

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ВА ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ  
ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ Ph.D.29.12.2018.Т.78.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ**

**МИХЛИЕВ ОЙБЕК АВЛОЁРОВИЧ**

**ДОЛОМИТНИ НИТРАТ КИСЛОТАСИ БИЛАН МАГНИЙ  
БИРИКМАЛАРИ ВА СУЮҚ ЎҒИТЛАРГА КОМПЛЕКС ҚАЙТА  
ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

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

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

**Термиз -2019**

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

**Михлиев Ойбек Авлоёрович**

Доломитни нитрат кислотаси билан магний бирикмалари ва суюқ  
ўғитларга комплекс қайта ишлаш технологиясини яратиш.....3

**Михлиев Ойбек Авлоёрович**

Разработка технологии комплексной переработки доломита азотной  
кислотой с получением соединений магния и жидких удобрений.....21

**Mikhliyev Oybek Avloyorovich**

Development of a technology for the integrated processing of dolomite with  
nitric acid to produce magnesium compounds and liquid fertilizers.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works.....42

**ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ВА ТОШКЕНТ КИМЁ -  
ТЕХНОЛОГИЯ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ PhD. 29.12.2018. Т.78.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ**

**МИХЛИЕВ ОЙБЕК АВЛОЁРОВИЧ**

**ДОЛОМИТНИ НИТРАТ КИСЛОТАСИ БИЛАН МАГНИЙ  
БИРИКМАЛАРИ ВА СУЮҚ ЎҒИТЛАРГА КОМПЛЕКС ҚАЙТА  
ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

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

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

**Термиз -2019**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси  
Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2019.4.PhD/T1384  
рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб саҳифасининг ([www.tersu.uz](http://www.tersu.uz)) ҳамда «Ziyonet» ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Илмий раҳбар:</b>       | <b>Мирзақулов Холтура Чориевич</b><br>техника фанлари доктори, профессор  |
| <b>Расмий оппонентлар:</b> | <b>Шукуров Жамшид Султонович</b><br>техника фанлари доктори, катта илмий ходим<br><b>Иралиев Боймирза Холмирзаевич</b><br>техника фанлари номзоди |
| <b>Етакчи ташкилот:</b>    | <b>Наманган муҳандислик-технология институти</b>  |

Диссертация ҳимояси Термиз давлат университети ва Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги PhD.29.12.2018.Т.78.01 рақамли Илмий кенгашнинг «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 йил соат \_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 190111, Термиз шаҳри, Баркамол авлод кўчаси, 43 уй. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail:termizdu@uamail.uz).

Диссертация билан Термиз давлат университетининг Ахборот ресурс марказида ва Тошкент кимё-технология илмий-тадқиқот институтида танишиш мумкин (№\_\_ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 190111, Термиз шаҳри, Баркамол авлод кўчаси, 43 уй.Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail:termizdu@uamail.uz

Диссертация автореферати 2019 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ кунни тарқатилди.  
(2019 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**А.Т.Джалилов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси,  
к.ф.д., проф., академик

**С.З.Ходжамкулов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш котиби, т.ф.н., доц.

**Х.С.Бекназаров**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш қошидаги  
илмий семинар раиси муовини,  
т.ф.д., катта илмий ходим

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Дунёда илм ва нанотехнологияларнинг ривожланиши билан турли хилдаги кимёвий бирикмаларга бўлган талаб ҳам ошиб бормоқда. Бу борада магний бирикмалари, жумладан магний гидроксиди алоҳида ўрин тутди. Шунинг учун ҳам саноатни магний гидроксидга бўлган талабини қондириш бутун дунё олимларининг асосий илмий тадқиқотлар йўналишларидан бири ҳисобланади. Магний гидроксиди нафақат магний оксидини олиш учун хомашё, балки ундан турли хилдаги магний тузларини олиш учун ҳам хомашё ҳисобланади.

Дунё микёсида доломитни магний гидроксиди ва оксидига, айланма эритмаларини азотли ўғитларга қайта ишлашнинг қуйидаги илмий ечимларини асослаш: нитрат кислота эритмаси таркибидан магнийни ажратиб олишнинг самарали усулини ишлаб чиқиш, кислотали муҳитдан магний гидроксидини ажратиб олиш, доломитлардан магний гидроксиди ва оксидини олиш технологиясини ишлаб чиқиш, магний оксидини ажратиб олинганидан кейинги айланма эритмани қайта ишлаш зарур.

Республикамизда таркибда магний сақловчи хомашё манбаларини қайта ишлаш технологияларини ривожланиши билан кимё саноатини магний сақловчи бирикмалари билан таъминлаш тадбирларини амалга ошириш, ҳамда кўплаб илмий-тадқиқот натижаларини амалга оширишга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси 2017-2021 йилларда ривожланиш бўйича Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида ўта муҳим, яъни «маҳаллий хомашёларни чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматга эга тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришга ихтисослашган юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини ривожлантириш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Бу борада, жумладан доломитларни магний гидроксиди ва оксиди, айланма эритмаларини қайта ишлаб суюқ ва донадор азот-кальцийли ўғитлар олиш технологиясини ўзлаштириш алоҳида аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устивор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сонли «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сонли «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

---

1 Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устивор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

**Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий-техник ва патент адабиётларида катта ҳажмдаги илмий материаллар ва таркибида магний гидроксид, магний оксиди ва бошқа бирикмаларни сақловчи хомашё манбалари ва уларни қайта ишлаш усуллари баён қилинган. Табиий хомашё ресурсларини қайта ишлаш билан М.Н. Набиев, М.Е. Позин, В.В. Кармышов, Б.А. Дмитриевский, А.М. Амирова, Ш.С. Намазов, Х.Ч. Мирзакулов, А.М. Реймов, С.М. Таджиев ва бошқа олимлар илмий ишлар олиб боришган.

Табиий минерал ресурсларнинг ҳар бири улкан ва ўзига хос характерга эга бўлиб, таркиби бир-биридан тубдан фарқ қилади. Бу эса минерал хомашёларнинг ҳар бир турига алоҳида илмий ва технологик ёндошишни ҳамда қайта ишлашнинг иқтисодий жиҳатдан ўзини оқлайдиган йўллари топишни талаб этади. Жаҳон амалиётидаги маълум бўлган мавжуд технологиялар Деҳқонобод конларидаги доломитни қайта ишлашга ярамайди, чунки улар таркиби ва асосий компонентнинг миқдори жиҳатдан бошқа минераллардан катта фарқ қилади.

Илмий-техник адабиётларда Ўзбекистоннинг турли доломит конларидаги доломит миқдори бўйича геологик-минералогик маълумотлар мавжуд бўлиб, захираси ва уларни кислотали қайта ишлаш имкониятлари ҳақида баён қилинган. Ўзбекистондаги турли хил доломитларнинг хлорид кислотали ва фосфат кислотали парчаланиш жараёнлари батафсил ўрганилган. Кальций ва магний тузлари асосида турли хилдаги дефолиантлар ҳамда концентранган фосфор сақловчи ўғитлар олиш имкониятлари кўрсатилган бўлсада, лекин доломитларни нитрат кислотаси билан парчалош орқали магний гидроксиди олишнинг илмий ва технологик аспекти мутлақо ўрганилмаган, нордон кислота айланма эритмаларни қайта ишлаш ҳақида маълумотлар йўқ.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий тадқиқот ишлари режаси ва ИД-2-003 «Қараумбет ва Борсакелмас кўллари рапаларидан натрий хлорид, натрий сульфат, магний хлорид ва магний оксид ишлаб чиқаришни тажриба синовларини ўзлаштириш» (2009-2010 йй.) мавзусидаги инновацион лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Деҳқонобод кони доломитини комплекс қайта ишлаб магний гидроксид олиш ва бир вақтнинг ўзида чўкинди айланма эритмаларни қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

Деҳқонобод кони доломитларининг тузлари ва кимёвий таркибини ўрганиш;

доломитни нитрат кислотаси билан парчалош жараёнларининг мақбул технологик параметрларини ўрнатиш;

тиндирилган нитрат кислотали эритмани аммиак билан нейтраллаш

жараёнини магний гидроксидининг чўкиши ва кимёвий таркибига таъсирини тадқиқ қилиш;

айланма эритмаларни қайта ишлаб суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар олиш жараёнларини ўрганиш;

Дехқонобод кони доломитларидан магний гидроксиди олишнинг моддий баланси ва технологик схемасини ишлаб чиқиш, айланма эритмаларни суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитларга қайта ишлаш, техник-иқтисодий ҳисобларни амалга ошириш;

Дехқонобод кони доломитини нитрат кислотаси билан комплекс қайта ишлаб, магний гидроксид ҳамда суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар олиш ишларини тажриба-саноат шароитларида синаб кўриш;

**Тадқиқотнинг объекти** Дехқонобод кони доломити, магний гидроксиди, магний гидроксиди ишлаб чиқаришда ҳосил бўлган айланма эритмалар асосида олинган суюқ ва донодор ўғитлар намуналари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** магний гидроксиди, суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар олиш технологияси ҳисобланади.

