ўтказилиб, $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 60 : 40$ нисбатида олинган ўғитидан 1,8 тонна ҳажмдаги тажриба партияси ишлаб чиқарилди.

Азотолтингугуртли ўғитлар ишлаб чиқаришнинг техник-иқтисодий ҳисоблашлари ўтказилди. Кўрсатдики, четдан келтириляётган импорт магнезит маҳаллий $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ га алмаштирилганда қўшилаётган қўшимчанинг 1 тонна нархи 93% гача камаяди.

1 тонна магнезитнинг нархи 550 АҚШ доллари, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ нинг таннархи эса 394000 сўмни ташкил этади.

ХУЛОСА

1. 170°C ҳароратда ва $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : (0,1-1)$ оғирлик нисбатларида АС суюқланмаси билан калий хлоридини таъсирлашуви орқали калийли-АС олиш жараёнлари тадқиқ этилган. Олинган ўғитларнинг таркиб ва хоссалари аниқланган. Кўрсатдики, аралашмада КСI нинг масса улуши кўпайиши билан ўғитлар намуналарида азот миқдори 32,60 дан 19,10% гача камаяди, калийнинг миқдори эса 3,26 дан 26,76% гача ошиб боради. Илк марта 170°C ҳароратда ва 5, 10, 15, 20, 25; 30 дақиқа давомида КСI нинг KNO_3 га конверсияланиш кинетикаси ўрганилган. $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$ масса нисбатлари ва таъсирлашув вақтига боғлиқ равишда КСI нинг конверсияланиш даражаси аниқланган. Дастлабки компонентларнинг таъсирлашув оптимал вақти 20 дақиқани ташкил қилади. Бунда, $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : 0,5$ ва $1 : 1$ нисбатлардаги ўғитлар намуналари таркибида азот ва калий миқдорлари мос равишда N 26,80%; K_2O 13,40% ва N 21,90%; K_2O 21,89% ни ташкил қилади.

2. $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$ нисбатларига боғлиқ равишда калийли-АСнинг физик-кимёвий ва товар хоссалари (доналар мустаҳкамлиги, ғоваклиги ва дизель ёқилғисини шимиши) ўрганилган. $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$ нисбатини 1 : 0,1 дан 1 : 1 гача ўзгартириш маҳсулот доналар мустаҳкамлигини 4,37 дан 8,36 МПа гача оширади. Доналар ёпишқоклиги, ғоваклиги ва дизель ёқилғисини шимишини мос равишда 3,54 дан 2,48 кг/см² гача, 8,67 дан 5,42% гача ва 3,76 дан 1,84 г гача камайтиради. Тоза NH_4NO_3 ва магнезит қўшимчали АСда бу кўрсаткичлар 5,62 ва 4,67 кг/см²; 22,0 ва 9,10%; 4,82 ва 4,33 г ни ташкил этади. Тоза (қўшимчасиз) NH_4NO_3 нинг дастлабки парчаланиш ҳарорати ва фаолланиш энергияси 211°C ва -915 Дж/г ни ташкил этса, калийли-АС намуналарида мос равишда 231,7-262,5°C ва -182,7 – -525,0 Дж/г оралиғида бўлади. Кўрсатдики, термик циклларнинг (20↔60°C) сони ортиши билан тоза NH_4NO_3 ва магнезит қўшимчали АС доналари мос равишда 90 ва 100 термик циклдан сўнг тўлиқ бузилса, $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : (0,1-1)$ нисбатларида олинган НК-ўғит доналари эса 100 термик циклдан сўнг 18-26 %-и синади.

3. $N : K_2O = 1 : (0,1-1,6)$ кенг ораликдаги нисбатларида АСнинг концентранган (70, 80, 85 ва 92 %) эритмаларига калий хлоридини таъсирлаштириш орқали сифатли кўрсаткичларга эга бўлган: мустаҳкамлиги (7,08-9,53 МПа) юқори, ёпишқоқлиги ($1,97-3,28 \text{ кг/см}^2$), ғоваклиги (4,21-7,52%), ва шимувчанлиги (1,32-3,11 г) кам бўлган калийли-АС олишнинг принципиал мумкинлиги кўрсатилган. $N : K_2O$ нисбати ва АС эритмасининг дастлабки концентрациясига боғлиқ равишда KCl нинг KNO_3 га конверсияланиш даражсининг ўзгариши аниқланган.

4. КНСга ФГни кўшиш йўли билан олтингугуртли калийли-АС олиш технологияси ишлаб чиқилган. КНСда KCl , ФГ масса улуши қанча кўп ва АС масса улуши қанча кам бўлса, у ҳолда NH_4NO_3 нинг конверсияланиш даражаси ҳам шунча юқори бўлади. 5, 10 ва 15% ФГ кўшимчали олтингугурт тутган калийли-АС доналари мустаҳкамлиги, ёпишқоқлиги, ғоваклиги ва шимиши мос равишда $N : K_2O = 1 : 0,5$ ва $1 : 1$ нисбатлари учун 7,55-7,61 ва 9,21-9,74 МПа; 2,67-2,49 ва 1,73-2,18 кг/см^2 ; 5,58-6,72 ва 4,54-5,06%; 1,82-2,19 ва 1,16-1,38 г оралиғида бўлади. 5-15% ФГ кўшимчали ва кўрсатилган нисбатларда маҳсулотларнинг дастлабки парчаланиш ҳарорати 239,4-247,2°C, фаолланиш энергияси эса $-172,8 \div -195 \text{ Дж/г}$ оралиғида ўзгаради.

5. АС суюқланмасига $NH_4NO_3 : (NH_4)_2SO_4 = 97 : 3$ дан $60 : 40$ гача оғирлик нисбатида аммоний сульфатини кўшиш йўли билан NS-ўғитлар олиш жараёнлари тадқиқ этилди. Кўрсатдики, аралашмада $(NH_4)_2SO_4$ нинг масса улушига боғлиқ ҳолда ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммоний доналарининг мустаҳкамлиги, ёпишқоқлиги, ғоваклиги ва шимиши мос равишда 3,85 дан 5,34 гача ва 5,65 дан 7,75 МПа гача; 2,20 дан 2,72 гача ва 1,26 дан 2,04 кг/см^2 гача; 7,33 дан 8,54 гача ва 5,36 дан 7,10% гача; 3,47 дан 4,18 гача ва 2,29 дан 3,31 г гача ташкил этади.

6. $(NH_4)_2SO_4$ кўшилган ёпишқоқлиги бўлмаган АС намуналарининг ҳароратнинг 25 дан 185°C гача (қиздириш) ва 185 дан 25°C гача (совутиш) циклик модификацион ўзгаришларини иссиқлик эффектини қайд этган ҳолда термик таҳлили ўтказилди. $(NH_4)_2SO_4$ кўшимчали селитрани совутишда стабиллашган II→IV ўтиш модификацияси тетраганал модификациянинг (II) моноклин модификацияни (III) четлаб ўтган ҳолда бевосита ромбик модификацияга (IV) ўтиши билан тушунтирилади. $(NH_4)_2SO_4$ кўшимчаси селитранинг парчаланишига ингибиторлик таъсир кўрсатиб, унинг структура бузилиш ҳароратини 211 дан 245-248°C (ёпишқоқлиги бўлмаган АС учун) ва 252,4-263,1°C гача (сульфат-нитрат аммоний учун) оширади. Тоза NH_4NO_3 ни парчалошга нисбатан (-921,1 Дж/гр.) ушбу ўғитларни термик парчалош учун мос равишда -812 дан -309 Дж/г гача ва -219,3 дан -125,2 Дж/г гача фаолланиш энергияси талаб этилади.

7. Рентгенографик тадқиқотлар ёрдамида калийли-АС, NKS-ўғитлар, ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммонийларнинг тузли таркиблари аниқланди. Ўтказилган электрон-микроскопик тадқиқотлар натижаларидан янги ўғитлар доналарининг микро тузилиши шуни кўрсатдики, KCl , ФГ ва аммоний сульфати кўшимчалари кристалланиш марказларини ҳосил қилган ҳолда NH_4NO_3 нинг кристаллари ўлчамларини

кичрайтиради. Қўшимчалар ғоваклар ва микроёриқларга ўрнашиб уларни тўлдирган ҳолда, ўғит доналарининг анча такомиллашган ички тузилиш ва юзасини ҳосил қилади. Ушбу фактлар ҳам КС1 ва ФГ қўшимчали, ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммоний доналарини мустаҳкамлиги ортиши, ғоваклиги камайиши сабабларини тушунтиради.

8. Лаборатория модел қурилмасида калийли-АС, NKS-ўғитлар, ёпишқоқлиги бўлмаган АС ва сульфат-нитрат аммонийнинг оптимал технологик параметрлари синовдан ўтказилди. Уларни олишнинг технологик тизими ишлаб чиқилди. Янги турдаги ўғитлар ишлаб чиқаришнинг 1 тонна моддий баланси тузилди.

«Elektrokimyozavod» ҚК-АЖда НК-, NKS-, NS-ўғитлар олишнинг технологияси тажриба-саноат шароитида синовдан ўтказилиб, маҳсулотларнинг мос равишда 2000, 1500 ва 1800 кг тажриба партиялари ишлаб чиқарилди.

Ўтказилган техник-иқтисодий ҳисоблар шуни кўрсатдики, импорт магнетитни аммоний сульфатига алмаштирганда 1 тонна қўшимчанинг таннарни 93% гача камаяди. Калийли-АС, NKS-ўғитлар ва сульфат-нитрат аммоний ишлаб чиқаришни ташкил этиш билан эса экспортга мўлжалланган қўшимча қийматли янги турдаги маҳсулотлар ишлаб чиқариш имкониятини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02.30.12.2019.К/Т35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

МАМАТАЛИЕВ АБДУРАСУЛ АБДУМАЛИКОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ
УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ХЛОРИДА КАЛИЯ, НИТРАТА И
СУЛЬФАТА АММОНИЯ**

02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2021.2.DSc/T434.

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу www.ionx.uz и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу www.ziyonet.uz.

Научный консультант: **Намазов Шафозт Саттарович**
доктор технических наук, академик

Официальные оппоненты: **Эркаев Ақтам Улашевич**
доктор технических наук, профессор

Турдиалиев Умид Мухторалиевич
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Нурмуродов Тулкин Исамуродович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ферганский политехнический институт**

Защита состоится «14» декабря 2021 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2021.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии и по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionxanzuz@mail.ru.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 19, 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 «27» ноября 2021 года.
(реестр протокола рассылки № 19 от «27» ноября 2021 года).



Закиров Б.С.
Председатель научного совета по присуждению
ученой степени, д.х.н., профессор

Салиханова Д.С.
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученой степени, д.т.н., профессор

Гуро В.П.
Зам. председателя Научного семинара
при научном совете по присуждению
ученой степени, д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Быстрый рост из года в год населения мира, резкое сокращение ресурсов пахотных земель и пресной воды усугубляют глобальную продовольственную проблему. При этом одним из наиболее эффективных решений продовольственной проблемы является рациональное использование агрохимически эффективных минеральных удобрений, используемых для получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому разрабатывать, внедрять и применять в сельском хозяйстве технологии производства сложных минеральных удобрений, содержащих различные питательные вещества, необходимые для роста растений имеет большое значение.

В мире проводятся научные исследования по разработке технологии получения сложных удобрений, путем добавления в концентрированный раствор или плава аммиачной селитры (АС) различных неорганических добавок, содержащих фосфор, калий, серу, кальций, магний и микроэлементы. В связи с этим особое внимание уделяется на исследование процесса получения калийно-АС на основе взаимодействия концентрированного раствора или плава АС и хлорида калия (KCl); процесса получения NKS-удобрений на основе плава АС и KCl и фосфогипса (ФГ); определение влияния количества добавок KCl и ФГ на состав и свойства продукта; получение с улучшенными физико-химическими и товарными свойствами NS-удобрений на основе нитрата и сульфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

В Республике достигнуты хорошие научно-практические результаты в производстве азотнофосфорных удобрений (АФУ), известково-АС и бентоселитры на основе плава АС и местного сырья. В третьем направлении Стратегии развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы отмечены важные задачи, направленные на опережающее «развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов и крупнотоннажных промышленных отходов»¹. В этом аспекте, вовлечение в разработку технологии получения сложных удобрений на основе хлорида калия, фосфогипса, нитрата и сульфата аммония, приобретает очень важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и в Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан» и ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах

реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации.²

Научные исследования, направленные на получение сложных удобрений на основе АС и различных неорганических добавок осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в International Fertilizer Development Center (США), University of Science and Technology (Китай), Fertilizer Research Institute (Польша), University of Helsinki (Финляндия), Japan Fertilizer & Ammonia Producers Association, The Chemical Society of Japan (Япония), Canadian Fertilizer Institute (Канада), Научно-исследовательском институте удобрений и инсектофунгицидов и Российском химико-технологическом университете имени Д.И.Менделеева (Россия), Институте общей и неорганической химии и Ташкентском химико-технологическом институте (Узбекистан).

В результате научных исследований, проведенных в мировых ведущих центрах по получению сложных удобрений на основе добавления различных неорганических веществ в концентрированный раствор или плавы АС, получено ряд научных результатов, в том числе: разработаны технологии сложных удобрений путём добавления к плаву АС суперфосфорной кислоты и на её основе жидкого комплексного удобрения состава N и P₂O₅ (Научно-исследовательский институт удобрений и инсектофунгицидов (Россия)); разработан способ получения известково-АС на основе плава АС мела и доломита (Fertilizer Research Institute (Польша)), Институт общей и неорганической химии (Узбекистан)); произведена калийно-АС на основе концентрированного раствора NH₄NO₃ и KCl (University of Helsinki (Финляндия)), разработана технология получения фосфатизированной АС путем введения в её плавы фосмуки в количестве от 3 до 5% P₂O₅ (Институте общей и неорганической химии (Узбекистан)), разработана технология получения калийно-аммиачной селитры, содержащая в своем составе NH₄NO₃, KNO₃, KCl и NH₄Cl (University of Helsinki, Финляндия).

В мире по получению сложных удобрений на основе АС и различных неорганических добавок проводится ряд исследований, в том числе в следующих приоритетных направлениях, в том числе поиск соответствующих неорганических добавок для получения с улучшенными физико-химическими свойствами АС; определение оптимальных условий получения сложных удобрений на основе АС и выбранных добавок; изучение

² Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации <https://www.ifdc.usa>, <https://www.en.ustc.edu.cn/>, <https://www.ionx.uz>, https://www.researchgate.net/institution/Fertilizer_Research_Institute, <https://www.helsinki.fi/en>, <http://www.jaf.gr.jp/en.html>; <http://www.rootsforgrowth.com/global-initiatives/canadian-fertilizer-institute/index.html>, <http://www.niuf.ru/> и других источников.

химического состава и свойств готового продукта; разработка традиционных технологий сложных удобрений и их методов гранулирования.

Степень изученности проблемы. В научно-технической литературе имеется обширная информация по разработке технологии получения несслеживающейся и термостабильной АС. Предложено множество добавок, обеспечивающих указанные свойства. Для устранения слеживаемости АС применяют добавки, как водоотнимающие, образующие центры кристаллизации, так и опудривающие мелкодисперсные порошки, водорастворимые и нерастворимые вещества (Vincent J.Russo, Brown Marion L, Фридман С.Д., Абросимова А.М., Скум А.С., Клевке В.А., Миниович М.А., Олевский В.М., Стрижевский И.И.). Магнезит считается лучшей добавкой. Для снижения себестоимости крупнотоннажной АС привозной магнезит можно заменить на местное сырьё.

Проблема взрывоопасности АС более серьёзная, чем проблема её слеживаемости. Наибольшее распространение получило производство известково-аммиачной селитры (ИАС) путём введения в её раствор или плав доломита или мела (Kończowski A., Biskupski A., Долгов В.В., Таран А.Л., Жмай Л.А.). Однако она эффективна только на кислых почвах. Наилучшие результаты были получены в случае применения фосфорсодержащих добавок. На ОАО «Череповецкий азот» (Россия) освоено производство взрывобезопасной АС путём введения в её расплав жидкого комплексного удобрения, получаемого из суперфосфорной кислоты (Чернышев А.К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Глаголев О.Л., Ильин В.А.). Суперфосфорная кислота в Узбекистане не производится, а также её себестоимость очень дорога.

На АО «Navoiyazot» внедрен способ получения азотнофосфорного удобрения путём введения фосфоритовой муки Центральных Кызылкумов в плав АС (Намазов Ш.С., Беглов Б.М., Реймов А.М., Курбаниязов Р.К.). Там же внедрена технология получения термостабильной АС на основе её плава и местного известняка (Намазов Ш.С., Жураев Н.Ё., Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р.). На этом же предприятии были проведены промышленные испытания технологии производства как несслеживающейся, так и термостабильной АС путём введения в её плав местного бентонита (Намазов Ш.С., Турдалиев У.М., Сейтназаров А.Р., Беглов Б.М.).

Однако систематические исследования по разработке технологии получения несслеживающейся и термостабильной АС на основе её плава, хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония никем не проведены.

Связь диссертационного исследования с тематическим планом научно-исследовательских работ. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ инновационного проекта Института общей и неорганической химии И12-ФА-Т020 «Разработка и опытно-промышленные испытания гибкой технологии получения новых видов сложных удобрений на основе плава аммиачной селитры, фосфоритов Центральных Кызылкумов, сульфата аммония и хлористого калия» и научно-технического проекта прикладных исследований молодых учёных ЁА12-ФА-Т023 «Технология производства калийно-

аммиачной селитры на основе раствора аммиачной селитры и хлорида калия».

Целью исследования является разработка технологии получения НК-, NKS- и NS-удобрений на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония.

Задачи исследования:

исследование процесса получения НК- и NKS-удобрений путём добавления к плаву АС или её концентрированным растворам КСl и ФГ;

изучение степени конверсии хлорида калия в составе калийнитратных плавов (КНП), полученных в результате взаимодействия АС с КСl при различных массовых соотношениях N : K₂O;

изучение процесса получения NS-удобрений на основе добавки сульфата аммония в плавы нитрата аммония;

изучение реологических свойств калийно-нитратных, калийно-нитратно-гипсовых и сульфатно-нитратных плавов в зависимости от массовых соотношений исходных компонентов и температуры;

определение химического состава и физико-химических свойств (прочность, слеживаемость, пористость, впитываемость дизельного топлива, модификационные превращения, термоустойчивость, энергия активации) гранул несслеживающейся АС и термостабильных НК-, NKS- и NS-удобрений;

апробация технологии получения НК-, NKS- и NS-удобрений на модельной лабораторной установке;

проведение на СП-АО «Elektrokimyozavod» опытно-промышленных испытаний разработанных технологий получения НК-, NKS- и NS-удобрений с добавкой хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония.

Объектом исследования является плавы NH₄NO₃, хлорид калия, фосфогипс, сульфат аммония, калийно-нитратный, калийно-нитратный гипсовый и сульфат-нитратный расплавы, НК-, NKS- и NS-удобрения.

Предметом исследования является процесс введения хлорида калия в расплавы АС или в концентрированный раствор NH₄NO₃, ФГ в калийно-нитратный плавы и сульфата аммония в расплавы АС, получение несслеживающихся и термостабильных НК-, NKS- и NS-удобрений методами приллирования расплавов и окатывания в барабанном грануляторе.

Методы исследования. В диссертационном исследовании использованы химический (аналитическая химия), физико-химический (экстракция с помощью ацетона, рентгенографический, электронно-микроскопический и термический) методы анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

доказана возможность применения фосфогипса, являющегося отходом производства экстракционной фосфорной кислоты в качестве модификатора селитры путём определения её физико-механических свойств;

доказано протекание процесса конверсии хлорида калия в калийно-нитратном расплаве методом экстракции с помощью ацетона;

установлено, что применение добавок хлорида калия и сульфата аммония при оптимальных соотношениях $N : K_2O = 1 : 0,5$ и $NH_4NO_3 : (NH_4)_2SO_4 = 93 : 7$ по сравнению с аммиачной селитрой с добавкой магнезита снижают слеживаемость гранул в 2-2,3 раза и повышают прочность гранул в 3-4,8 раза;

определено, что при охлаждении плава сульфат-нитрата аммония от 185 до 25°C модификационные превращения NH_4NO_3 протекают по схеме плав→I; I→II и II→IV, минуя фазу III;

доказано, что добавки хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония оказывают ингибирующее действие на разложение NH_4NO_3 , повышая температуру её деструкции от 211 до 263,1°C за счет уплотнения кристаллической решетки;

разработаны технологии получения NK-, NKS- и NS-удобрений на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана технология получения калийно-АС с хорошими физико-химическими и товарными свойствами путём введения в плав АС или её концентрированный раствор хлорида калия при массовых соотношениях $N : K_2O = 1 : (0,5-1)$;

разработана технология получения NKS-удобрения с удовлетворительными потребительскими свойствами на основе плава АС, хлорида калия и добавки фосфогипса;

создана технология получения неслеживающейся АС и сульфат-нитрата аммония, обладающей качественными физико-химическими характеристиками на основе плава NH_4NO_3 и сульфата аммония;

на СП-АО «Elektrokimyozavod» проведены опытно-промышленные испытания разработанных технологий получения NK-, NKS- и NS-удобрений с отработкой основных технологических параметров процесса и выпуском опытных партий новых видов продуктов.

Достоверность результатов исследования. Результаты химического и физико-химического (рентгенографический, электронно-микроскопический, термический) анализов подтверждены лабораторными опытами и опытно-промышленными испытаниями.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что она заложила научные основы для получения NK-, NKS- и NS-удобрений на основе плава АС, хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония, а также объяснены причины снижения слеживаемости, повышения прочности гранул и температуры начала разложения АС в составе новых видов удобрений и стабилизации селитры полиморфного перехода II→IV.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке эффективных технологий получения NK-, NKS- и NS-удобрений на основе введения хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония в плав

NH_4NO_3 с последующей грануляцией плавов в зависимости от их реологических свойств методами приллирования или окатывания в барабанном грануляторе и разработанные технологии производства новых видов продуктов могут значительно улучшить качество селитры, расширить объём и ассортимент экспортоориентированных и конкурентноспособных продуктов при одновременном снижении их себестоимости.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения НК-, NKS- и NS-удобрений на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия, фосфогипса и сульфата аммония:

Технология получения NKS-удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия с добавкой фосфогипса включена в перечень перспективных внедряемых разработок в 2021-2022 годах СП-АО «Elektrokimyozavod» (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» № 58 от 19 марта 2021 г.). В результате появилась возможность переработки фосфогипса, являющегося отходом производства экстракционной фосфорной кислоты, в водорастворимое серосодержащее НК-удобрение.

Технология получения калийно-аммиачной селитры на основе плава аммиачной селитры и хлорида калия включена в перечень перспективных внедряемых разработок в 2021-2022 годах СП-АО «Elektrokimyozavod» (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» № 58 от 19 марта 2021 г.). В результате появилась возможность получения калийно-аммиачной селитры, обладающего хорошими товарными свойствами, которая при использовании на хлопчатнике позволяет увеличить его урожай на 1-3 центнера по сравнению с использованием аммиачной селитры.

Технология получения сульфат-нитрата аммония включена в перечень перспективных внедряемых разработок в 2021-2022 годах СП-АО «Elektrokimyozavod» (справка СП-АО «Elektrokimyozavod» № 58 от 19 марта 2021 г.). В результате появилась возможность создания технологии получения неслёживающего и термоустойчивого гранулированного NS-удобрения.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были доложены и обсуждены на 7 международных и 35 республиканской научно-практической конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 54 научные работы. Из них 1 монография, 11 научных статей, в том числе 8 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации (DSc).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 177 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы и востребованность, сформулированы цель и задачи исследования, изучаются соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, указана степень внедрения результатов в практику, приведены сведения об опубликованных работах, структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Получение, свойства и применение удобрений калийно-аммиачной селитры и сульфат-нитрата аммония»**, являющейся литературным обзором, приведены сведения о повышенных свойствах слежимаемости и взрывоопасности АС и пути их устранения. Для снижения детонационной способности селитры из рекомендованных добавок широко распространена карбонатная (известь, доломит, мел), калийная (хлорид и сульфат калия), вещества, содержащие одноимённые катионы (сульфат аммония, орто- и полифосфаты), балластные вещества (гипс, фосфогипс) и другие (фосфоритная мука, бентонит). ИАС получают путём добавки карбонатсодержащих веществ к плаву или концентрированному раствору АС. Она высокоэффективна только для кислых почв, и совсем неэффективна для карбонатных почв Республики Узбекистан. На основе анализа данных научно-технической литературы и изучения достоинств и недостатков различных кондиционирующих добавок, в качестве добавки был выбран хлорид калия, сульфат аммония и фосфогипс.