**Тадқиқот усуллари.** Мазкур диссертация ишида бир қатор физик-кимёвий усуллардан, жумладан кимёвий, рентгенографик, термогравиметрик ва ИҚ- спектроскопик усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

Дехқонобод кони доломитларининг юқори кўпикланиши ва реактивлиги, бу парчаланиш жараёнининг давомийлиги қисқартирилган ва технологик жараённи такомиллаштирилган;

доломитнинг нитрат кислотасини парчаланиш жараёнида магнийнинг ажралиб чиқиш даражасига, нитрат кислотали ажратилган эритма таркибидаги магнийнинг чўкиш даражасига қараб аммонизация даражасига технологик параметрларнинг таъсир этиши аниқланган;

илк бор Дехқонобод кони доломитини нитрат кислотаси билан комплекс қайта ишлаб магний гидроксиди олиш, бир вақтнинг ўзида айланма эритмаларни утилизация қилиб суюқ ҳолдаги азот-кальцийли, азот-кальций-магнийли, шунингдек донодор азот-кальцийли ўғитлар олиниши исботланган;

шўрланган ерлар учун Дехқонобод кони доломитини комплекс қайта ишлаб магний гидроксид ва айланма эритмалардан суюқ ҳамда донодор азот-кальцийли ўғитлар олиш усуллари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Дехқонобод кони доломитларидан магний гидроксиди ҳамда суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар олиш технологиясининг оптимал шароитлари аниқланган;

доломитни қайта ишлаб магний гидроксид олиш, бир вақтнинг ўзида суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар олишнинг комплекс, илмий асосланган ва самарали технологияси ишлаб чиқилган;

“Дехқонобод калий заводи” АЖда доломитдан магний гидроксиди ҳамда суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар, шунингдек суюқ азот-кальций-магнийли ўғитлар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

### **Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.**

Олинган натижалар кимёвий ва физик-кимёвий усуллардан фойдаланилганлиги ҳамда тажриба-синов натижаларининг ишлаб чиқариш амалиётига мослиги билан тасдиқланган.

### **Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, Дехқонобод кони доломитидан мамлакатимиз иқтисодиётида импорт ўрнини боса оладиган кимёвий маҳсулотлар - магний оксид ва магний гидроксидлари ҳамда суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар олишнинг илмий асослари яратилди. Магний гидроксидини доломитни нитрат кислотаси иштирокида парчалаб олинган эритмасидан газсимон аммиак билан нейтраллаб олишнинг илмий асоси яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти Дехқонобод кони доломитларидан магний гидроксиди ва айланма суюликларини суюқ ва донодор ўғитларга қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш, доломит хомашёсини комплекс қайта ишлаш асосида мамлакат эҳтиёжлари учун магний бирикмалари ҳамда шўрланган тупроқларга самарали бўлган суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар ишлаб чиқаришга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Дехқонобод конларидаги доломитни комплекс қайта ишлаб магний гидроксиди олиш технологияси бўйича олинган илмий натижалар асосида:

доломитни қайта ишлаб магний гидроксид олиш технологияси “Дехқонобод калий заводи” АЖда амалиётга жорий қилинган («O'zkiimyosanoat» АЖнинг 2019 йил 7 октябрдаги 03-6194-сонли маълумотномаси). Натижада доломитларни комплекс қайта ишлаб таркибида магний гидроксид миқдори 98,2% дан кам бўлмаган маҳсулот олиш имконини берган;

Дехқонобод кони доломитини нитрат кислотаси билан комплекс қайта ишлаб, ҳосил бўлган айланма эритмадан суюқ азот-кальцийли, суюқ азот-кальций-магнийли ва донодор азот-кальцийли ўғитлар олиш технологияси “Дехқонобод калий заводи” АЖда амалда тажриба-синовдан ўтказилган ҳамда «O'zkiimyosanoat» АЖнинг «2020-2022 йилларда амалиётга жорий қилиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («O'zkiimyosanoat» АЖнинг 2019 йил 7 октябрдаги 03-6194-сонли маълумотномаси). Натижада қишлоқ хўжалигидаги шўрланган ерларни самарали суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитлар билан таъминлаш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 11 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан, 2 таси Республика ва 2 таси хорижий журналларида нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 118 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ҳамда предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устивор йўналишларига мувофиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация ишининг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Магний гидроксиди ва суюқ азот-кальцийли ўғитлар ишлаб чиқариш соҳасининг ҳозирги ҳолати”** деб номланган биринчи бобда мавжуд адабиётлар шарҳи, доломит хом-ашё ресурсларининг тавсифи, хом-ашё манбаларининг ҳозирги ҳолати ва келажаги ҳақида маълумотлар келтирилган. Магний бирикмалари ва суюқ азот-кальцийли ўғитларнинг олиниш имкониятлари асосланган илмий-техник ва патент адабиётлари, физик-кимёвий системалар тадқиқи амалга оширилган. Магний оксиди, магний гидроксиди ва суюқ азот-кальцийли ўғитлар олишга бағишланган илмий тўпламлар, патент материаллари таҳлил қилинган.

Чоп қилинган ишларни таҳлил қилиш натижаларига асосланиб тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг **“Тадқиқотнинг кимёвий ва физик-кимёвий усуллари”** деб номланган иккинчи бобида доломитларни тадқиқ қилишда қўлланилган усулларнинг баёни, тадқиқотда қўлланилган хом ашёлар ва ярим тайёр маҳсулотларнинг хоссалари, улар асосида олинган намуналарнинг физик-механик хоссаларини ўрганиш усуллари баён этилган.

Диссертациянинг **“Доломитни нитрат кислотали парчалаш жараёни тадқиқоти”** деб номланган учинчи бобида Деҳқонобод кони доломитини нитрат кислота билан парчалашнинг оптимал технологик параметрларини аниқлаш бўйича натижалар келтирилган. Тадқиқ қилиш учун Деҳқонобод доломит конидан икки хил таркибга эга бўлган намуна олинган (масс. %): CaO – 37,55; MgO – 13,57; CO<sub>2</sub> – 44,43; э.қ. – 0,56 ва CaO – 31,55; MgO – 19,02; CO<sub>2</sub> – 43,03; э.қ. – 0,67.

Деҳқонобод кони доломитларининг таркибида углерод оксиди миқдори кўп бўлганлиги сабабли парчаланиш жараёнининг давомийлиги ва кўпик ҳосил бўлиш жараёнида аралаштиргичларнинг айланиш тезлиги таъсири ўрганилди. Тадқиқотлар 25°C ҳароратда, механик аралаштиргич билан жиҳозланган цилиндрсимон шиша реакторда, 40% ли нитрат кислота билан (доломитни нитрат кислотаси билан парчаланиш меъёри 100%) олиб борилди.

Кўпикланиш карралиги кўпик ҳажмини ( $V_k$ ) суюқлик ҳажми ( $V_c$ ) нисбати билан қуйидаги формула орқали топилади:

$$K_n = \frac{V_k}{V_c} = \frac{(V_r + V_c)}{V_c}$$

Бу ерда  $V_r$  – кўпикдаги газнинг ҳажми.

Тадқиқотлар шу нарсани кўрсатадики, Дехқонобод кони доломитларининг парчаланиши жараёни вақтининг ортиши натижасида ҳосил бўладиган кўпикланиш, аралаштиргичнинг айланиш тезлиги 750 айл/мин. бўлганда 30 секунд давомида дастлаб ортади ва кейинги 30 секунд давомида пасаяди. Кўпикланишнинг максимал карралиги 20-35 секунд давомида кўзатилади ва 10,17-10,22 ни ташкил қилади, максимумдан ўтишда 10,62 бўлади.

Аралаштиргичларнинг тезлиги 750 айл/мин. -дан 1000 айл/мин. -гача оширилганда кўпикланиш карралиги тезда камаёди, максимал карралиги эса 15-25 секунддан кейин кўзатилади. Кўпикланишнинг максимал 8,37 карралиги 20 секунддан кейин кўзатилади. Аралаштиргичнинг айланишлар тезлиги ошган сари кўпикланиш карралиги максимал даражада 1,269 мартага камайтиради, вақт эса 10 секунд сарфланади. Бунда кўпикларнинг барқарорлиги 60 секунддан ошмайди. Кўпик ҳосил бўлишини камайтиришнинг нисбатан самарали усулларида бири циркуляция (30-50%) куйқа таркибига доломит киритилади, у нитрат кислотаси таъсирида парчаланadi. Бу эса кўпикланиши карралигини 1,3-2,0 гача камайтиради ва технологик жараённинг мураккаблашмаслигини ва меъёрида ишлашини таъминлайди.

Дехқонобод кони доломитини 100% стехиметрик меъёрда 40, 50 ва 57% ли нитрат кислота билан парчалаш жараёнининг кинетик кўрсаткичларини аниқлаш учун жараён давомийлиги ва ҳароратини таъсири ўрганилган. Олиб борилган тажрибалар ҳароратлари 10, 20, 30, 40 ва 50°C да ушлаб турилди. Доломитнинг парчаланиш даражаси суёқ фазадаги кальций ва магний оксидларининг миқдорлари орқали аниқланди.

Парчаланиш жараёнининг бошланғич босқичи доломитни нитрат кислотаси билан борадиган реакция тезлиги орқали аниқланади, сўнг кислотани доломитга диффузияланиш тезлиги ва нитрат кислотанинг парчаланиш маҳсулотлари каби факторлар аниқланади. Кўриниб турибдики, доломит ўзининг юқори реакция хусусиятга эга эканлиги билан характерланади ва газ фазага углерод диоксиди ажралиши билан, етарли даражада тезлик билан парчаланadi.

Олинган натижалар асосида реакция тезлик константаси ва доломитни нитрат кислотаси билан парчалаш жараёнининг активланиш энергияси ҳисобланган. Парчаланиш реакция тезлик константаси ҳароратга боғлиқ равишда С. Аррениус тенгласига бўйсинади ва қуйидаги эмперик тенглама орқали ифодаланади: нитрат кислота концентрацияси 40% бўлганда  $K = 29,50 \cdot e^{\frac{938,2}{T}}$ ; 50% -  $K = 32,13 \cdot e^{\frac{1025,8}{T}}$  ва 57% -  $K = 33,94 \cdot e^{\frac{1201,3}{T}}$ .

Дехқонобод кони доломитини 40°C ҳарорат ва 30 минут давомида 40% ли нитрат кислота билан парчалаш жараёни тадқиқ этилди. 1-жадвалда Дехқонобод кони доломитини парчалашда нитрат кислота меъёрининг суёқ

фазани кимёвий таркибига таъсири натижалари келтирилган.