Во второй главе диссертации **«Исследование процессов получения калийно-аммиачной селитры на основе плава аммиачной селитры и хлорида калия»** изучен состав и свойства образцов калийно-АС, полученных с добавкой к 96 и 99,8 %-ным плавам NH_4NO_3 хлорида калия при весовых соотношениях в интервале от 1 : 0,1 до 1 : 1. Прежде чем ввести KCl в плавы NH_4NO_3 , он размалывался до размера частиц 0,25 мм. В качестве основного компонента был использован NH_4NO_3 марки «ч». А в качестве образцов для сравнения выбраны гранулированные NH_4NO_3 и промышленный продукт – магнезитсодержащая АС с содержанием 34,6% N и 0,28 MgO. Для приготовления 99,8 %-ного плава АС её гранулы поместили в металлический стакан, изготовленный из нержавеющей стали марки 12X18H10T и расплавили при 170°C. Для получения 96 %-ного плава АС к взвешенному образцу селитры добавили до 4% от веса АС дистиллированную воду и выдерживали при 160°C в течение 3-4 мин. Для получения образцов калийно-АС к плаву NH_4NO_3 был добавлен измельчённый KCl . Полученные плавы были выдержаны в течение 20 мин. при 170 и 160°C соответственно для 99,8 и 96 %-ных расплавов селитры при перемешивании. Далее расплавы перенесли в фарфоровую чашку и охлаждали путём интенсивного перемешивания. Образцы удобрений измельчали и анализировали их состав согласно стандартным методам (табл.

1). Из табл. 1 видно, что при добавке к 99,8 %-ному плаву АС КСl при стехиометрической норме в интервале от 6,17 до 61,7% в полученном продукте содержание $N_{\text{общ}}$ снижается от 32,6 до 21,9%, а содержание K_2O увеличивается от 3,26 до 21,89%. Сумма питательных компонентов ($N + K_2O$) колеблется в пределах 35,86-43,79%.

Таблица 1

Состав калийно-аммиачной селитры, полученный на основе плава АС и хлорида калия

N : K ₂ O	Стехиометрическая норма КСl, %	Содержание компонентов, %	
		N	K ₂ O
99,8 %-ный плав АС + КСl			
1 : 0,1	6,17	32,60	3,26
1 : 0,5	30,8	26,80	13,40
1 : 0,7	43,2	24,60	17,22
1 : 1,0	61,7	21,90	21,89
96 %-ный плав АС + КСl			
1 : 0,1	6,17	32,54	3,25
1 : 0,5	30,8	26,77	13,35
1 : 0,7	43,2	24,61	17,20
1 : 1,0	61,7	21,89	21,91

В случае использования 96 %-ного плава АС состав продуктов практически не изменяется.

Необходимо отметить, что при взаимодействии плава АС с КСl в определенной степени протекает обменная реакция



Если в результате взаимодействия исходных компонентов в составе калийной АС содержится большое количество KNO_3 , то естественно повышаются потребительские свойства продукта. В связи с этим методом экстракции с помощью ацетона определяли солевой состав и степень конверсии КСl в KNO_3 образцов калийно-АС, полученных при взаимодействии 99,8 %-ного плава АС с КСl в течение от 5 до 30 мин.

Результаты приведены в таблице 2.

Из табл. 2 видно, что чем больше время взаимодействия плава АС с КСl, тем больше содержание KNO_3 в продукте и степень конверсии КСl. Например, при весовом соотношении N : K₂O равным 1 : 0,5 и времени взаимодействия 5 мин. в составе продукта содержится 66,11% NH_4NO_3 ; 11,55% КСl; 14,61% KNO_3 и 7,73% NH_4Cl и степень конверсии КСl составляет 48,26%. При этом соотношение N : K₂O и 30 мин. времени взаимодействия исходных компонентов в составе продукта содержится 56,18% NH_4NO_3 ; 2,29% КСl; 27,16% KNO_3 и 14,37% NH_4Cl и степень конверсии КСl – 89,75%.

Оптимальным временем взаимодействия исходных компонентов является 20 мин. Дальнейшее увеличение времени не приводит к существенному увеличению качества продукта.

Таблица 2

Степень конверсии КСl и солевой состав калийно-АС, полученных на основе плава АС и КСl в зависимости от времени выдержки

N : K ₂ O	Солевой состав удобрений, %				Количество NH ₄ NO ₃ , вступивший в реакцию, %	Степень конверсии КСl, %
	NH ₄ NO ₃	NH ₄ Cl	KNO ₃	КСl		
Время взаимодействия NH₄NO₃ с КСl 5 мин						
1 : 0,1	90,48	2,73	5,16	1,63	4,32	70,06
1 : 0,3	77,04	5,52	10,42	7,02	9,67	52,27
1 : 0,5	66,11	7,73	14,61	11,55	14,88	48,26
1 : 0,7	57,78	9,05	17,08	16,09	18,96	43,93
1 : 1,0	48,20	10,22	19,33	22,25	24,09	39,07
Время взаимодействия NH₄NO₃ с КСl 10 мин						
1 : 0,1	90,01	3,04	5,75	1,20	4,81	78,0
1 : 0,3	75,36	6,64	12,55	5,45	11,64	62,92
1 : 0,5	64,19	9,01	17,04	9,76	17,36	56,31
1 : 0,7	55,51	10,56	19,96	13,97	22,15	51,32
1 : 1,0	46,08	11,65	22,0	20,27	27,42	44,47
Время взаимодействия NH₄NO₃ с КСl 20 мин						
1 : 0,1	89,0	3,72	7,02	0,26	5,88	95,32
1 : 0,3	70,92	9,61	18,15	1,32	16,84	91,20
1 : 0,5	59,83	11,93	22,54	5,70	22,96	74,41
1 : 0,7	51,79	13,05	24,66	10,50	27,37	63,42
1 : 1,0	42,83	13,82	26,12	17,23	32,55	52,78
Время взаимодействия NH₄NO₃ с КСl 30 мин						
1 : 0,1	88,88	3,80	7,18	0,14	6,01	97,46
1 : 0,3	70,46	9,92	18,74	0,88	17,39	94,01
1 : 0,5	56,18	14,37	27,16	2,29	27,67	89,75
1 : 0,7	49,10	14,84	28,06	8,0	31,14	72,14
1 : 1,0	37,44	17,42	32,92	12,22	41,03	66,54

Изучены физико-химические и товарные свойства калийно-АС. Данные опытов однозначно показывают, что добавка КСl к плаву АС способствует резкому увеличению прочности гранул и снижению их слеживаемости, пористости и впитываемости. При весовом соотношении N : K₂O = 1 : (0,1-1) и продолжительности взаимодействия плава АС с КСl 5 мин. прочность гранул полученных удобрений находится в пределах 3,48-6,94 МПа. Эти показатели в случае выдержки плава калийно-АС составляют 4,52–8,76 МПа.

Прочность гранул NH₄NO₃ марки «ч» и с добавкой магнезита (0,28% MgO) составляет 1,32 и 1,58 МПа, соответственно.

Слеживаемость образцов калийно-АС при соотношениях N : K₂O = 1 : (0,1-1) составляет 3,54-2,48 кг/см², что соответственно ниже в 1,6-2,3 и 1,32-1,88 раза ниже по сравнению с чистой (5,62 кг/см²) и магнезиальной добавкой селитры (4,67 кг/см²).

Одним из показателей, характеризующим взрывчатое свойство АС, является пористость и адсорбционная способность гранул жидкого топлива. Пористость и впитываемость топлива гранулами чистого NH₄NO₃ и с магнезиальной добавкой составляет 22,0; 9,10% и 4,82; 4,33 г. соответственно. Добавление к плаву АС хлорида калия при весовых

соотношениях $N : K_2O = 1 : (0,1-1)$ способствует снижению пористости гранул и впитываемости ими жидкого топлива от 8,67 до 5,42% и от 3,76 до 1,84 г. соответственно. Чем выше прочность гранул, тем меньше их пористость и внутренняя удельная поверхность гранул, тем меньше дизтоплива попадает внутрь гранул, в результате чего снижается детонационная способность калийно-АС.

Выявлено, что гранулы калийно-АС растворяются значительно медленнее (в 2-4 раза) по сравнению с АС с магниальной добавкой. Следовательно, присутствие KCl , KNO_3 и NH_4NO_3 в селитре способствует постепенному высвобождению азота из гранул.

Далее изучена термоустойчивость сферической формы гранул при колебаниях температуры $20 \leq 60^\circ C$. Показано, что гранулы образца удобрения, полученного с добавкой KCl к плаву АС при соотношении $N : K_2O$, равным $1 : 0,1$, после 100 циклов разрушились на 26%, а гранулы удобрения при соотношении $N : K_2O = 1 : 1$ разрушились на 18%. Гранулы чистого NH_4NO_3 и АС с магниальной добавкой соответственно после 90 и 100 циклов разрушились полностью. Выявлено, что чем больше содержание KCl в плаве АС, тем больше термическая устойчивость гранул калийно-АС.

На основе результатов электронно-микроскопических исследований показано, что добавка KCl уменьшает размеры кристаллов NH_4NO_3 , являясь центрами кристаллизации. При этом частицы KCl , заполняя поры и микротрещины, образуют более совершенную поверхность и внутреннюю структуру гранул АС. Эти факты также объясняют причины увеличения прочности гранул, уменьшения слеживаемости, их пористости и впитываемости дизельного топлива гранулами АС.

На приборе Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (производство Германия) определены начало термического разложения и энергия активации. Показано, что температура начала разложения чистого NH_4NO_3 и образцов калийно-АС с соотношением $N : K_2O$, равными $1 : 0,1$; $1 : 0,3$; $1 : 0,5$ и $1 : 1$, составляют 210; 231,7; 245,3; 251,2 и $262,5^\circ C$ соответственно.

Энергия активации NH_4NO_3 марки «ч» и образцов НК-удобрений, соответственно, равны -915,1; -525,0; -348,8; -245,7 и -182,6 Дж/гр. Отсюда следует, что для термического разложения калийно-АС, содержащей KCl , KNO_3 и NH_4NO_3 потребуется более высокая температура и значительно больше энергии, чем для разложения чистого NH_4NO_3 .

Всё это свидетельствует о том, что KCl , KNO_3 и NH_4Cl снижают детонационную способность АС. Это обстоятельство создает более безопасные условия как при её производстве, так и при применении в сельском хозяйстве.

Изучены реологические свойства КНП в интервале температуры $165-185^\circ C$: значения плотности и вязкости находятся в пределах 1,468-1,654 $кг/см^3$ и 5,44-21,22 сПз.

Плавы обладают достаточной хорошей текучестью и их можно гранулировать методом окатывания в барабанном грануляторе без особых технологических трудностей.

На укрупнённой модельной лабораторной установке и опытной установке СП-АО «Elektrokimyozavod» апробирована технология получения калийно-АС с обработкой основных технологических параметров процесса.

Выпущена опытная партия азотно-калийного удобрения в объёме 2 тонн. Составлен материальный баланс производства (рис. 1).

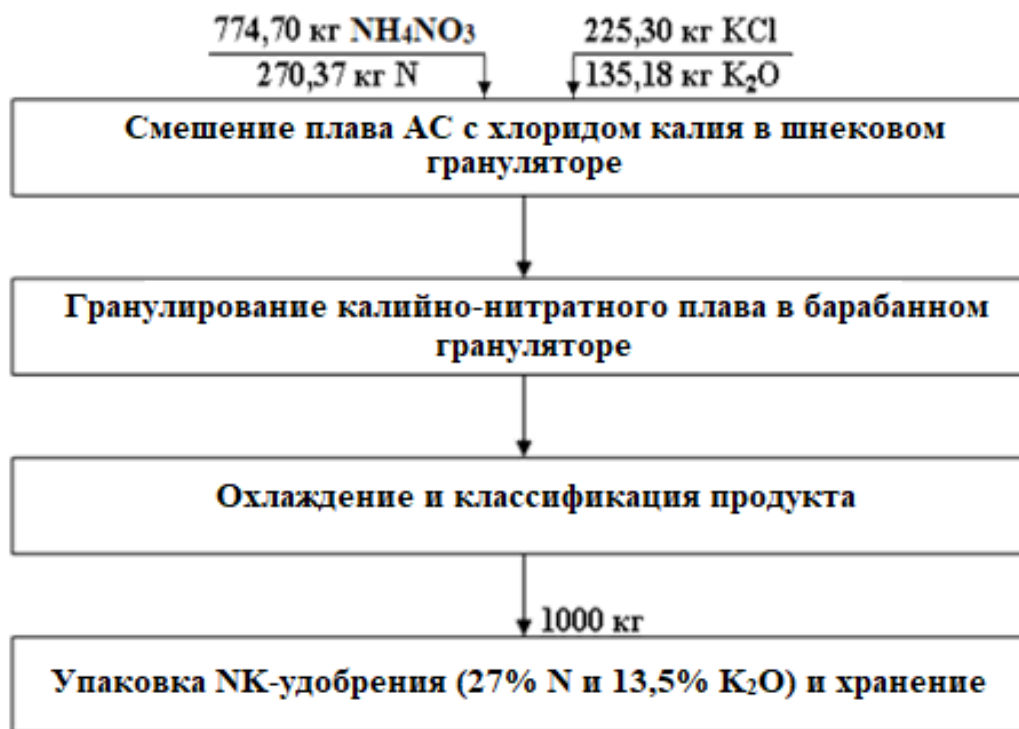


Рис. 1. Блок-схема производства калийно-аммиачной селитры.

В третьей главе диссертации «Исследование процесса получения калийно-аммиачной селитры на основе концентрированных растворов аммиачной селитры и хлорида калия» изучен процесс получения калийно-АС путём добавления к концентрированным растворам АС (92, 85, 80 и 70%) KCl при весовых соотношениях $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : (0,3-1,6)$. Для приготовления вышеуказанных концентрированных растворов к рассчитанному количеству гранул чистого NH_4NO_3 добавили соответственно 8, 15, 20 и 30% дистиллированной воды. Растворение гранул АС в воде осуществляли в металлическом стакане, снабженном стеклянной мешалкой при 100°C . К приготовленным растворам добавляли KCl , исходя из расчета получения однородной смеси с заданным соотношением $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$.

Продолжительность взаимодействия исходных компонентов составляла 20 мин. Далее реакционную массу перенесли в фарфоровую чашку и путём окатывания гранулировали. Продукт высушивали в сушильной печи.

Состав удобрений приведен в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что в случае использования 92 %-ного раствора АС при изменении весового соотношения $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$ от 1 : 0,3 до 1 : 1,6 содержание азота в образцах удобрений снижается от 29,41 до 17,97%, а содержание калия увеличивается от 8,83 до 28,72%.

Таблица 3

Состав образцов калийно-аммиачной селитры, полученных на основе концентрированных растворов АС и КСl

N : K ₂ O	Содержание компонентов, %		Солевой состав удобрений, %				Степень конверсии КСl, %	Прочность гранул, МПа
	N	K ₂ O	NH ₄ NO ₃	NH ₄ Cl	KNO ₃	КСl		
92 %-ный раствор аммиачной селитры + хлорид калия								
1 : 0,3	29,41	8,83	70,61	9,81	18,55	1,03	93,0	7,08
1 : 0,5	26,82	13,42	57,72	13,34	25,21	3,73	83,30	7,57
1 : 0,7	24,61	17,21	49,12	14,83	28,03	8,02	72,06	8,0
1 : 1,0	21,87	21,94	39,38	16,12	30,47	14,03	61,58	8,42
1 : 1,4	19,11	26,73	32,63	15,23	28,78	23,36	47,61	9,25
1 : 1,6	17,97	28,72	28,62	15,69	29,65	26,04	45,65	9,41
85 %-ный раствор аммиачной селитры + хлорид калия								
1 : 0,3	29,39	8,81	70,56	9,85	18,61	0,98	93,33	7,11
1 : 0,5	26,78	13,39	57,61	13,41	25,35	3,63	83,76	7,59
1 : 0,7	24,62	17,20	48,11	15,51	29,31	7,07	75,35	8,04
1 : 1,0	21,85	21,92	39,33	16,16	30,54	13,97	61,73	8,46
1 : 1,4	19,09	26,75	31,09	16,26	30,72	21,93	50,82	9,27
1 : 1,6	17,95	28,74	27,10	16,71	31,58	24,61	48,63	9,45
80 %-ный раствор аммиачной селитры + хлорид калия								
1 : 0,3	29,37	8,80	70,37	9,97	18,85	0,81	94,52	7,17
1 : 0,5	26,79	13,41	57,26	13,65	25,79	3,30	85,22	7,61
1 : 0,7	24,60	17,22	47,58	15,86	29,98	6,58	77,08	8,08
1 : 1,0	21,86	21,91	38,74	16,55	31,28	13,43	63,22	8,52
1 : 1,4	19,10	26,72	30,58	16,60	31,36	21,46	51,89	9,33
1 : 1,6	17,98	28,73	24,58	18,39	34,75	22,28	53,52	9,48
70 %-ный раствор аммиачной селитры + хлорид калия								
1 : 0,3	29,38	8,82	70,24	10,06	19,02	0,68	95,39	7,21
1 : 0,5	26,77	13,38	57,02	13,81	26,10	3,07	86,24	7,65
1 : 0,7	24,59	17,19	47,26	16,08	30,39	6,27	78,12	8,12
1 : 1,0	21,88	21,89	38,78	16,52	31,23	13,47	63,11	8,58
1 : 1,4	19,07	26,73	30,32	16,77	31,70	21,21	52,44	9,40
1 : 1,6	17,96	28,71	22,77	19,60	37,05	20,58	57,05	9,53

Концентрация растворов АС практически не влияет на состав удобрений. Показано, что чем выше массовая доля селитры в смеси раствора АС и КСl, тем выше степень конверсии хлорида калия. Например, в калийно-АС с использованием 92 %-ного раствора АС при соотношении N : K₂O = 1 : 1; 1 : 0,7 и 1 : 0,3 степень конверсии составляет, соответственно, 61,58; 72,06 и 93%. Наибольшая степень конверсии КСl наблюдается при использовании 70 %-ного раствора АС. При указанных соотношениях N : K₂O она составляет 63,11; 78,12 и 95,39%. Солевой состав (NH₄NO₃, KNO₃, NH₄Cl, КСl) НК-удобрений также в определенной степени зависит от соотношения N : K₂O. Прочность гранул НК-удобрений в зависимости от условий их получения варьирует в пределах 7,08-9,53 МПа.

Слеживаемость, пористость гранул и впитываемость дизельного топлива НК-удобрений, полученных с использованием 92 и 70%-ных растворов и КСl в интервале весовых соотношений N : K₂O = 1 : (0,3-1,6) меняется в пределах

1,97-3,28 кг/см²; 4,21-7,52%; 1,32-3,11 г и 1,81-3,23 кг/см²; 4,09-7,38% и 1,18-2,94 г соответственно.

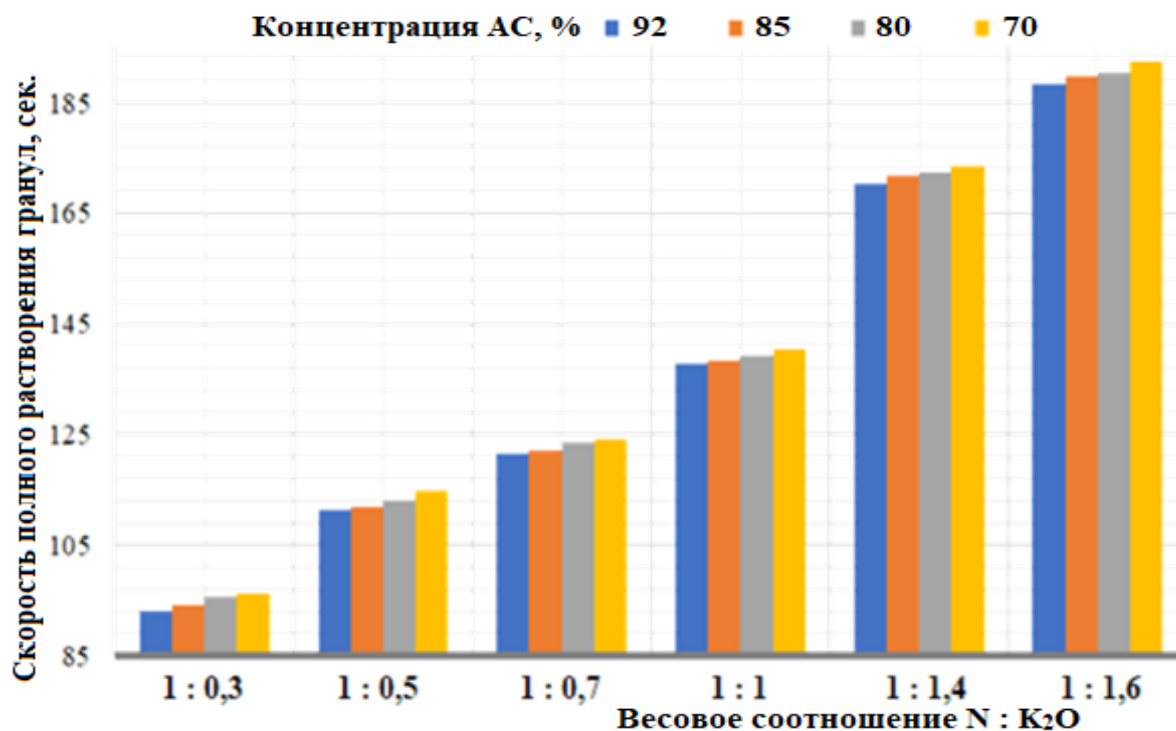


Рис. 2. Скорость растворения гранул НК-удобрений, полученных на основе концентрированных растворов АС и хлорида калия.

Из рис. 2 видно, что скорость полного растворения гранул образцов калийно-АС в воде в зависимости от концентрации раствора АС и соотношения N : K₂O составляет от 93,1 до 192,3 сек., что по сравнению с АС с добавкой магнезита (46,8 сек) в 2-4,11 раза меньше.

Изучены реологические свойства (плотность, вязкость) КНП плавов в интервале 80-120°С. Показано, что в интервале 100-110°С в зависимости от концентрации раствора АС и соотношения N : K₂O плотность и вязкость находится в пределах 1,275-1,537 г/см³ и 1,19-5,48 сПз. На основании результатов изучения реологических свойств КНП процесс их грануляции рекомендуется осуществлять в барабанном грануляторе.

В четвертой главе «**Исследование процесса получения калийно-аммиачной селитры с добавкой фосфогипса**» изучены состав и свойства образцов калийно-АС путём перемешивания плава АС с КСl при весовых соотношениях N : K₂O в пределах 1 : (0,1-1,0) с последующим добавлением к образующим КНП фосфогипса (ФГ) в количестве 5, 10 и 15% от их массы. Время взаимодействия КНП с ФГ составляло 10-15 минут при 175°С.

В зависимости от реологических свойств КНП процесс их грануляции осуществляли двумя методами.

Плавы, полученные на основе плава АС, хлорида калия при соотношениях N : K₂O от 1 : 0,1 до 1 : 0,5 с добавкой 5-15% ФГ, гранулированы путём прилирования.

А КНГП, полученный при соотношениях N : K₂O в интервале от 1 : 0,6 до 1 : 1 независимо от количества добавки ФГ обладали повышенной вязкостью.

Поэтому процесс их грануляции был проведён путём окатывания. Полученные образцы продуктов охлаждали, измельчали и определяли состав и степень конверсии NH₄NO₃.

Результаты приведены в табл. 4.

Из табл. 4, видно, что чем больше массовая доля нитрата аммония в смеси КНГП, тем больше содержание азота в продукте. Чем больше массовая доля КСl и ФГ, тем меньше содержание азота в удобрении, и тем больше содержание калия и серы.

Таблица 4

Состав образцов калийно-аммиачной селитры, полученных на основе плава АС, КСl и добавки ФГ и степень конверсии NH₄NO₃

N : K ₂ O	Содержание фосфогипса в смеси, %	Содержание компонентов, %				Степень конверсии NH ₄ NO ₃ , %
		N	K ₂ O	S	SO ₃	
1 : 0,1	5	29,30	3,10	1,032	2,58	10,40
1 : 0,1	10	28,87	2,90	2,152	5,38	12,06
1 : 0,1	15	27,47	2,80	3,216	8,04	13,98
1 : 0,3	5	27,87	8,40	1,06	2,65	18,17
1 : 0,3	10	26,53	7,90	2,144	5,36	20,81
1 : 0,3	15	24,94	7,50	3,208	8,02	22,34
1 : 0,5	5	25,42	12,70	1,032	2,58	28,52
1 : 0,5	10	24,15	12,10	2,232	5,58	29,93
1 : 0,5	15	22,69	11,40	3,252	8,13	32,01
1 : 0,7	5	23,22	16,15	0,996	2,49	35,54
1 : 0,7	10	22,03	15,42	2,144	5,36	36,71
1 : 0,7	15	20,87	14,51	3,188	7,97	37,90
1 : 1,0	5	19,79	19,78	1,012	2,53	42,57
1 : 1,0	10	19,45	19,43	2,084	5,21	44,15
1 : 1,0	15	18,32	18,31	3,248	8,12	45,92

Например, при соотношении N : K₂O = 1 : 0,1 и добавки 5% ФГ в полученном продукте содержание азота составляет 29,3%, а в продукте, полученном при N : K₂O = 1 : 1 и добавки 15% ФГ, содержание азота составляет 18,32%. Содержание калия и серы в этих удобрениях увеличивается от 3,1 до 18,31% и от 1,03 до 3,25% соответственно. Степень конверсии NH₄NO₃ в продукте, полученном при соотношении N : K₂O = 1 : 0,1 и добавки 5% ФГ, равна 10,4%. А в удобрении при данном соотношении компонентов с добавкой 15% ФГ она увеличивается до 13,98%. При N : K₂O = 1 : 1 и добавки 5 и 15% ФГ эти показатели соответственно составляют 42,57 и 45,92%.