**1-жадвал**

**40% ли нитрат кислота меъёрларининг суюқ фаза кимёвий такибига таъсири**

| № | Меъёр, % | Суюқ фазанинг кимёвий такиби, масс. % |      |                                |                                |                              | C:K    |
|---|----------|---------------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|
|   |          | CaO                                   | MgO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |        |
| 1 | 100      | 9,80                                  | 3,59 | 0,021                          | 0,073                          | 33,70                        | 233,55 |
| 2 | 105      | 9,40                                  | 3,44 | 0,021                          | 0,071                          | 33,94                        | 243,56 |
| 3 | 110      | 9,03                                  | 3,31 | 0,020                          | 0,069                          | 34,16                        | 253,56 |
| 4 | 120      | 8,37                                  | 3,07 | 0,019                          | 0,065                          | 34,52                        | 273,57 |
| 5 | 130      | 7,80                                  | 2,86 | 0,018                          | 0,061                          | 34,85                        | 293,58 |
| 6 | 140      | 7,30                                  | 2,68 | 0,017                          | 0,057                          | 35,13                        | 313,59 |
| 7 | 150      | 6,87                                  | 2,52 | 0,018                          | 0,054                          | 35,36                        | 333,60 |

Жадвалдаги маълумотлардан кўришиб турибдики, нитрат кислота меъёрининг ошиши натижасида эритма таркибидаги доломит компонентларининг миқдорлари ҳам камаяди: NO<sub>3</sub><sup>-</sup> миқдори 33,70% дан 35,36% гача ошади, K:C эса 333,60 гача етади. Магний оксидининг максимал 3,59% миқдори 40% ли нитрат кислотасининг 100% меъёрида кузатилади. Бунда кальций оксидининг миқдори 9,80% ни, темир оксиди 0,021% ни, алюминий оксиди эса 0,073% ни ташкил этади.

Қаттиқ фазанинг асосий компонентларини кальций, магний, темир ва алюминий бирикмалари ташкил этади. Магний оксидининг миқдори 1,719-0,181%, кальций оксиди миқдори 38,05-40,80%. Яхши эрувчанликка эга бўлган магний, кальций, темир ва алюминий бирикмалари нитрат кислотасида ёмон эрийди. Технологик жараёнда 40°C ҳароратда, нитрат кислотаси концентрацияси 40% бўлганда, 30 минутлик давомийлиги ва 100% стехиометрик меъёрида парчаланиш жараёнини мақбул шароитига эришилди.

Ушбу параметрларда магний оксидини ажратиш олиш даражаси жуда юқори бўлиб, нитрат кислотаси меъёри 100% дан юқори бўлганда унга боғлиқ бўлмайди ва 99,81-99,98% ни ташкил этади. Кальций оксидини ўтиш даражаси 98,37-98,48, темир оксидлари 38,30-46,60%, алюминий оксидлари 75,00-79,38% бўлиб, бу нитрат кислота эритмаси таркибидан магнийни ажратиш олиш учун 100% стехиометрик меъёр етарлидир.

Дехқонобод доломитини 40% ли нитрат кислота билан парчалашдаги ҳарорат ва жараён давомийлигини суюқ фаза таркибига таъсири 110% ли стехиометрик меъёрда ўрганилган. Олинган тадқиқот кўрсаткичлари 2-жадвалда келтирилган.

Жадвалдан кўришиб турибдики, ҳарорат ва парчаланиш жараёнининг давомийлиги эритмадаги магний оксиди миқдорига таъсир қилмайди. Кальций оксиди миқдори 20°C ҳароратда парчаланиш жараёни давомийлик вақтининг 10 дан 60 минутгача ортиши билан 8,76% дан 9,06% гача, 60°C ҳароратда 8,89% дан 9,14% гача ошади. Ҳарорат ҳам эритмадаги кальций оксиди миқдорига таъсир қилмайди. Темир ва алюминий оксидларининг миқдори эса ҳаддан ташқари кичик.

**Доломитни 110% стехиометрик меъёрда 40% ли нитрат кислотаси билан парчалаш жараёнидаги ҳарорат ва жараён давомийлигининг суюқ фаза таркибига таъсири**

| №  | Ҳарорат, °С | Вақт, мин | Суюқ фазанинг кимёвий таркиби, масс. % |      |                                |                                |                 |        |
|----|-------------|-----------|--|------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------|
|    |             |           | CaO                                    | MgO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub> | C:K    |
| 1  | 20          | 10        | 8,76                                   | 3,31 | 0,011                          | 0,069                          | 34,16           | 253,56 |
| 2  | 20          | 20        | 8,87                                   | 3,31 | 0,014                          | 0,071                          | 34,16           | 252,91 |
| 3  | 20          | 30        | 8,96                                   | 3,31 | 0,017                          | 0,075                          | 34,16           | 252,42 |
| 4  | 20          | 40        | 9,02                                   | 3,31 | 0,021                          | 0,081                          | 34,16           | 252,04 |
| 5  | 20          | 60        | 9,07                                   | 3,31 | 0,028                          | 0,092                          | 34,16           | 251,66 |
| 6  | 40          | 10        | 8,86                                   | 3,31 | 0,016                          | 0,073                          | 34,16           | 252,96 |
| 7  | 40          | 20        | 8,95                                   | 3,31 | 0,018                          | 0,074                          | 34,16           | 252,47 |
| 8  | 40          | 30        | 9,03                                   | 3,31 | 0,021                          | 0,07                           | 34,16           | 252,04 |
| 9  | 40          | 40        | 9,09                                   | 3,31 | 0,024                          | 0,073                          | 34,16           | 251,66 |
| 10 | 40          | 60        | 9,13                                   | 3,32 | 0,030                          | 0,082                          | 34,16           | 251,33 |
| 11 | 60          | 10        | 8,90                                   | 3,31 | 0,016                          | 0,065                          | 34,16           | 252,80 |
| 12 | 60          | 20        | 9,03                                   | 3,31 | 0,018                          | 0,065                          | 34,16           | 252,09 |
| 13 | 60          | 30        | 9,09                                   | 3,31 | 0,021                          | 0,069                          | 34,16           | 251,71 |
| 14 | 60          | 40        | 9,12                                   | 3,32 | 0,024                          | 0,074                          | 34,16           | 251,44 |
| 15 | 60          | 60        | 9,14                                   | 3,32 | 0,030                          | 0,082                          | 34,16           | 251,28 |

Парчаланиш жараёни давомийлигининг ортиши қаттиқ фазадаги магний оксиди миқдорини камайишига олиб келади, парчаланиш жараёни давомийлиги 10 минут 1,51 дан 1,92% гача, 60 минут бўлганда эса 0,72 - 0,92% гача камаяди. Бундай қонуният нитрат кислота эритмасидан кальций, темир ва алюминий оксидларини ажратишда кузатилади.

Жараён давомийлиги ва ҳарорат магнийни ажратиб олиш даражасига амалий жиҳатдан салбий таъсир этмайди. Жараён давомийлиги кальцийни ажратиш даражасига эса жуда кам таъсир этади. 20°С ҳароратда жараён давомийлигини 10 дан 60 минутгача ошириш ажратиш даражасини 3,28% гача оширади, 40°С ҳароратда 2,94% гача, 60°С ҳароратда эса 2,64% гача оширади. Жараён давомийлигининг сезиларли даражадаги таъсири эритма таркибидан темир ва алюминий бирикмаларини ажратиб олишда кузатиш мумкин.

Доломитни стехиометрик меъёр 110%, жараён давомийлигини 30 минут бўлганда 40% ли нитрат кислотаси билан парчалаш ҳароратини 20 дан 60°С гача ўзгариши суюқ фазанинг кимёвий таркибига таъсир қилмайди. Парчаланиш ҳароратининг қанча бўлишидан қатъий назар магний оксид миқдори 3,31% ни ташкил қилади.

Қаттиқ фазанинг кимёвий таркиби ҳарорат ўзгариши билан 40% ли нитрат кислотаси билан парчалашда стехиометрик меъёри 110% ва жараён давомийлигини 30 минут бўлганда асосий компонентлар миқдорини камайишига олиб келади. Магний, темир, алюминий оксидларининг миқдори мос равишда 0,226%, 1,09% ва 0,80% га камаяди, унда кальций оксиди миқдори эса 45,72% дан 25,50% гача камаяди.

Суюқ ва қаттиқ фазаларнинг ажралиш босқичи фосфоритларни ва бошқа кальций сақловчи минералларни нитрат кислотаси билан парчалашда лимитловчи брқичи ҳисобланади. Шунинг учун тадқиқотларнинг навбатдаги босқичларида доломитларни нитрат кислотаси билан парчалаш натижасида олинган маҳсулотларни ажратиш жараёнлари тиндириш, чўктириш ва фильтрлаш йўли билан ўрганилган.

Тадқиқотларда доломитлар таркибидаги парчаланмай қолган йирик эримас қисм бўлакчалари тезда чўкиб қолиши ва 3 минутдан сўнг чўкиш даражаси 100% га етганлиги аниқланди. 100 секунд давомида чўкиш даражаси 98% га етади.

40% ли нитрат кислотаси билан доломитни парчалашда ҳосил бўлган суспензиянинг майда заррачалари доломитнинг йирик заррачаларидан фарқ қилган ҳолда жуда секинлик билан чўкади ва 120 минутдан кейин тиниш даражаси 86,83% гача етади.

Суюқ ва қаттиқ фазаларни бир-биридан ажралиш жараёнини тезлаштириш учун ҳарорат ва 40% ли нитрат кислотасини доломитни парчаланиш маҳсулотларини фильтрлаш тезлигига таъсири ўрганилди (3-жадвал).