Показано, что увеличение массовых долей КСl и ФГ приводит к заметному возрастанию прочности гранул. Прочность гранул удобрений, полученных при N : K₂O = 1: (0,1-1) и добавки 5-15% ФГ находится в

пределах 4,37-9,74 МПа (рис. 3 а). При этих соотношениях N : K₂O и добавок ФГ слеживаемость (рис. 3 б), пористость гранул (рис. 3 в) и впитываемость ими (рис. 3 г) составляют соответственно 3,20-1,73 кг/см², 7,25-4,54% и 2,84-1,16 г. Значит, товарные свойства калийно-АС с добавкой ФГ намного улучшаются по сравнению с калийсодержащей селитрой без добавки гипса.

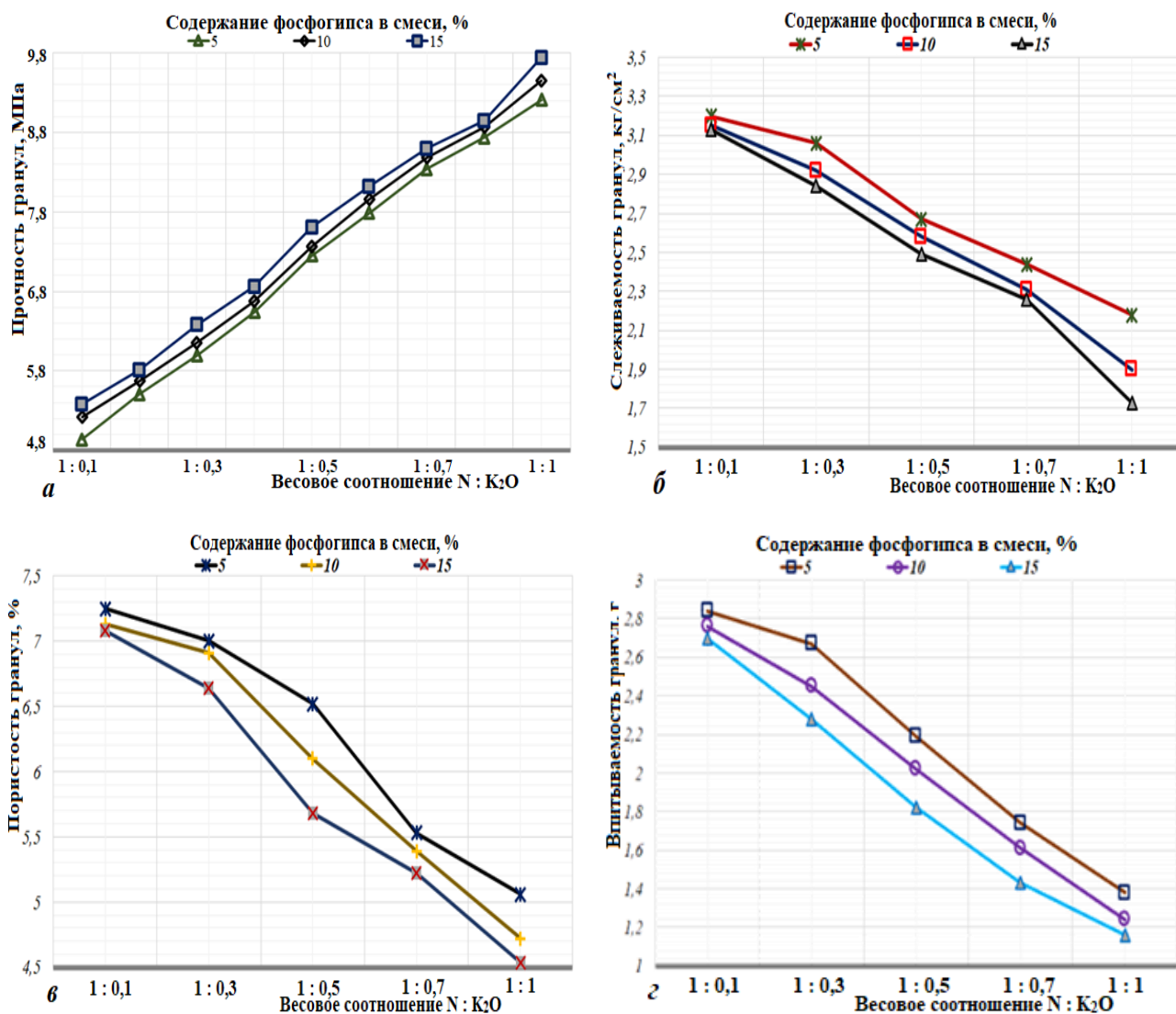


Рис. 3. Зависимость изменения прочности (а), слеживаемости (б), пористости (в) и впитываемости (г) гранул NKS-удобрений от соотношения N : K₂O и количества добавки ФГ.

На приборе XRD-6100 (Shimadzu) проведены рентгенографические исследования образцов калийно-АС с добавкой ФГ. На рентгенограммах обнаружены наряду с интенсивными полосами чистого NH₄NO₃ (2,26; 2,73; 3,08; 3,96; 4,95 Å), хлорида калия, производимого на АО «Дехканабадский калийный завод» (3,13; 2,21; 1,81; 1,401 Å) и фосфогипса, являющегося отходом производства ЭФК АО «Amphos-Maxam» (2,47; 3,07; 4,29; 7,69 Å) наблюдаются дифракционные полосы 3,77; 3,08; 2,66; 2,19 Å и 1,033; 1,221; 1,57; 1,72; 2,72; 3,85 Å и 2,998; 3,89; 4,33; 4,39; 5,22; 5,31 Å и 1,44; 1,88; 2,08; 2,41; 2,88; 3,0; 4,19 Å и 3,39; 3,40; 5,20; 5,21 Å и 1,78; 1,89; 2,19; 2,29; 3,09;

4,39Å, подтверждающие наличие соответственно KNO_3 , NH_4Cl , $(NH_4)_2SO_4$, K_2SO_4 , $Ca(NO_3)_2$ и $CaCl_2$. Эти факты однозначно подтверждают протекание процесса конверсии NH_4NO_3 в результате взаимодействия плава NH_4NO_3 с KCl и ФГ.

Результаты термических исследований показывают, что если температура начала разложения и энергии активации чистого NH_4NO_3 составляет $211^\circ C$ и -915 Дж/г, то в образцах калийно-АС с добавкой ФГ эти показатели в зависимости от соотношения $N : K_2O$ и количества добавки ФГ находятся в пределах $230,5-247,2^\circ C$ и $-357,1 \div -172,8$ Дж/г. Это говорит о том, что KCl и ФГ значительно повышает термостойкость серосодержащих НК-удобрений.

Гранулы образцов калийно-АС в зависимости от соотношения $N : K_2O$ и количества ФГ после 80, 90 и 100 циклов ($20 \leftrightarrow 60^\circ C$) разрушаются соответственно на 3-12; 6-17 и 13-23%. Показано, что с увеличением массовой доли хлорида калия в смеси плава АС с KCl и количества добавки ФГ наблюдается снижение содержания разрушенных гранул. Гранулы удобрений, полученные при $N : K_2O = 1 : 0,1$; $1 : 0,5$ и $1 : 1$ с добавкой 5 и 15% ФГ, сохраняют целостность до 60 циклов, после 100 термоциклов составляют, соответственно, 81-83 и 84-87% против 17-19 и 13-16 разрушенных. Эти данные показывают, что чем больше содержание KCl и ФГ в плаве АС, тем больше термостойкость гранул полученных удобрений.

Исследованы реологические свойства КНП в интервале температур $165-185^\circ C$. Плав, полученные при соотношении $N : K_2O = 1 : (0,1-0,5)$ с добавкой 5-15% ФГ в зависимости от температуры плотность и вязкость составляют в пределах $1,529-2,256$ г/см³ и $6,05-24,64$ сПз. Плав обладают достаточно хорошей текучестью, что позволяет осуществлять процесс грануляции в промышленной грануляционной башне без особых технологических трудностей. Плав, полученные при соотношении $N : K_2O = 1 : (0,6-1)$ с добавкой 5-15% ФГ обладают высокой вязкостью. Поэтому их грануляцию рекомендуется осуществлять методом окатывания в барабанном грануляторе.

На лабораторной модельной установке была апробирована технология получения калийно-АС на основе плава АС и KCl с добавкой ФГ. Установлены основные технологические параметры. Составлен материальный баланс производства НК-удобрений.

Разработана принципиальная технологическая схема производства калийно-АС на основе плава АС, KCl с добавкой ФГ (рис. 4).

Согласно технологической схеме, плав из ёмкости (1) с помощью погружного насоса (2) подаётся в реактор-смеситель (3), куда одновременно через бункер (4) и микродозатор (5) поступает KCl . В реакторе-смесителе смесь плава АС и KCl тщательно перемешивается в течение 10 мин. Полученный КНП поступает в шнековый гранулятор (6), куда также поступает ФГ через бункер (7), шнековый дозатор (5) и ретур. В шнековом грануляторе (6) происходит начало грануляции продукта.

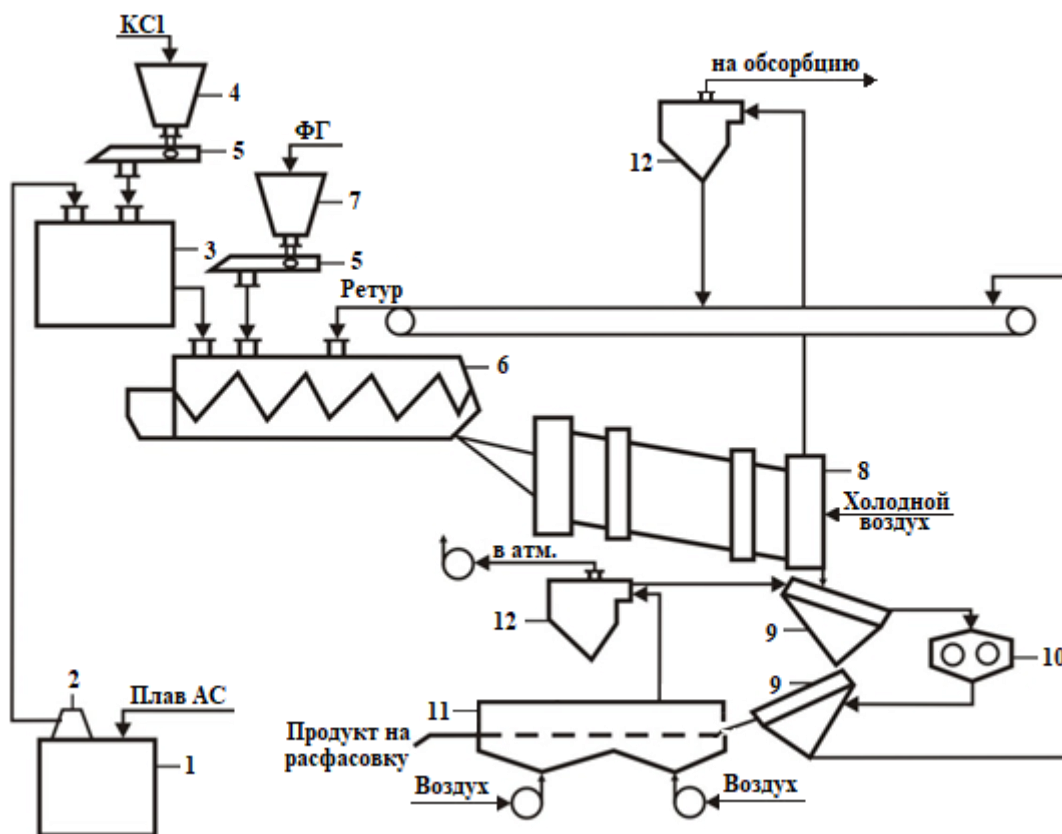


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема получения калийно-аммиачной селитры с добавкой фосфогипса.

1 - бак для плава АС; 2 - погружной насос; 3 - реактор-смеситель; 4 - бункер для хлорида калия; 5 - шнековый дозатор; 6 - шнековый гранулятор; 7 - бункер для ФГ; 8 - барабанный гранулятор; 9 - классификатор; 10 - дробилка; 11 - холодильник с кипящим слоем; 12 – циклон.

Далее он поступает в барабанный гранулятор (8), где грануляция продукта осуществляется методом окатывания. Гранулированное удобрение поступает на классификатор (9), где разделяется на фракции. Гранулы с размерами 1-4 мм направляются на упаковку. Выбросная пыль поступает в циклон (12) и оттуда направляется на абсорбцию.

На опытной установке СП-АО «Elektrokimyozavod» отработана технология производства калийно-АС при соотношении $N : K_2O = 1 : 0,5$ с добавкой 5% ФГ и произведено 1,5 тонны удобрения.