### 3-жадвал

#### Парчалашдан кейинги фильтрлаш тезлигига технологик параметрларни таъсири (сув насоси, вакуум 300 мм. сим. уст.)

| №          | Меъёр<br>HNO <sub>3</sub> | Ҳарорат,<br>°C | Фильтрлаш тезлиги, кг/м <sup>2</sup> ·с |                       |                    |
|------------|---------------------------|----------------|---|-----------------------|--------------------|
|            |                           |                | Қуйқа<br>бўйича                         | Қаттиқ фаза<br>бўйича | Фильтрат<br>бўйича |
| R = 0 мм   |                           |                |   |                       |                    |
| 1          | 100                       | 20             | 770,75                                  | 3,79                  | 766,96             |
|            |                           | 40             | 1107,88                                 | 5,44                  | 1102,44            |
|            |                           | 60             | 1190,79                                 | 5,85                  | 1184,94            |
| 2          | 105                       | 20             | 801,73                                  | 3,78                  | 797,95             |
|            |                           | 40             | 1152,42                                 | 5,43                  | 1146,99            |
|            |                           | 60             | 1238,65                                 | 5,83                  | 1232,82            |
| 3          | 110                       | 20             | 820,42                                  | 3,73                  | 816,69             |
|            |                           | 40             | 1179,30                                 | 5,36                  | 1173,94            |
|            |                           | 60             | 1267,52                                 | 5,77                  | 1261,75            |
| R = 0,1 мм |                           |                |   |                       |                    |
| 4          | 100                       | 20             | 184,42                                  | 0,91                  | 183,51             |
|            |                           | 40             | 300,56                                  | 1,48                  | 299,08             |
|            |                           | 60             | 349,57                                  | 1,72                  | 347,85             |
| 5          | 105                       | 20             | 191,84                                  | 0,90                  | 190,94             |
|            |                           | 40             | 312,64                                  | 1,47                  | 311,17             |
|            |                           | 60             | 363,63                                  | 1,71                  | 361,92             |
| 6          | 110                       | 20             | 191,82                                  | 0,87                  | 190,95             |
|            |                           | 40             | 319,93                                  | 1,46                  | 318,47             |
|            |                           | 60             | 372,10                                  | 1,69                  | 370,41             |

Қуйқанинг ҳарорати 20 дан 60°C гача оширилганда қуйқани фильтрлаш тезлиги, фильтрат ва нам ҳолдаги қаттиқ фазанинг миқдори ошади. Бунда

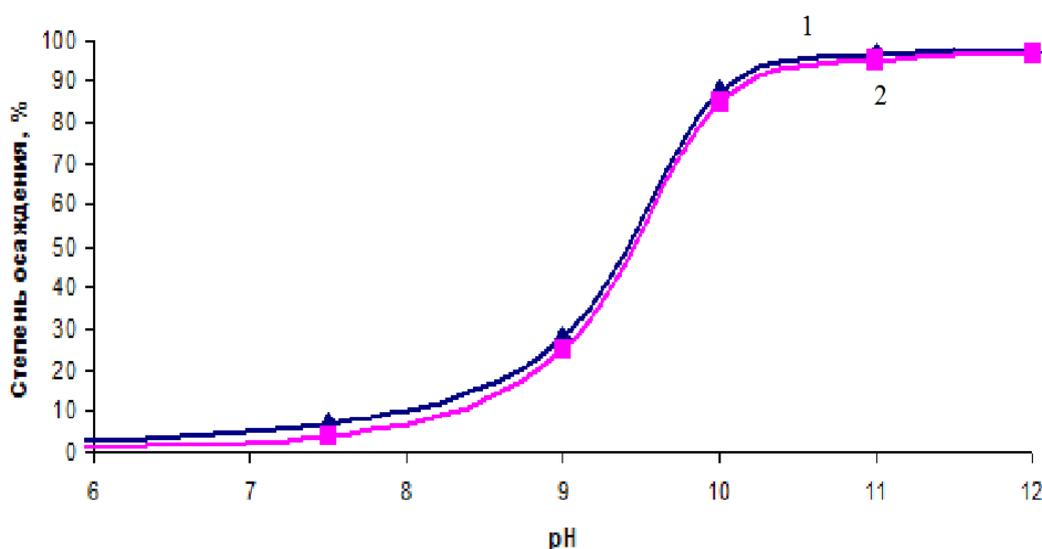
қуйқа бўйича филтрлаш тезлиги 20°C ҳароратда 770,75 кг/м<sup>2</sup>·с дан 60°C ҳароратда 1190,79 кг/м<sup>2</sup>·с гача ошади.

Нитрат кислотаси меъерининг 100% дан 110% гача ошиши филтрлаш тезлигини кам миқдорда оширади. Шундай қилиб, 60°C ҳароратда суюқ фаза бўйича филтрлаш тезлиги стехиометрик меъёр 105% бўлганда 1184,94 кг/м<sup>2</sup> с дан меъёр 110% бўлганда эса 1261,75 кг/м<sup>2</sup>·с гача ошади.

Эримайдиган чўкмалардан ҳосил бўлган 0,1 мм қалинликдаги қатламлар қуйқа, филтрат ва нам ҳолдаги қаттиқ фаза бўйича филтрлаш тезлигини кескин пасайтириб юборади. Доломитни парчалашда нитрат кислотали қуйқани филтрлаш жараёнининг оптимал технологик параметрлари: 100-110% нитрат кислота меъёри, жараённинг ҳарорати эса 40-60°C.

Тўртинчи бобнинг «Магний гидроксид олиш ва айланма эритмаларни қайта ишлаш жараёни тадқиқоти» қисмида доломитни парчалашда ҳосил бўлган тиндирилган нитрат кислотали эритмаларни аммиак билан нейтраллаш, магний гидроксидини ажратиб олиш ҳамда айланма эритмаларни суюқ ва донодор азот-кальцийли ўғитларга қайта ишлаш бўйича олинган илмий тадқиқот натижалари келтирилган.

Гидроксид кўринишидаги магний гидроксидини чўктириш учун рН-ни кальций ва магний нитратлари эритмаларининг кимёвий таркибига таъсири ҳамда магний гидроксидининг чўкиш даражаси ўрганилган. Олинган натижалар 1-расмда келтирилган.



**1-расм. Магнийни чўкиш даражасига рН ни таъсири:**

1 - нитрат кислота меъёри 100, 2 - 110%.

Расмдан кўриниб турибдики, эритмани рН кўрсаткич 7,5-8 гача нейтраллаганда магнийсизлантириш даражаси 3-7% дан ошмайди. Эритмани янада нейтраллаб рН кўрсаткичи 10 га етганда 85-87,5%, рН 10,5-11,0 га етганда эса 96,52-97,22% магний гидроксиди чўкмага тушади.

Магний гидроксидини чўкмадан филтрлаш йўли билан ажратиб олиш бўйича кўпгина илмий тадқиқот ишлари олиб борилган. Шу билан боғлиқ равишда тиндирилган нитрат кислотали эритмани аммиак билан нейтраллаш

вақтида унинг ҳарорати ошади, жараёнга таъсир этадиган икки хил параметр: куйқанинг ҳарорати ва нитрат кислота меъёрлари эритманинг филтрланиш тезлиги ҳамда куруқ қолдиқга таъсир қилиши ўрганилди. Нитрат кислотаси меъёрини ошириш билан эритма ва куруқ қолдиқ - магний гидроксиди бўйича филтрлаш тезлиги ҳам ошади ҳамда нитрат кислота меъёри 100% бўлганда унинг қиймати 890,21 ва 181,80 кг/м<sup>2</sup>·с га тенг бўлади. Куйқанинг ҳарорати ошиши билан филтрлаш тезлиги ҳам ортади, бу эса куйқанинг қовушқоқлигини пасайиши билан тушунтирилади.

Шундай қилиб, филтрлаш тезлиги нуқтаи назаридан ажратиш жараёни нисбатан юқори ҳароратда олиб бориш керак бўлади. Оптимал ҳарорат эса 50-60°C ни ташкил этади. Куйқанинг юқори қовушқоқлиги сабабли магний гидроксидини тиндириш йўли билан ажратиш олиш жараёни ўрганилмаган.

Фазаларни ажратишда центрифугалаш жараёнининг юқори даражада жадаллиги туфайли центрифугалаш вақтини куйқанинг С:Қ нисбатларга таъсири ўрганилган. Центрифугалаш орқали фазаларни бир-биридан ажратиш жараёни етарли даражада тез боради. Нисбатан жадал центрифугалаш жараёни биринчи 6 минутда содир бўлади. Шунинг учун 6 минутдан кейинги куйқа миқдори 91,86% ни, 10 минутдан кейин 95,66% ва 15 минутдан кейин эса 97,15% ни ташкил этади.

Шундай қилиб, олиб борилган тадқиқотлар шу нарсани кўрсатдики, филтрлаш ва центрифугалаш жараёнлари магний гидроксиди чўкмаларини ажратиш олишнинг энг мақбул усуллари билан бири ҳисобланади. Оптимал технологик параметрларда олинган магний гидроксидининг оғирлиги ўзгармай қолгунча 100-110°C ҳароратда қуритилди ҳамда унинг рентгенограмма ва термограмма усулида таҳлили қилинди.

Магний гидроксидини куйдириш ҳароратини аниқлаб олиш учун унинг дериватограммаси олинди. Чунки магний гидроксидини олиш учун уни 410°C дан кам бўлмаган ҳароратда куйдириш талаб этилади. Жараённинг бошланиши 315,3°C, тугаши 410°C, намни максимал даражада йўқотилиши минутига 3% ни ташкил этади. Белгиланган парчаланиш тезлигида 30,875% намликни йўқотиш учун 11 минутдан кам бўлмаган вақт сарфланди.

Рентгенограммада магний гидроксид учун характерли бўлган 2,36919, 4,79496, 1,57409, 1,79675, 1,49502Å дифракцион максимумлар кўзатилди.

Магний гидроксидини олиш олиш бўйича қилинган тадқиқотлар 400-800°C ҳароратда ва жараённинг давомийлиги 15 минутдан 180 минутгача бўлган вақтни ташкил этди. Куйдиришни 1 соат давомида 400°C дан 800°C гача бўлган ҳарорат оралиғида магний оксиди миқдори 56,62% гача, магний гидроксид миқдори эса 800°C ҳароратда 93,10% гача ошиши кўзатилди. 500°C ҳароратда куйдириш жараёни вақтини ошириш магний оксиди миқдорини 1 соат давомида 82,86% гача ва 3 соат давомида эса 84,60% гача оширади. Магний оксиди олишнинг оптимал шароити куйдириш вақти 2 соатдан кам бўлмаган ва 700-800°C ҳарорат ҳисобланади.

Нитрат кислотаси билан доломит хомашёсини парчалаш бўйича олинган натижалар эримайдиган чўкмаларни ажратиш, тиндирилган эритмани газсимон аммиак билан нейтраллаб рН ни 10,5-11 гача келтириш, чўктириш ва

чўкмаларни ажратиб олиш бўйича олинган илмий тадқиқотлар Деҳқонобод кони доломитидан магний гидроксид олиш технологиясини ишлаб чиқиш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Магний гидроксидини олиш технологияси қуйидаги босқичларни ўз ичига олади:

- доломитни нитрат кислотаси билан парчалаш;
- эрмайдиган чўкмаларни филтрлаб ажратиб олиш;
- тиндирилган эритмани газ ҳолатдаги аммиак билан нейтраллаш;
- магний гидроксидини ажратиш, ювиш ва қуритиш.

«Деҳқонобод калий заводи» АЖнинг ишлаб чиқариш шароитини такрорлайдиган модель қурилмада Деҳқонобод кони доломитидан магний гидроксидини олиш технологияси апробациядан ўтказилди. Бунда магний гидроксиди олиш учун таркибида 19,02% магний оксиди бўлган доломитдан фойдаланилди. Синов ускунасида 1,70 кг миқдорда магний гидроксиднинг тажриба намунаси олинди.

Магний гидроксид ажратиб олингандан кейин таркибида аммоний ва кальций нитратлари ҳамда 0,50% гача магний оксиди ҳисобида магний нитрати бўлган айланма эритма ҳосил бўлади. Бу эритмалар таркибида 13,59-15,40% умумий азот бўлиб, уларни ҳам суюқ азот-кальцийли ўғит сифатида ишлатиш мумкин.

4-жадвалда рН 10,5-11 бўлган ва 40% нитрат кислота меъёрига боғлиқ бўлган суюқ фазанинг магний гидроксид ажратиб олингандан кейинги кимёвий таркиби ҳақидаги маълумотлари келтирилган.

#### 4-жадвал

#### Нитрат кислотаси стехиометрик меъёрини магний гидроксид ажратиб олингандан кейинги рН 10,5-11 гача аммонийланган суюқ фазанинг кимёвий таркибига таъсири

| Меъёр, %<br>нис. | Суюқ фазанинг кимёвий таркиби, масс. % |      |                                |                  |                  |                 |
|------------------|--|------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|                  | CaO                                    | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | N <sub>NH3</sub> | N <sub>NO3</sub> | N <sub>ум</sub> |
| 100              | 7,49                                   | 0,00 | 0,080                          | 8,14             | 7,26             | 15,40           |
| 105              | 7,19                                   | 0,00 | 0,079                          | 8,03             | 7,24             | 15,27           |
| 110              | 6,87                                   | 0,00 | 0,079                          | 7,91             | 7,19             | 15,10           |
| 115              | 6,53                                   | 0,05 | 0,079                          | 7,76             | 7,11             | 14,87           |
| 120              | 6,21                                   | 0,24 | 0,076                          | 7,66             | 7,05             | 14,71           |
| 125              | 5,88                                   | 0,37 | 0,073                          | 7,54             | 6,96             | 14,50           |
| 130              | 5,58                                   | 0,45 | 0,069                          | 7,42             | 6,88             | 14,30           |
| 135              | 5,36                                   | 0,50 | 0,065                          | 7,32             | 6,83             | 14,16           |
| 140              | 5,15                                   | 0,50 | 0,062                          | 7,22             | 6,78             | 14,00           |
| 145              | 4,95                                   | 0,48 | 0,059                          | 7,12             | 6,72             | 13,84           |
| 150              | 4,70                                   | 0,43 | 0,056                          | 6,99             | 6,60             | 13,59           |

Жадвалдан кўриниб турганидек, доломитни парчалаш учун нитрат кислотанинг стехиометрик меъёри ошиши билан магний оксидидан ташқари барча компонентларнинг миқдори камаяди. Кальций оксиди миқдори нитрат кислота меъёри 100% дан 110% га ошганда 7,49% дан 6,87% гача пасаяди, стехиометрик меъёр 150% бўлганда эса 4,7% гача пасаяди. Ушбу параметрлар

бўйича алюминий миқдори ушбу стехиометрик меъёрга мос равишда 0,080% дан 0,079% гача ва 0,056% гача пасайиши кузатилади. Нитрат кислотаси стехиометрик меъёри 100% дан 150% гача ошганда нитрат шаклидаги азот миқдори 7,26 ва 6,60% ни, аммонийли азот миқдори 8,14 ва 6,99% ни, умумий азот миқдори эса 13,59% ва 15,40% ни ташкил этади.

Нитрат кислота меъёри 100-110% бўлган суюқ фазада магний бўлмайди. Кислота меъёри 115% дан 130% гача оширилса магний оксид миқдори ҳам 0,05% дан 0,45% гача ошади ва кейинчалик тахминан бир хил 0,48-0,50% даражага келиб қолади. Бу эритмада аммоний нитрат миқдорининг ортиши билан магний гидроксиди эрувчанлигининг нисбатан ошишига олиб келади.

Магний гидроксид олишда ҳосил бўлган айланма эритмалар таркибида азот миқдори камлиги транспорт харажатларини ошишига олиб келиши сабабли, уларни тўғридан-тўғри суюқ азот-кальцийли ўғитлар сифатида қўллаш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас. Ўғитлар таркибидаги азот миқдорини ошириш мақсадида аммоний нитрат кўшиб суюқ  $\text{NCaMg}$ -ўғитлар олиш бўйича илмий тадқиқот тажрибалари олиб борилди. Киритилаётган аммиакли селитра миқдорининг оширилиши билан кальций, магний нитратларининг миқдори маълум қонуният бўйича камайди ва аммиакли селитра миқдори ортади.

Шундай қилиб, нитрат кислотали ажратилган эритмаларни чуқур нейтралламаган ҳолда ( $\text{pH} = 7,5-8,0$ ) ва аммоний нитрат киритиш йўли билан таркибида 18,61% гача N, миқдори 4,17% дан кам бўлмаган  $\text{CaO}$  ва  $\text{MgO}$  1,34% дан кам бўлмаган суюқ азот-кальций-магнийли ўғитлар олиш мумкин.

Қишлоқ хўжалик экинларини шўрга чидамлилигини оширишнинг энг самарали усули таркибида кальций нитрат бўлган минерал ўғитларни қўллашдир. Ўзбекистон қишлоқ хўжалигида донодор кальций нитрат асосидаги ўғитларга бўлган талаб 300 минг тоннадан ошади. Ҳозирги вақтда бундай катта талаб бўлишига қарамай донодор кальций нитрат асосидаги ўғитлар республикамизда ишлаб чиқарилмайди.

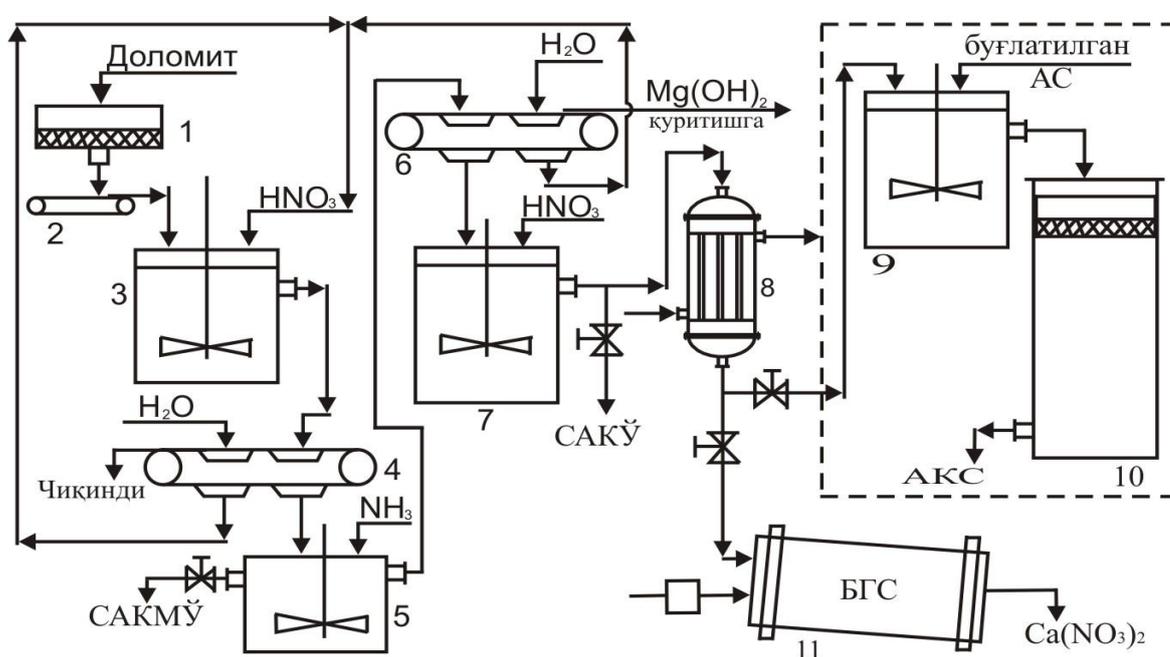
Шунинг учун ҳам кейинги олиб борилган тадқиқотлар аммиакли селитрага кўшимча сифатида қўшиладиган ва кўплаб миқдорда ишлаб чиқариладиган эритмалардан фойдаланишга йўналтирилган. Доломитни нитрат кислотаси билан парчалаш орқали олинган аммонийлаштирилган азот-кальцийли ва азот-кальций-магнийли эритмаларни аммиакли селитра таркибига киритиш йўли билан аммиак-кальцийли селитра олиш мумкин. Аммиакли селитрага кўшимча сифатида доломитни стехиометрик меъёردа парчалаб ва тиндирилиб олинган, ҳамда  $\text{pH}=8$  гача нейтралланган, таркибида 12,32% магний нитрати, 18,33% кальций нитрати ва 14,22% аммоний нитрати бўлган эритмалар қўлланилди. Магний гидроксиди ажратилгандан сунг олинган, таркибида магний нитрат миқдори 0,63%, кальций нитрат 17,84% ва аммоний нитрат 26,67%,  $\text{pH}=11$  ни ташкил этган эритмалар ҳам ишлатилди.