В пятой главе диссертации «Исследование процесса получения неслеживающейся АС и сульфат-нитрата аммония на основе плава аммиачной селитры и сульфата аммония» приведены результаты опытов по получению азотно-серных удобрений путём добавки к плаву АС $(NH_4)_2SO_4$ при весовых соотношениях $NH_4NO_3 : (NH_4)_2SO_4$ от 97 : 3 до 60 : 40. Лабораторные опыты проводили следующим образом. В металлический стакан поместили расчетное количество АС марки «ч» и расплавили при $170^\circ C$. Затем к плаву добавили измельчённый сульфат аммония. Смесь перемешивали в течение 3-5 мин. В зависимости от значения плотности и вязкости, т.е. текучестью плава, полученные при весовых соотношениях

NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ от 97 : 3 до 86 : 14 гранулировали методом прилирования, а плавы, полученные при NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ от 83 : 17 до 60 : 40 методом окатывания.

Состав образцов NS-удобрений приведён в таблице 5.

Таблица 5

Состав образцов удобрений несслеживающейся АС и сульфат-нитрата аммония, полученных на основе плава АС и сульфата аммония

Соотношение исходных компонентов	Содержание компонентов, %			
	N _{общ.}	N _{аммон.}	N _{нитр.}	S
NH_4NO_3 «чистый»	35,0	17,50	17,50	–
АС с добавкой 0,28% MgO	34,5	17,25	17,25	–
Несслеживающая АС при соотношении NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$				
97 : 3,0	34,53	17,57	16,96	0,70
95 : 5,0	34,28	17,66	16,62	1,16
93 : 7,0	34,0	17,73	16,27	1,64
90 : 10	33,50	17,80	15,70	2,38
86 : 14	33,02	18,02	15,0	3,35
Сульфат-нитрат аммония при соотношении NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$				
83 : 17	32,54	18,13	14,41	4,03
80 : 20	32,12	18,17	13,95	4,76
75 : 25	31,47	18,37	13,10	6,0
70 : 30	30,71	18,48	12,23	7,14
65 : 35	30,05	18,69	11,36	8,40
60 : 40	29,26	18,85	10,41	9,59

Из таблицы видно, что в образцах азотно-серных удобрений, полученных при соотношениях NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ от 97 : 3 до 86 : 14, содержание азота и серы изменяются в пределах 33,02-34,53 и 0,7-3,35%, соответственно. А в составе сульфат-нитрата аммония содержание азота и серы меняется от 29,26 до 32,54 и от 4,03 до 9,59%, соответственно. Сумма питательных компонентов (N + S) для несслеживающейся АС составляет 35,23-36,37%, а для сульфат-нитрата аммония – 36,57-38,85%.

Прочность гранул образцов несслеживающейся АС и сульфат-нитрата аммония в зависимости от соотношения NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, соответственно варьирует в пределах от 3,85 до 5,34 и от 5,65 до 7,75 МПа. Добавка к плаву АС от 3 до 14% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ способствует уменьшению слеживаемости удобрений по сравнению с чистой селитрой (5,62 кг/см²) от 2,72 до 2,20 кг/см². Определено, что самые оптимальные показатели получаются при соотношении NH_4NO_3 : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ = 60 : 40, слеживаемость, пористость гранул и впитываемость ими дизельного топлива снижаются до значения 1,26 кг/см², 5,36% и 2,29 г. Чем больше прочность гранул, тем меньше их пористость. При этом гранулы меньше поглощают влагу из атмосферного воздуха, в результате чего слеживаемость селитры снижается.

Термическим методом изучено влияние добавки $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ на полиморфные превращения АС. Термические исследования проведены в интервале температур нагрев-охлаждение от 25 до 185°C - от 185 до 25°C на

приборе NETSCH STA 409 PC/PG. При этом показано, что плавление чистого NH_4NO_3 протекает как обычно через IV \rightarrow III; III \rightarrow II; II \rightarrow I и I \rightarrow плав. Температура для переходов IV \rightarrow III – 46°C; III \rightarrow II – 85°C; II \rightarrow I – 126°C, а I \rightarrow плав – 169°C. Для образцов удобрений с добавкой сульфата аммония также наблюдаются 4 последовательных превращения характерные для NH_4NO_3 , но отличающиеся по температурному переходу (табл. 6).

Таблица 6

Температура модификационных превращений несслеживающейся аммиачной селитры на основе её плава и с добавкой сульфата аммония

$\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Значение пиков на кривой								
	IV \rightarrow III	III \rightarrow II	II \rightarrow I	I \rightarrow плав	плав \rightarrow I	I \rightarrow II	II \rightarrow III	III \rightarrow IV	II \rightarrow IV
	нагрев от 25 до 185°C				охлаждение от 185 до 25°C				
NH_4NO_3 “ч”	46	85	126	169,6	169	125	48	30	-
97 : 3,0	54,8	89,2	130,0	174,8	167,1	113,4	-	-	42,2
95 : 5,0	55,1	89,7	129,6	176,7	168,6	108,0	-	-	41,7
93 : 7,0	55,3	90,0	129,1	178,5	169,4	102,7	-	-	41,1
90 : 10	55,6	90,6	128,8	180,2	170,5	97,1	-	-	40,6
86 : 14	56,0	91,1	128,5	182,6	171,8	92,3	-	-	40,2

Для удобрений, полученных при соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 97 : 3; 93 : 7$ и $86 : 14$, эти показатели составляют, соответственно, 54,8; 89,2; 130; 174,8 и 55,3; 90; 129,1; 178,5 и 56; 91,1; 128,5; 182,6°C.

Эти данные показывают, что сульфат аммония в определённой степени повышает температуру плавления и кристаллизации.

При охлаждении плава аммонийсульфатсодержащей АС модификационные переходы протекают через плав \rightarrow I; I \rightarrow II; II \rightarrow IV. При этом фаза III не образуется, переход II \rightarrow IV минует фазу III, а это обеспечивает меньшую деформацию кристаллической решетки и достаточную прочность гранул.

Температура начала разложения и энергия активации NS-удобрений, полученных при соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, равными 97 : 3; 93 : 7; 86 : 14; 80 : 20; 70 : 30; 60 : 40, составляют соответственно 245,0; 246,2; 248,0; 252,4; 259,8; 263,1°C и -812; -542; -309; -219,3; -164,7; -125,2 Дж/г. Эти факты свидетельствуют о том, что для термического разложения образцов сульфат-нитрата аммония необходимо более высокая температура и существенно больше энергии, чем для разложения чистого NH_4NO_3 . Значит, сульфат аммония существенно повышает термостойкость АС.

Из результатов экспериментов (табл. 7) видно, что если гранулы чистой АС полностью разрушаются после 90 термоциклов (20 \leftrightarrow 60°C), то гранулы NS-удобрений с добавкой 3% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – после 126 циклов, с добавкой 14% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – после 144 термоциклов и с добавкой 40% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – после 193 термоциклов. Это обстоятельство показывает, что чем больше количество добавки $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, тем больше термическая стойкость NS-удобрений.

Таблица 7

Зависимость изменения термоустойчивости гранул NS-удобрений от количества термоциклов (20↔60°C)

Массовое соотношение $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Количество разрушенных гранул по циклам перехода IV ↔ III, %							
	10 цикл	25 цикл	50 цикл	90 цикл	100 цикл	150 цикл	175 цикл	200 цикл
Образцы неслеживающейся АС								
97 : 3,0	–	–	19	67	86	–	–	–
95 : 5,0	–	–	15	54	79	–	–	–
93 : 7,0	–	–	9	46	65	–	–	–
90 : 10	–	–	4	37	53	–	–	–
86 : 14	–	–	–	28	47	100	–	–
Образцы сульфат-нитрата аммония								
83 : 17	–	–	–	15	38	95	–	–
80 : 20	–	–	–	10	24	89	–	–
78 : 22	–	–	–	6	19	83	–	–
75 : 25	–	–	–	3	12	78	100	–
70 : 30	–	–	–	–	8	71	96	–
65 : 35	–	–	–	–	5	66	88	–
60 : 40	–	–	–	–	2	54	79	100

С помощью дифрактометра XRD-6100 (Shimadzu) определяли солевой состав сульфат-нитрат аммония. На рентгенограммах NS-удобрений наряду с интенсивными полосами поглощения NH_4NO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ наблюдаются и дифракционные полосы поглощения а – 9,967; b – 5,94; с – 12,43; 2,19 Å и а – 10,318; b – 11,398; с – 10,24Å, которые относятся к двойным солям $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{NH}_4\text{NO}_3$ соответственно.

Таким образом, по сравнению с чистым NH_4NO_3 или с АС с магниезальной добавкой высокая прочность, низкая слеживаемость и пористость гранул, заниженная впитываемость ими дизельного топлива, а самое главное – повышение температуры разложения, т.е. снижение детонационной способности сульфат-нитрата аммония объясняется присутствием в составе продуктов вышеуказанных двойных солей, обладающих высокой стойкостью к противударным силам, повышенной плотностью и низкой гигроскопичностью.

Изучены реологические свойства плавов сульфат-нитрата аммония в интервале температур 170-185°C. Показано, что с увеличением массовой доли $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в плаве АС плотность и вязкость плавов повышается, а с повышением температуры заметно снижается. Значение плотности и вязкости сульфатно-нитратных плавов при оптимальной температуре 175°C составляет 1,503-1,976 г/см³ и 6,60-17,49 сПз. Плавы обладают хорошей текучестью. Грануляция плавов в зависимости от значения их плотности и вязкости рекомендуется осуществлять методом прилирования в грануляционной башне (неслеживающейся АС) и методом окатывания в барабанном грануляторе (сульфат-нитрат аммония).



Рис. 5. Блок-схема производства неслеживающейся АС с добавкой сульфата аммония.

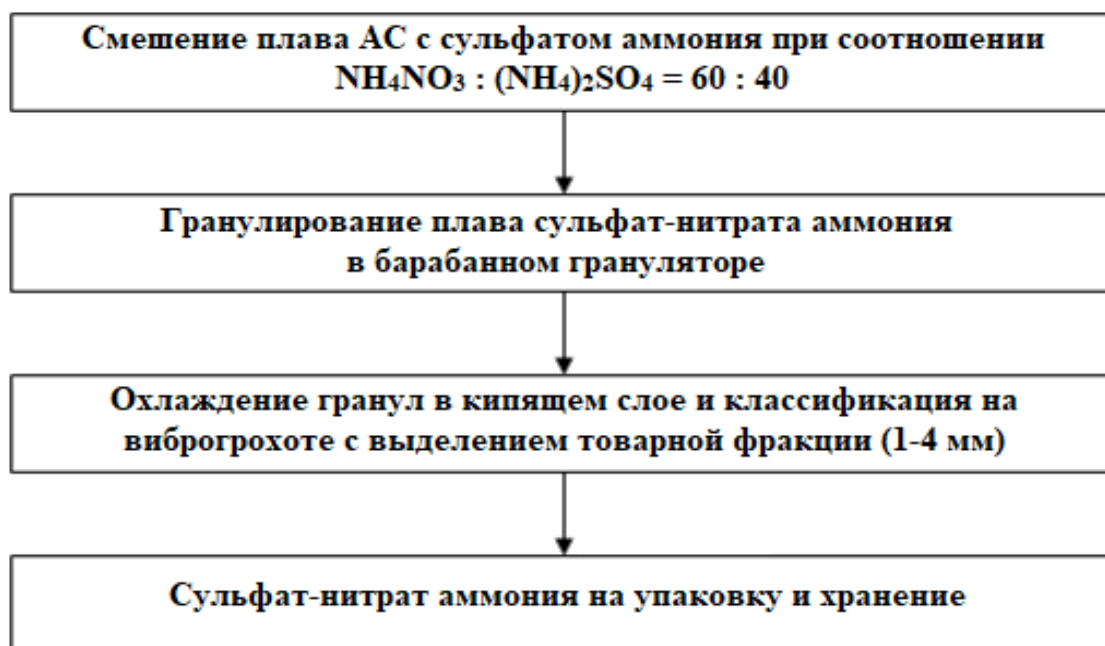


Рис. 6. Блок-схема производства сульфат-нитрата аммония.

Апробированы технологии получения несслеживающейся АС и сульфат-нитрат аммония на укрупнённой модельной лабораторной установке с установлением основных технологических параметров.

Найдены оптимальные соотношения $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 93 : 7$ и $60 : 40$, соответственно, для получения несслеживающейся АС и сульфат-нитрата аммония.

На основе результатов лабораторных опытов и данных опытов на модельной установке разработана принципиальная технологическая схема и составлен материальный баланс производства двух видов NS-удобрений (рис. 5 и 6). На СП-АО «Elektrokimyo zavod» на укрупнённой опытной установке проведены испытания технологии производства сульфат-нитрата аммония при соотношении $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 60 : 40$ и произведена опытная партия удобрения в объёме 1,8 тонны.

Проведены технико-экономические расчеты производства азотно-серных удобрений. Показано, что при замене импортного магнезита на местное сырьё $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ себестоимость 1 тонны добавки снижается до 93%. Себестоимость 1 тонны магнезита 550 долларов США, а себестоимость 1 тонны $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ составляет 394000 сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследованы процессы получения калийно-АС путём взаимодействия плава АС с КСI при массовых соотношениях $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : (0,1-1)$ и температуре 170°C . Определены состав и свойства полученных удобрений. Показано, что с увеличением массовой доли КСI в смеси в образцах удобрений содержание азота снижается от 32,60 до 19,10%, а содержание калия увеличивается от 3,26 до 26,76%.