Аммиак-кальцийли селитра таркибини аниқлаб олиш учун аммиакли селитра эритмаси ва доломитни парчаланиш маҳсулотларини аралаштириб АКС намуналари олинган.  $\text{pH}=8$  бўлган эритма аммиакли селитра:кўшимча 1:0,2 дан 1:1 гача бўлган нисбатларда киритилди. Бунинг натижасида умумий

азот миқдори 34,0% дан 31,32% гача камайди, нитратли азот миқдори 17,50-17,55%, аммонийли азот миқдори 16,50-13,78%, кальций оксиди миқдори 1,15-4,32% гача ўзгаради. Таркибида магний сақловчи қўшимчалар киритилганда магний оксиди миқдори 0,62-3,31% ни ташкил этди.

pH=11 бўлган эритмалар таркибига 1:0,2 дан 1:1 нисбатларда қўшимчалар киритилганда нитратили азот миқдори 17,51% дан 17,44% гача камаяди, аммонийли азоти миқдори 16,93% дан 15,26% гача камаяди, умумий азот 34,44% дан 32,70% гача камаяди, кальций оксиди миқдори эса 1,12% дан 4,20% гача ошади.

2-расмда доломитдан магний гидроксиди, суяқ азот-кальций-магнийли (САКМЎ) ва азот кальцийли ўғитлар (САКЎ), ҳамда донодор кальций нитрати ва аммиак-кальцийли селитраси (АКС) олишнинг принципиал универсал технологик схемаси келтирилган.



**2-расм. Доломитни қайта ишлашнинг универсал принципиал технологик схемаси:** 1 - бункер, 2 - дозатор, 3, 5 ва 7 - реакторлар, 4, 6 - фильтрлар, 8 - буғлатиш аппарати, 9 - аралаштиргич, 10 - гранминора, 11 - БДҚ.

Олиб борилган тадқиқотлар pH 7-8 да доломитни парчаланишида ҳосил бўлган аммонийлаштирилган эритмалардан донодор кальций нитрати олиш имкониятларини берди.

Донодор азот-кальцийли ўғитлар олиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар қуввати соатига 50 кг бўлган тажриба қурилмасида бажарилди. Кальций нитрат эритмаси сифатида аммонийлаштирилган эритманинг pH кўрсаткичи 7-8 га тенг бўлган доломитни парчаланиш маҳсулотларидан фойдаланилди.

Тажриба қурилмасида эритманинг намлиги 15-18% бўлгунча буғлатилди, буғлатилган маҳсулотга умумий массанинг 5-7% миқдорида доломит қўшилади ёки аммиак билан нейтраллаб олинади, маҳсулот

аралаштирилгандан сўнг БДҚ аппаратининг форсункасига берилди. Тажриба курилмаси - БДҚ аппаратида азот-кальцийли ўғитларини донадорлаш жараёнининг барча технологик параметрлари аниқланди. Доноворлаш жараёни боришида энг асосий параметрлар - ёқилғи газларининг ҳарорати БДҚ аппаратида киришда 400°Сдан юқори бўлмаслиги ва донадорланган ўғит қатламида ҳарорат 115°Сдан юқори бўлмаслиги керак.

Лабораторияда бажарилган тадқиқотлар ва тажриба – синов ишлари магний гидроксид ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган айланма эритмалар асосида донадорланган азот-кальцийли ўғитларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш имконини берди. Доноворланган азот-кальцийли ўғитлар ишлаб чиқариш технологик жараёни қуйидагилардан иборат:

- доломитни нитрат кислота билан парчалаш;
- эримайдиган қисмларни ажратиб олиш;
- тиндирилган эритмани газ ҳолатдаги аммиак билан нейтраллаш;
- эритмани буғлатиш;
- конденцион қўшимчалар киритиш;
- маҳсулотни донадорлаш ва қуритиш;
- тайёр маҳсулотни совутиш, классификациялаш ва қадоқлаш.

Ишлаб чиқариш жараёнини ўзлаштиришда аммофос ишлаб чиқариш курилмаларидан ҳам фойдаланиш мумкин.

«Дехқонобод калий заводи» АЖда Дехқонобод кони доломитини магний гидрооксидига комплекс қайта ишлаб суюқ ва донадор азот-кальцийли ўғитларини магний гидроксидини ажратилган ва ажратмасдан олиш технологияси тажриба шароитида синовдан ўтказилган.

Олиб борилган техник-иқтисодий ҳисоблар Дехқонобод кони доломитини комплекс қайта ишлаб магний гидроксид ва суюқ азот-кальцийли ўғитлар ишлаб чиқариш юқори иқтисодий самара беришидан далолат беради. Доломитни комплекс қайта ишлаб йилига 10 минг тонна магний гидроксиди ва суюқ азот-кальцийли ўғитлар (172 минг тонна суюқ ўғит) олинганда умумий иқтисодий самадорлик 39,78 млрд. сўмни ташкил этади. Бунда магний гидроксидининг улгуржи нархи бир тонна учун 100 АҚШ долларини ташкил қилади.

## **ХУЛОСА**

1. Доломитни нитрат кислотаси билан парчалаш жараёнлари ўрганилиб, жараённинг оптимал технологик параметрлари аниқланди: нитрат кислота концентрацияси 40%, стехиометрик меъёри 100% дан кам эмас, ҳарорат 40°С, жараён давомийлиги 30 минутдан кам эмас. Бунда магнийни эритмага ўтиш даражаси 99,81-99,98% ни ташкил этади.

2. Технологик параметрларга нитрат кислота концентрацияси 40% ва меъёр 110% бўлган шароитда қаттиқ фаза таркиби ва эритмага доломит компонентларини ажралиш даражасига таъсири ўрганилди. Натижада, ҳарорат 20-60°С ва парчаланиш жараёни давомийлиги 10-60 минут бўлиши кальций ва магнийни ажралиб чиқишига сезиларли таъсир қилмаслиги билан изоҳланади.

3. Эримас қисмларни тиндириш йўли билан ажратиш бўйича тадқиқотлар доломитнинг йирик заррачалари етарли даражада тез чўкиши ва 3 минутдан кейин чўкиш даражаси 100% га етиши аниқланди. Суспензияни тиниш даражаси жуда секинлик билан боради ва 120 минутдан кейин 83-86% ни ташкил этади. Филтрлаш тезлиги куйқа, нам чўкма ва филтрат бўйича ҳароратнинг 20°C дан 60°C гача ошиши билан 770,75 кг/м<sup>2</sup>·с дан 1190,79 кг/м<sup>2</sup>·с гача ошади.

4. Газсимон аммиак билан рН муҳити 8 гача етказилганда магнийсизлантириш даражаси 7,03% ни ташкил этишини кўрсатди. рН муҳити 10 гача ошганда 85% магний чўкади ва рН 10,5-11 бўлганда эса амалда 100% тўлиқ чўкади. Доломитни нитрат кислотали парчалаш эритмаларидан магний гидроксидини ажратиш жараёнлари билан изоҳланади.

5. Аммонийлаштириш даражасининг суяқ фаза таркибига магний гидроксидини ажратгунча ва ажратилгандан кейинги таркибига ҳамда ҳосил бўлган суяқ азот-кальцийли ва азот-кальций-магнийли ўғитларни қўллаш учун мос кўрсаткичлари сифатига таъсири ўрганилган. рН 7-8 бўлган ўғит таркибида (оғир.%): N – 15,4; CaO – 9,53; MgO – 3,35 ва рН 10,5-11 бўлганда магний гидроксид ажратиб олингандан кейин (масс. %): N – 20,5% 4; CaO – 9,32; MgO – 0,13 ни ташкил этди.

6. Айланма эритмаларни қайта ишлаб турли хилдаги суяқ ва донадор ўғит кўринишида магний гидроксид олиш усуллари ишлаб чиқилган. 20-50% миқдорда аммиакли селитрани киритиб, суяқ ўғитлар таркибидаги азот миқдорини 10,41 дан 18,61% гача ошириш ва таркибида N – 16,09-18,61%; CaO – 4,17-4,81%; MgO – 1,34-1,55% бўлган ўғит олиш мумкин.

7. Суяқ аммиакли селитра ва айланма эритма асосида аммиак-кальцийли селитра олиш билан айланма эритмани қайта ишлаш усуллари ишлаб чиқилган. рН-8 бўлган айланма эритмаларга аммиакли селитра 1:1 нисбатда киритилганда умумий азот миқдори 34,00% дан 31,32% гача камаяди. Умумий азот миқдори 27% бўлган аммиак-кальцийли селитра олиш учун аммиакли селитра:кальций нитрат 2:1 нисбатни олиш керак. Аммиакли селитрага нисбатан аммиакли-кальцийли селитранинг ёнғин, портлаш хавфлилиги ва товар хоссалари яхшиланади.

8. Дехқонобод кони доломитини нитрат кислота билан парчалаш орқали магний гидроксид олиш технологик схемаси, материаллар оқими схемаси ва моддий баланслари ишлаб чиқилди. Айланма эритмалар ва доломитни парчаланиш маҳсулотларини қайта ишлаб, суяқ ва донадор азот-кальцийли, азот-кальций-магнийли ўғитлар, аммиак-кальцийли селитралар олинади.

9. Доломитдан магний гидроксиди ва суяқ азот-кальцийли ўғитлар олишнинг тажриба-саноат ускунаси учун вақтинчалик технологик регламенти ишлаб чиқилди. Техник-иктисодий асослар доломитни магний гидроксиди ҳамда суяқ ва донадор азот-кальцийли ва азот-кальций-магнийли ўғитларга комплекс қайта ишлашнинг юқори самарадорлигини номоён қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.29.12.2018.Т.78.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ И ТАШКЕНТСКОМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВА-  
ТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

---

**КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**МИХЛИЕВ ОЙБЕК АВЛОЁРОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ  
ДОЛОМИТА АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ С ПОЛУЧЕНИЕМ  
СОЕДИНЕНИЙ МАГНИЯ И ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ**

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

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

**Термез – 2019**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2019.4.PhD/T1384 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.**

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно-экономическом институте. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице по адресу [www.tersu.uz](http://www.tersu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Научный руководитель:** **Мирзакулов Холтура Чориевич**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Шукуров Жамшид Султонович**  
доктор технических наук

**Иралиев Боймирза Холмирзаевич**  
кандидат технических наук

**Ведущая организация:** **Наманганский инженерно-технологический институт**

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г. в «\_\_\_» часов на заседании научного совета PhD.29.12.2018 Т.78.01. при Термезском государственном университете и Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел. (+998 76) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17 e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Термезского государственного университета и Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии (зарегистрирована за № \_\_\_). Адрес: Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+998 76) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17 e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz).

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года.

(реестр протокола рассылки №\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года).

**А.Т. Джалилов**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученой степени,  
д.х.н., профессор, академик

**С.З. Ходжамкулов**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученой степени, к.т.н., доц.

**Х.С. Бекназаров**  
Зам. председателя научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученой степени, д.т.н.,  
старший научный сотрудник

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире с развитием наукоемких и нанотехнологий растет потребность в различных химических соединениях. В этом отношении соединения магния, в частности, гидроксид магния занимает особое положение. В связи с этим обеспечение промышленности в гидроксиде магния является основным направлением исследований ученых всего мира. Гидроксид магния является сырьем не только для получения оксида магния, но и является продукцией, которую можно перерабатывать на различные соли магния.

В мировом масштабе необходимо обосновать следующие научные решения в области переработки доломитов на гидроксид и оксид магния, маточных растворов на азотные удобрения: разработка эффективного метода извлечения магния в азотнокислотные растворы, отделение гидроксида магния из кислотной вытяжки, разработка технологии получения гидроксида и оксида магния из доломитов, утилизации маточных растворов после отделения гидроксида магния.

В Республике достигнуты высокие результаты научных исследований по развитию технологии переработки магнийсодержащих сырьевых источников и обеспечению промышленности магнией содержащими соединениями. 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»<sup>1</sup>. В связи с этим разработка технологии получения и переработки доломита на гидроксид и оксид магния, маточных растворов на жидкие и гранулированные азотно-кальциевые удобрения 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 пяти приоритетным направлениям Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», Постановлений Президента Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по усиленному развитию химической промышленности в Республике Узбекистан», № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

<sup>1</sup> Указами Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».

**Степень изученности проблемы.** В научно – технической и патентной литературе имеется большой объем научных материалов и способов переработки магнийсодержащих сырьевых источников на гидроксид, оксид магния и другие соединения. Вопросами азотнокислотной переработки природных сырьевых ресурсов занимались М.Н. Набиев, М.Е. Позин, В.В. Кармышов, Б.А. Дмитревский, А.М. Амирова, Ш.С. Намазов, Х.Ч. Мирзакулов, А.М. Реймов, С.М. Таджиев и др.

Каждый из природных минеральных сырьевых ресурсов является уникальным и имеет специфический характер, а их составы сильно отличаются один от другого. Это требует для каждого вида минерального сырья отдельных научных и технологических подходов, экономически оправданных путей переработки. Известные технологии, существующие в мировой практике, не приемлемы для переработки доломитов Дехканабадского месторождения, так как последние сильно отличаются по составу и содержанию основного компонента и примесей.

В научно-технической литературе имеются геолого - минералогические сведения по составу доломитов Узбекистана различных месторождений, их запасах, возможности их кислотной переработки. Подробно исследованы процессы солянокислотного и фосфорнокислотного разложения различных видов доломитов Узбекистана. Показана возможность получения различных дефолиантов на основе солей кальция и магния, одиарных, концентрированных фосфорсодержащих удобрений, но совершенно не затронуты научные аспекты и технологические вопросы получения гидроксида магния азотнокислотным разложением доломитов, отсутствуют сведения по переработке азотнокислых маточных растворов.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института и инновационного проекта ИД-2-003 «Опытно – промышленное освоение производств хлорида натрия, сульфата натрия, хлорида магния и оксида магния из рапы озер Караумбет и Барсакельмес» (2009-2010 гг.).

**Целью исследования** является разработка технологии комплексной переработки доломитов Дехканабадского месторождения на гидроксид магния с одновременной утилизацией маточных растворов.

**Задачи исследования:**

изучение химического и солевого состава доломитов Дехканабадского месторождения;

изучение процессов разложения доломитов азотной кислотой и установление оптимальных технологических параметров;

исследование влияния процесса аммонизации осветленной азотнокислотной вытяжки на химический состав и степень осаждения магния;

изучение процессов переработки маточных растворов на жидкие и гранулированные азотно-кальциевые удобрения;

разработка технологических схем, материальных балансов производств

гидроксида магния из доломитов Дехканабадского месторождения, переработки маточных растворов на жидкие и гранулированные азотно-кальциевые удобрения, проведение предварительных технико-экономических расчетов;

апробация разработанных технологий комплексной переработки доломитов Дехканабадского месторождения на гидроксид магния, маточных растворов на жидкие и гранулированные удобрения в опытно-промышленных условиях.

**Объектами исследования** являются доломиты Дехканабадского месторождения, гидроксид магния, жидкие и гранулированные удобрения на основе маточных растворов производства гидроксида магния.

**Предметом исследования** являются технологии получения гидроксида, магния, жидких и гранулированных азотно-кальциевых удобрений.

**Методы исследования.** В работе использованы методы химический, рентгенографический, ИК-спектроскопический, термогравиметрический методы анализа.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

выявлена высокая пенообразующая и реакционная способности доломитов Дехканабадского месторождения, позволяющие снизить продолжительность процесса разложения и усовершенствовать технологический процесс;

установлены влияния технологических параметров на степень извлечения магния при азотнокислотном разложении доломита, степени аммонизации на степень осаждения магния из азотнокислотной вытяжки;

впервые доказана возможность комплексной переработки доломитов Дехканабадского месторождения азотной кислотой на гидроксид магния с одновременной утилизацией маточных растворов путем переработки их на жидкие азотно-кальциевые, азотно-кальциево-магниевые, а также гранулированные азотно-кальциевые удобрения;

разработаны способы комплексной переработки доломитов Дехканабадского месторождения на гидроксид магния и маточных растворов на жидкие и гранулированные азотно-кальциевые удобрения для засоленных почв.

**Практические результаты исследования** определяются тем, что установлены оптимальные условия технологии получения гидроксида магния, жидких и гранулированных азотно-кальциевых удобрений;

разработана научно-обоснованная, комплексная, эффективная технология переработки доломитов на гидроксид магния с одновременным получением жидких и гранулированных азотно-кальциевых удобрений;

на АО «Дехканабадский калийный завод» по разработанной технологии из доломитов получены гидроксид магния, жидкие и гранулированные азотно-кальциевые удобрения, а также жидкие азотно-кальциево-магниевые удобрения.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химических и физико-химических методов анализа подтверждены при проведении испытаний в опытно-промышленных условиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в том, что разработаны научные основы для получения важных для экономики страны импортозамещающих химических продуктов – гидроксида и оксида магния из доломитов Дехканабадского месторождения. Установлена возможность получения гидроксида магния нейтрализацией азотнокислотной вытяжки газообразным аммиаком;

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии переработки доломитов Дехканабадского месторождения на гидроксид магния и переработке маточных растворов на жидкие и гранулированные удобрения, обеспечение потребностей страны в соединениях магния, на основе комплексной переработки доломитового сырья в жидкие и гранулированные азотно-кальциевые удобрения эффективные для засоленных почв.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных данных по разработке технологии комплексной переработки доломитов Дехканабадского месторождения на гидроксид магния:

технология переработки доломитов на гидроксид магния апробирована на АО «Дехканабадский калийный завод» (Справка АО «O'zkiymyosanoat» от 7 октября 2019 года № 03-6194). В результате появляется возможность комплексной переработки доломитов на гидроксида магния с содержанием не менее 98,2% основного вещества;

технология получения жидких азотно-кальциевых, азотно-кальциево-магниевых удобрений и гранулированных азотнокальциевых удобрений апробированы на АО «Дехканабадский калийный завод» и включены в перечень перспективных внедряемых разработок АО «Узкимёсаноат» в 2020-2022 годах (Справка АО «Узкимёсаноат» от 7 октября 2019 года № 03-6194). В результате это позволяет обеспечить сельскохозяйственное производство жидкими и гранулированными удобрениями, эффективными для засоленных почв.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований апробированы на 2-х международных и 4-х республиканских конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 4 научные статьи, в том числе 2 в республиканских и 2 статьи в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей Аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации 118 страниц.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи, научная новизна и практическая значимость проводимых исследований, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации **«Современное состояние в области производства гидроксида магния и жидких азотно-кальциевых удобрений»**, являющейся литературным обзором, дана характеристика сырьевым ресурсам доломитов, изложено современное состояние и перспективы использования сырьевой базы. Проведен анализ научно – технической и патентной литературы в области изучения физико – химических систем, обосновывающих возможность получения соединений магния и жидких азотно-кальциевых удобрений. Рассмотрены научные труды и патентные материалы, посвященные вопросам получения гидроксида, оксида магния, жидких азотно-кальциевых удобрений.

На основе анализа опубликованных работ сформулированы цель и задачи настоящей работы.