Впервые изучена кинетика конверсии КСI в KNO_3 в течение 5, 10, 15, 20, 25 и 30 мин. при температуре 170°C . Установлена зависимость изменения степени конверсии КСI от массового соотношения $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$ и времени взаимодействия. Найдено, что оптимальное время взаимодействия исходных компонентов 20 мин. При этом содержание азота и калия в образцах удобрений составляет 26,80% N; 13,40% K_2O и 21,90% N; 21,89% K_2O , соответственно, для соотношений $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : 0,5$ и $1 : 1$.

2. Изучены физико-химические и товарные свойства (прочность, пористость и впитываемость гранул дизельного топлива) калийно-АС в зависимости от соотношения $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$. С изменением соотношения $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$ от $1 : 0,1$ до $1 : 1$ прочность гранул продуктов повышается от 4,37 до 8,36 МПа. Слеживаемость, пористость и впитываемость гранул дизельного топлива, соответственно, снижаются от 3,54 до 2,48 $\text{кг}/\text{см}^2$, от 8,67 до 5,42% и от 3,76 до 1,84 г. Эти показатели для чистого NH_4NO_3 и АС с добавкой магнезита составляют 5,62 и 4,67 $\text{кг}/\text{см}^2$; 22,0 и 9,10%; 4,82 и 4,33 г.

Температура начала разложения и энергия активации чистого NH_4NO_3 (без добавок) составляет 211°C и -915 Дж/г, а образцов калийно-АС

находятся в пределах 231,7-262,5°C и -182,7 – -525,0 Дж/г соответственно. Показано, что с ростом термоциклов (20↔60°C) гранулы чистого NH_4NO_3 и АС с добавкой магнезита полностью разрушаются, соответственно, после 90 и 100 термоциклов, а гранулы НК-удобрений, полученных при соотношениях $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : (0,1-1)$, после 100 термоциклов разрушаются на 18-26%.

3. Исследованием процесса взаимодействия концентрированных растворов АС (70, 80, 85 и 92 %) с хлоридом калия показана принципиальная возможность получения калийно-АС в широком диапазоне соотношений $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : (0,1-1,6)$, обладающих качественными показателями: высокой прочностью (7,08-9,53 МПа), низкой слеживаемостью (1,97-3,28 кг/см²), пористостью (4,21-7,52%) и впитываемостью гранул (1,32-3,11 г). Установлена зависимость изменения степени конверсии KCl в KNO_3 от концентрации исходного раствора АС и соотношения $\text{N} : \text{K}_2\text{O}$.

4. Разработана технология получения серосодержащей калийно-АС путём добавки ФГ к КНП. Показано, что чем больше массовой доли KCl , ФГ и меньше содержания АС в КНП, тем больше степень конверсии NH_4NO_3 . Прочность, слеживаемость, пористость и впитываемость гранул серосодержащей калийной АС с добавкой 5, 10 и 15% ФГ находятся в пределах 7,55-7,61 и 9,21-9,74 МПа; 2,67-2,49 и 1,73-2,18 кг/см²; 5,58-6,72 и 4,54-5,06%; 1,82-2,19 и 1,16-1,38 г. соответственно для соотношений $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : 0,5$ и $1 : 1$. Начало температуры разложения продуктов при указанных соотношениях и добавки 5-15% ФГ составляют 239,4-247,2°C, а энергия активации варьрует в пределах -172,8 ÷ -195 Дж/г.

5. Исследованы процессы получения NS-удобрений путём добавления к плаву АС сульфата аммония при массовых соотношениях $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ от 97 : 3 до 60 : 40. Показано, что прочность, слеживаемость, пористость и впитываемость гранул несслеживающейся АС и сульфат-нитрата аммония в зависимости от массовой доли $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в смеси составляют, соответственно, от 3,85 до 5,34 и от 5,65 до 7,75 МПа; от 2,20 до 2,72 и от 1,26 до 2,04 кг/см²; от 7,33 до 8,54 и от 5,36 до 7,10 %; от 3,47 до 4,18 и от 2,29 до 3,31 г.

6. Проведён термический анализ модификационных превращений образцов несслеживающейся АС с добавкой $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ при циклическом изменении температуры от 25 до 185°C (нагревание) и от 185 до 25°C (охлаждение) с фиксацией их теплового эффекта. При охлаждении стабилизация перехода модификации II→IV селитры с добавкой $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ представляется непосредственным переходом ромбической модификации (IV) в тетраганальную (II), минуя моноклинную (III). Добавка $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ оказывает ингибирующее действие на разложение селитры, повышая температуру деструкции от 211 до 245-248°C (для несслеживающейся АС) и до 252,4-263,1°C (для сульфат-нитрата аммония). Энергии активации для термического разложения этих удобрений потребуются, соответственно, от -812 до -309 Дж/г и от -219,3 до -125,2 Дж/г, чем на разложение чистого NH_4NO_3 (-921,1 Дж/г).

7. С помощью рентгенографических исследований образцов калийно-АС, NKS-удобрений, неслеживающейся АС и сульфат-нитрата определен их солевой состав. Результаты проведенных электронно-микроскопических исследований влияния добавки КСl, ФГ, сульфата аммония на микроструктуру гранулы новых удобрений свидетельствует о том, что они уменьшают размеры кристаллов нитрата аммония, являясь центрами кристаллизации. Добавки оседают в поры и микротрещины, заполняя их, вследствие чего образуется более совершенная поверхность и внутренняя структура гранул удобрений. Этот факт также объясняет причины увеличения прочности гранул, уменьшение их пористости при добавке КСl, ФГ, неслеживающейся АС, сульфат-нитрата аммония.

8. На лабораторной модельной установке апробированы оптимальные технологические параметры получения калийно-АС, NKS-удобрений, неслеживающейся АС и сульфат-нитрата аммония. Разработана технологическая схема их получения. Составлен материальный баланс производства одной тонны новых видов удобрений.

Технологии получения NK-, NKS-, NS-удобрений прошли апробацию в опытно-промышленных условиях на СП-АО «Elektrokimyozavod» с выпуском опытной партии продукции в объеме, соответственно, 2000, 1500 и 1800 кг.

Проведенные технико-экономические расчеты показали, что при замене импортного магнезита на сульфат аммония себестоимость 1 тонны добавки снижается до 93%. Организация производства калийно-АС, NKS-удобрений и сульфат-нитрата аммония открывает возможность выпуска экспортоориентированных новых видов продукции с добавленной стоимостью.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND
INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

MAMATALIYEV ABDURASUL ABDUMALIKOVICH

**DEVELOPMENT THE TECHNOLOGY OF OBTAINING COMPLEX
FERTILIZERS ON THE BASE POTASSIUM CHLORIDE, AMMONIUM
NITRATE AND AMMONIUM SULPHATE**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR (DSc)
TECHNICAL SCIENCES**

Ташкент – 2021

Doctoral thesis theme has been registered under number B2021.2.DSc/T434 at the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.

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

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) is placed on web-page to address www.tcti.uz and Information-educational portal of «ZiyoNet» to the address www.ziyounet.uz.

Scientific consultant: **Namazov Shafolat Sattarovich**
doctor of technical sciences, professor, academician

Official opponents: **Erkayev Aktam Ulashevich**
doctor of technical sciences, professor

Turdialiyev Umid Muxtoraliyevich
doctor of technical science, Senior Researcher

Nurmurodov Tulkin Isamurodovich
doctor of technical science, dotsent

Leading organization: **Fergana Politechnical Institute**

The defense will take place «14» December 2021 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of on-time scientific Council No. DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99 871) 262-56-60, fax: (+99 871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 19). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «27» November 2021 y.
(mailing report № 19 from «27» November 2021 y.).



B.S. Zakirov
Chairman of the on-time scientific Council
awarding scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

D.S. Salikhanova
Scientific secretary of the on-time scientific
Council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

V.P. Guro
Deputy chairman of scientific seminar under
scientific council on award of scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

The aim of the research work: is the development of technologies for the production of NK-, NKS- and NS-fertilizers based on ammonium nitrate melt, potassium chloride, phosphogypsum and ammonium sulfate.

The object of the research work: is melt of NH_4NO_3 , potassium chloride, phosphogypsum, ammonium sulfate, potassium nitrate, potassium nitrate gypsum and sulfate nitrate melts, NK-, NKS- and NS-fertilizers.

The scientific novelty of the dissertation research consists is as follows:

feasibility of using phosphogypsum, which is a waste product of extraction phosphoric acid production, as a nitrate modifier has been proved by determining its physical and mechanical properties;

the process of potassium chloride conversion in potassium nitrate melt using acetone extraction method has been proved;

it has been established that the application of potassium chloride and ammonium sulphate at optimal ratios of $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : 0.5$ and $\text{NH}_4\text{NO}_3 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 93 : 7$ as compared to ammonium nitrate with magnesite addition reduces the caking ability of granules by 2-2.3 times and increases the strength of granules by 3-4.8 times;

it is determined that when the ammonium sulfate-nitrate melt is cooled from 185 to 25°C, the modification transformations of NH_4NO_3 proceed according to the scheme: melt \rightarrow I; I \rightarrow II and II \rightarrow IV, bypassing phase III;

it was proved that the additives of potassium chloride, phosphogypsum and ammonium sulfate have an inhibitory effect on the decomposition of NH_4NO_3 , increasing the temperature of its destruction from 211 to 263.1°C due to the compaction of the crystal lattice;

technologies for the production of NK-, NKS- and NS-fertilizers based on ammonium nitrate melt, potassium chloride, phosphogypsum and ammonium sulfate have been developed.

Implementation of the research results. On the basis of the obtained, scientific results on the development of NK-, NKS- and NS-fertilizer production technologies on the basis of ammonium nitrate melt, potassium chloride, phosphogypsum and ammonium sulphate is as follows;

Technology of producing NKS-fertilizer based on melting ammonium nitrate, potassium chloride with the addition of phosphogypsum is included in the list of advanced scientific developments of JV - JSC "Elektrokimyozavod" (certificate of JV- JSC "Elektrokimyozavod" № 58 dated March 19 2021). As a result, it became possible to process phosphogypsum, a waste product of wet-process phosphoric acid production, into a water-soluble sulphur-containing NK-fertilizer.

The technology for potassium- ammonium nitrate production based on melted ammonium nitrate and potassium chloride was included in the list of perspective scientific developments of Joint Venture "Elektrokimyozavod" (JV-JSC "Elektrokimyozavod" certificate № 58 dated March 19, 2021). As a result, it became possible to produce potassium-ammonium nitrate with good marketable

properties, which allow to increase crop of cotton by 1-3 centenary in comparison to using ammonium nitrate.

Technology for producing ammonium sulfate-nitrate was included in the list of advanced scientific developments of JV-JSC “Elektrokimyozavod” (Certificate of JV-JSC “Elektrokimyozavod” № 58 of March 19, 2021). As a result, it was possible to create a technology for producing heat-resistant granulated NS-fertilizer.

The structure and volume of the dissertation. The structure of the thesis consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 177 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Азоткалийсерусодержащие удобрения и реологические свойства их расплавов // Доклады Академии Наук Республики Узбекистан. – 2015. – № 2. – С. 41- 45 (02.00.00 № 8).

2. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Физико-химические и товарные свойства азоткалийсерусодержащих удобрений на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Химическая промышленность: г. Санкт – Петербург. – 2015. – № 5. – С. 228-234 (02.00.00 № 21).

3. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Маденов Б.Д., Беглов Б.М. Кинетика конверсии хлорида калия в расплаве нитрата аммония // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент. – 2016. – № 4 – С. 5-10 (02.00.00 № 10).

4. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М. Калийно-аммиачная селитра и реологические свойства её расплава // Вестник НУУз: г. Ташкент. – 2016. – № 3/2. – С. 260-263 (02.00.00 № 12).

5. Mamataliev A.A., Namazov Sh.S., Seytnazarov A.R., Alimov U.K. Nitrogen-sulphuric fertilizers based on ammonium nitrate melt and phosphogypsum // Uzbek chemical journal: Tashkent. Special issue / 2017. – PP. 50-58 (02.00.00 № 6).

6. Mamataliev A.A., Namazov Sh.S., Kurbanov J.X. Nitrogen potassium containing difficult fertilizers on the base of melt ammonium nitrate and potassium chloride // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – Vienna, 2018 y. № 7-8. – PP. 43-49 (02.00.00 № 2).

7. Маматалиев А.А. Гранулированные азотсерусодержащие удобрения на основе нитрата и сульфата аммония // Узбекский химический журнал: г. Ташкент. – 2019. – № 5. – С. 37-41 (02.00.00 № 6).

8. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Раджабов Р., Беглов Б.М. Состав и свойства азотсерусодержащих удобрений // Научный вестник Наманганского Государственного Университета: г. Наманган. – 2019 г. – № 7. – С. 61-67 (03.00.00 № 17).

9. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Примкулов Б.Ш., Ибрагимов А.Б. Сульфат-нитрат аммония и реологические свойства её расплава // Научный вестник Наманганского Государственного Университета: г. Наманган / 2020 г. – № 9. – С. 39-45 (03.00.00 № 18).

10. Oybek Rasulov, Abdurasul Mamataliyev, Dilnavoz Rasulova, Uktam Temirov, Shafaat Namazov. Physico-chemical properties lime-ammonium nitrate based on chalk, nitrate and ammonium sulphate // E3S Web of Conferences 264, 04012 CONMECHYDRO – 2021. Scopus (3) IF – 0.203.

11. Маматалиев А.А. Состав и свойства калийно-аммиачной селитры на основе плава аммиачной селитры и хлорида калия // Композиционные материалы. – Ташкент, 2021. – № 2. – С. 65-68. (02.00.00 № 4).

II бўлим (III часть; part II)

12. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М., Намазов Ш.С. Калийно-аммиачная селитра на основе плава нитрата аммония и хлорида кали // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент. – 2013. – № 1. – С. 5-10 (02.00.00 № 10).

13. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Калийно-аммиачная селитра на основе раствора нитрата аммония и хлорида калия // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент. – 2013. – № 4. – С. 5-11 (02.00.00 № 10).

14. Беглов Б.М., Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р. Калийно-аммиачная селитра на основе концентрированных растворов и плава аммиачной селитры и хлорида калия // Химическая промышленность: г. Санкт – Петербург. – 2013. – № 6. – С. 267-278 (02.00.00 № 21).

15. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Азоткалийсерусодержащие удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Химическая промышленность: г. Санкт – Петербург. – 2014. – № 3. – С. 113-117 (02.00.00 № 21).

16. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Физико-химические и товарные свойства калийно-аммиачной селитры на основе концентрированных растворов, плава аммиачной селитры и хлорида калия // Химия и химическая технология «Научно-технический журнал». – Ташкент. – 2014. – № 3. – С. 20-26 (02.00.00 № 3).

17. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Гранулированные комплексные азоткалийсерусодержащие удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Узбекский химический журнал: г. Ташкент. – 2014. – № 5. – С. 27-33 (02.00.00 № 6).

18. Mamataliyev A.A., Sherkuziyev D.Sh., Beglov B.M., Namazov Sh.S. Nitrogen Potassium and Nitrogenpotassiumsulfur Containing Complex Fertilizers on the base of Melt Ammonium Nitrate, Potassium Chloride and Phosphogypsum // International Journal of Advanced Science and Technology. Austria. – Vol. 29. – No. 8. 2020. – PP. 1468-1475 (02.00.00 № 2).

19. Маматалиев А.А., Пак В.В., Реймов А.М., Намазов Ш.С. Калийно-аммиачная селитра на основе плава нитрата аммония и хлорида калия // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии инновации горно-металлургической отрасли». – Навои. – 14 -15 июня 2012 – С. 378-379.

20. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р. Азотнокалийное удобрение на основе плава аммиачной селитры и хлорида калия // Сборник трудов научно-технической конференции «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности» Ташкент. – 22 ноября 2012. – С. 241-242.

21. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М. Азотнокалийное удобрение из аммиачной селитры и хлорида калия // Материалы международная научно-техническая конференции «Современные техника и технологии горно – металлургической отрасли и пути их развития». Навои. – 14 -16 мая 2013. – С. 452.

22. Маматалиев А.А., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М., Намазов Ш.С. Изучение процесса конверсии хлорида калия в концентрированном растворе аммиачной селитры // Сборник материалов, Республиканской научно-технической конференции «Состояние и перспективы инновационных разработок в области технологии неорганических веществ и химизации сельскохозяйственного производства». – Ташкент. – 16-17 мая 2013. – С. 71-73.

23. Маматалиев А.А., Беглов Б.М., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р. Физико-химические свойства калийно-аммиачной селитры на основе аммиачной селитры и хлорида калия // V-Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных по химии и химической технологии. Сборник тезисов. – Киев. – 9-11 апреля 2014. – С. 43.

24. Маматалиев А.А., Беглов Б.М., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р. Сложные NKS-удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари IV-республика илмий-амалий анжумани «илмий мақолалар тўплами». – Термиз. – 1-3 мая 2014. – С. 116-117.

25. Маматалиев А.А., Беглов Б.М., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р. Физико-химические свойства NKS-удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане». Материалы научно-технической конференции. Навои. – 23-24 мая 2014. – С. 22.

26. Маматалиев А.А. Получение калийно-аммиачной селитры на основе плава аммиачной селитры и хлорида калия // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2014» / Отв. ред. А.И.Андреев, А.В.Андрянов, Е.А.Антипов, М.В.Чистякова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс. Россия – 2014 г. – С. 17. lomonosov-msu.ru.

27. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М., Беглов Б.М. Реологические свойства расплава NKS-удобрения на основе смеси аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: проблемы и их решения». – Алмалык 8 апреля 2015. – С. 140.

28. Mamataliev A.A., Sultonov B.E., Namazov S.Sh., Beglov B.M. Rheological properties of melt nitrogenpotassiumsulfur content fertilizers on the basis of ammonium nitrate melt, chloride of potassium and phosphogypsum // The International conference. The Development of Science in the 21st Century: Natural and Technical Sciences The Collection of Scientific Papers. Part 2. Research in General & Inorganic Chemistry. Ron Bee & Associates New York. – 2015. – PP. 123-125.

29. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Маденов Б.Д. Физико-химические и товарные свойства NKS-удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // «Кимёвий технология ва озиқ-овқат саноати корхоналарида ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштиришда инновацион ғоялар» Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами» I қисм. Наманган шах. – 26-27 апрел 2016. – С. 97-100.

30. Маматалиев А.А., Маденов Б.Д., Намазов Ш.С., Алимов У.К., Сейтназаров А.Р. Калийно-аммиачная селитра на основе плава аммиачной селитры и хлорида калия // Материалы I-ой международной конференции «Ресурсосберегающие технологии переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов в фосфорсодержащие удобрения и фосфорные соли». – Ташкент. – 10-11 октября 2016. – С. 48.

31. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Маденов Б.Д., Сейтназаров А.Р. Азоткалийсерусодержащие удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Материалы I-ой международной конференции «Ресурсосберегающие технологии переработки фосфоритов Центральных Кызылкумов в фосфорсодержащие удобрения и фосфорные соли». – Ташкент. – 10-11 октября 2016. – С. 50.

32. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Халилов Ш.М., Беглов Б.М. Сложные НК-удобрения на основе плава аммиачной селитры и хлорида калия // Республиканская научно-техническая конференция «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои. – 15-16 ноября 2016. – С. 322.

33. Маматалиев А.А., Маденов Б.Д., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М. Реологические свойства расплава НК-удобрения на основе смеси аммиачной селитры и хлорида калия // Республиканская конференция молодых ученых «Биоорганическая химия в решении актуальных задач здравоохранения и сельского хозяйства». – Ташкент. – 15-16 ноября 2016. – С. 42.

34. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Каймакова Д.А. Сложные NKS-удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Республиканская конференция молодых ученых «Биоорганическая химия в решении актуальных задач здравоохранения и сельского хозяйства». – Ташкент. – 15-16 ноября 2016. – С. 42-43.

35. Маматалиев А.А. Калийно-аммиачная селитра на основе концентрированного раствора аммиачной селитры и хлорида калия // Республиканская конференция молодых ученых «Высокотехнологические разработки в производстве». – Ташкент. 14 декабря 2016. – С. 16.

36. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Рентгенографические исследования азотнокалийных удобрений // Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари V-Республика илмий-амалий анжумани «материаллари тўплами». – Термиз шах. – 26-28 апрель 2017 й. – С. 85-86.

37. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М. Рентгенографические исследования азотнокалийносерных удобрений // Материалы IX Международной технической конференции: «достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои – 12-14 июня 2017. – С. 335.

38. Mamataliev A.A., Namazov Sh.S., Seytnazarov A.R., Egamberdieva D. A. Nitrogen-potassium and nitrogen-potassiumsulfur containing complex fertilizers on the base of melt ammonium nitrate, potassium chloride and phosphogypsum // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects Navoi. – Uzbekistan. – 26-27 October 2017. – Volume I – PP. 270-275.

39. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Курбанов Ж.Х., Шеркузиев Д.Ш. Получение NS-удобрения на основе плава аммиачной селитры, сульфата аммония и фосфогипса // Сборник материалов международной конференции «Перспективы и интенсивного подхода к инновационному развитию». - Раздел - II. – г. Наманган. – 10-11 июля, 2018 г. – С. 237-238.

40. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Отабоев Х. А., Шеркузиев Д.Ш. Азотносерные удобрения на основе плава нитрата аммония и фосфогипса // Сборник материалов международной конференции «Перспективы и интенсивного подхода к инновационному развитию». - Раздел - II. – г. Наманган. – 10-11 июля, 2018 г. – С. 238-240.

41. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Отабоев Х.А. Сложные азоткалийсерусодержащие удобрения на основе плава аммиачной селитры, хлорида калия и фосфогипса // Республиканская научно-техническая конференция «Современные проблемы и перспективы химии и химико-металлургического производства». – Навои. – 22 ноября 2018. – С. 62-63.

42. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Беглов Б.М. Термические исследования азотно-калийных удобрений // IX Республиканская конференция «Проблемы предмета биоорганической химии». – г. Наманган. – 26-27 апреля 2019 г. – С. 145-146.

43. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Сейтназаров А.Р., Беглов Б.М., Реймов А.М., Маденов Б.Д. Процесс получения калийно-аммиачной селитры // Республиканская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития химии, химической технологии, нефтегазовой и легкой промышленности в Республике Каракалпакстан». - г. Нукус. – 24 мая 2019 г. – С. 132-134.

44. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Раджабов Р., Беглов Б.М. Гранулированные азотно-серные удобрения на основе плава нитрата аммония и сульфата аммония // Сборник трудов I Международного Узбекско-Казахского Симпозиума «Актуальные проблемы развития химической науки и промышленности». - г. Ташкент. – 24-25 октября 2019 г. – С. 99-104.

45. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Раджабов Р., Беглов Б.М. Товарные свойства азотсерусодержащих удобрений // International conference on integrated innovative development of Zarafshan region: Achievements, challenges and prospects. – Navoi, Uzbekistan. – 27-28 November. – 2019. PP. 276-280.

46. Mamataliyev A.A., Sherkuziyev D.Sh., Primkulov B.Sh., Beglov B.M., Namazov Sh.S. Composition and properties of NS –fertilizers // XIV International correspondence scientific specialized conference «International scientific review of the technical sciences, mathematics and computer science». Boston. USA. March 11-12, 2020. PP. 23-31.

47. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Беглов Б.М., Примкулов Б.Ш., Базарбаева М.Р. Гранулированные NS-удобрения на основе плава аммиачной селитры и сульфата аммония // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Наука и инновации в современных условиях Узбекистана» Часть I. г. Нукус, 20 мая 2020 г. С. 87-89.

48. Маматалиев А.А. Азотсерусодержащие удобрения // Аналитик кимё фаниннг долзарб муаммолари VI-Республика илмий-амалий анжумани «материаллари тўплами» Термиз шах. 24-26 апрель 2020 й. – С. 110-112.

49. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Примкулов Б.Ш., Реймов А.М. Азотносерные удобрения на основе плава аммиачной селитры и фосфогипса // Международной научно-технической on-line конференции «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в сфере охраны окружающей среды» Ташкент. – 17-19 сентября, 2020 год – С. 60-61.

50. Маматалиев А.А., Расулов О.Х., 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.

51. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С., Дадаходжаева М.Х. Товарные свойства сульфат-нитрат аммония на основе плава аммиачной селитры и сульфата аммония // “Инновационные подходы к развитию науки и технологии” материалы научно-практической онлайн конференции в сфере Министерство Высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан г. Навои. – 20 ноября 2020 года. – С. 50-52.

52. Маматалиев А.А., Бозоров И.И., Беглов Б.М., Намазов Ш.С. NS-удобрений на основе плава нитрата и сульфата аммония // Денов тадбиркорлик ва педагогика институти илмий – услубий журнали. Денов шах. / 2020 й. – № 1. – Б. 149-155.

53. Маматалиев А.А., Намазов Ш.С. Товарные свойства сульфат-нитрат аммония на основе плава аммиачной селитры и сульфата аммония // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences Vol. 2 (2) 2020. – С. 10-16. DOI: 10.24412/2181-144X-2020-2-10-16.

Автореферат «_____» журнали тахририятида
тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро
мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 72/21.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірограф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.