Вторая глава **«Химические и физико-химические методы исследования»** посвящена используемым в работе доломитов и химических продуктов, методам проведения исследований и методикам химических анализов.

Третья глава **«Исследование процесса разложения доломита азотной кислотой»** посвящена установлению оптимальных технологических параметров разложения доломита Дехканабадского месторождения азотной кислотой. Для исследований использовали доломит Дехканабадского месторождения двух составов (масс. %): CaO – 37,55; MgO – 13,57; CO<sub>2</sub> – 44,43; н.о. – 0,56 и CaO – 31,55; MgO – 19,02; CO<sub>2</sub> – 43,03; н.о. – 0,67.

Ввиду большого содержания оксида углерода в составе доломитов Дехканабадского месторождения изучено влияние продолжительности процесса разложения и скорости оборотов мешалки на процесс пенообразования. Исследования проводили в цилиндрическом стеклянном реакторе с механической мешалкой при температуре 25°С 40% азотной кислотой при норме 100% на разложение доломита.

Кратность пены рассчитывали как отношение объема пены ( $V_n$ ) к бьему жидкости ( $V_{ж}$ ) по формуле

$$K_n = \frac{V_n}{V_{ж}} = \frac{(V_r + V_{ж})}{V_{ж}}, \quad \text{где } V_r - \text{объем газа в пене.}$$

Исследования показали, что с увеличением продолжительности процесса разложения доломита Дехканабадского месторождения кратность пены, при скорости оборотов мешалки 750 об/мин, повышается в течение 30 секунд и затем снижается в течение еще 30 секунд. Максимальные значения кратности пены наблюдаются в течении 20-35 секунд и составляют 10,17-10,22, проходя через максимум 10,62.

С увеличением оборотов мешалки с 750 об/мин до 1000 об/мин кратность пены резко снижается, а максимальные значения отмечаются через 15-25

секунд. Максимальная кратность пены 8,37 наблюдается через 20 секунд. Увеличение оборотов мешалки снижает максимальную кратность пены в 1,269 раза, а время на 10 секунд. При этом стабильность пены не превышает 60 секунд. Наиболее эффективным способом снижения пенообразования является введение доломита в циркулирующую (30-50%) пульпу разложения доломита азотной кислотой с последующим доразложением введенного доломита. Это позволяет снизить кратность пены до 1,3-2 и вести технологический процесс без осложнений.

Для установления кинетических данных изучено влияние температуры и продолжительности процесса разложения доломита Дехканабадского месторождения 40, 50 и 57% азотной кислотной при 100% норме от стехиометрии. Температуру опытов поддерживали 10, 20, 30, 40 и 50°C. Степень разложения доломита определяли по содержанию оксидов кальция и магния в жидкой фазе.

В начальный период процесс разложения определяется скоростью химической реакции азотной кислоты с доломитом, а затем лимитирующим фактором является скорость диффузии кислоты к доломиту и продуктов разложения в азотнокислый раствор. Показано, что доломит характеризуется большой реакционной способностью и разлагается достаточно быстро с обильным выделением в газовую фазу диоксида углерода.

На основе полученных данных рассчитаны константы скорости реакции и энергии активации процесса разложения доломита азотной кислотой. Константы скорости реакции разложения в зависимости от температуры подчиняются уравнению Аррениуса и выражаются следующими эмпирическими уравнениями:  $K = 29,50 \cdot e^{\frac{938,2}{T}}$  для 40%  $\text{HNO}_3$ ;

$$K = 32,13 \cdot e^{\frac{1025,8}{T}} \text{ для } 50\% \text{ HNO}_3; K = 33,94 \cdot e^{\frac{1201,3}{T}} \text{ для } 57\% \text{ HNO}_3.$$

Исследования по азотнокислотному разложению доломита Дехканабадского месторождения проводили 40% кислотой при температуре 40°C и продолжительности процесса 30 минут. В таблице 1 приведены результаты влияния нормы азотной кислоты на химический состав жидкой фазы при разложении Дехканабадского доломита.

**Таблица 1**

**Влияние нормы 40% азотной кислоты на химический состав жидкой фазы**

| № | Норма, % | Химический состав жидкой фазы, масс. % |      |                                |                                |                              | Ж:Т    |
|---|----------|--|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|
|   |          | CaO                                    | MgO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |        |
| 1 | 100      | 9,80                                   | 3,59 | 0,021                          | 0,073                          | 33,70                        | 233,55 |
| 2 | 105      | 9,40                                   | 3,44 | 0,021                          | 0,071                          | 33,94                        | 243,56 |
| 3 | 110      | 9,03                                   | 3,31 | 0,020                          | 0,069                          | 34,16                        | 253,56 |
| 4 | 120      | 8,37                                   | 3,07 | 0,019                          | 0,065                          | 34,52                        | 273,57 |
| 5 | 130      | 7,80                                   | 2,86 | 0,018                          | 0,061                          | 34,85                        | 293,58 |
| 6 | 140      | 7,30                                   | 2,68 | 0,017                          | 0,057                          | 35,13                        | 313,59 |
| 7 | 150      | 6,87                                   | 2,52 | 0,018                          | 0,054                          | 35,36                        | 333,60 |

Табличные данные указывают, что с увеличением нормы азотной кислоты содержания в растворе всех компонентов доломита снижаются, содержание  $\text{NO}_3$  повышается с 33,70% до 35,36%, а Т:Ж достигает 333,60. Максимальное содержание окиси магния 3,59% наблюдается при 100% норме 40% азотной кислоты. При этом содержание окиси кальция составляет 9,80%, окиси железа 0,021%, окиси алюминия 0,073%.

Основными компонентами твердой фазы являются соединения кальция, магния, железа и алюминия. Содержание окиси магния составляет 1,719-0,181%, окиси кальция 38,05-40,80%. При хорошей растворимости соединений магния, кальция соединения железа и алюминия плохо растворяются в азотной кислоте. Оптимальной нормой 40% азотной кислоты при температуре 40°C и продолжительности процесса разложения 30 минут является 100% от стехиометрически необходимой.

Степень извлечения оксида магния при этих параметрах очень высокая, не зависит от нормы азотной кислоты и составляет 99,81-99,98%. Степень перехода оксида кальция составляет 98,37-98,48, окислов железа 38,30-46,60%, окислов алюминия 75,00-79,38%, что указывает на то, что для извлечения магния в растворы азотной кислоты достаточно 100% нормы от стехиометрически необходимого количества.

Влияние температуры и продолжительности процесса на химический состав жидкой фазы при разложении Дехканабадского доломита 40% азотной кислотой изучено при ее норме 110% от стехиометрии. Полученные данные приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Влияние температуры и продолжительности процесса на химический состав жидкой фазы при разложении доломита 40% азотной кислотой при норме 110%**

| №  | Температура, °С | Время, мин | Химический состав жидкой фазы, масс. % |      |                                |                                |                 |         |
|----|-----------------|------------|--|------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|
|    |                 |            | CaO                                    | MgO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub> | Ж:Т     |
| 1  | 20              | 10         | 8,76                                   | 3,31 | 0,011                          | 0,069                          | 34,16           | 253,56  |
| 2  | 20              | 20         | 8,87                                   | 3,31 | 0,014                          | 0,071                          | 34,16           | 252,91  |
| 3  | 20              | 30         | 8,96                                   | 3,31 | 0,017                          | 0,075                          | 34,16           | 252,42  |
| 4  | 20              | 40         | 9,02                                   | 3,31 | 0,021                          | 0,081                          | 34,16           | 252,04  |
| 5  | 20              | 60         | 9,07                                   | 3,31 | 0,028                          | 0,092                          | 34,16           | 251,66  |
| 6  | 40              | 10         | 8,86                                   | 3,31 | 0,016                          | 0,073                          | 34,16           | 252,96  |
| 7  | 40              | 20         | 8,95                                   | 3,31 | 0,018                          | 0,074                          | 34,16           | 252,47  |
| 8  | 40              | 30         | 9,03                                   | 3,31 | 0,021                          | 0,07                           | 34,16           | 2522,04 |
| 9  | 40              | 40         | 9,09                                   | 3,31 | 0,024                          | 0,073                          | 34,16           | 251,66  |
| 10 | 40              | 60         | 9,13                                   | 3,32 | 0,030                          | 0,082                          | 34,16           | 251,33  |
| 11 | 60              | 10         | 8,90                                   | 3,31 | 0,016                          | 0,065                          | 34,16           | 252,80  |
| 12 | 60              | 20         | 9,03                                   | 3,31 | 0,018                          | 0,065                          | 34,16           | 252,09  |
| 13 | 60              | 30         | 9,09                                   | 3,31 | 0,021                          | 0,069                          | 34,16           | 251,71  |
| 14 | 60              | 40         | 9,12                                   | 3,32 | 0,024                          | 0,074                          | 34,16           | 251,44  |
| 15 | 60              | 60         | 9,14                                   | 3,32 | 0,030                          | 0,082                          | 34,16           | 251,28  |

Из таблицы видно, что ни температура, ни продолжительность процесса разложения не оказывают влияния на содержание окиси магния в растворе. Содержание окиси кальция с увеличением продолжительности процесса разложения с 10 до 60 минут, при температуре 20°C, повышается с 8,76% до 9,06, при температуре 60°C с 8,89% до 9,14%, т.е. температура также не оказывает влияния на содержание окиси кальция в растворе. Содержания окислов железа и алюминия составляют сотые доли процента.

Увеличение продолжительности процесса разложения приводит к снижению содержания оксида магния в твердой фазе с 1,51-1,92%, при продолжительности процесса разложения 10 минут, до 0,72-0,92, при продолжительности процесса 60 минут. Такая же закономерность наблюдается и для степени извлечения в азотнокислый раствор оксидов кальция, железа, алюминия.

Продолжительность процесса и температура практически не влияют на степень извлечения магния. На степень извлечения кальция незначительное влияние оказывает продолжительность процесса. Увеличение продолжительности процесса с 10 до 60 минут повышает степень извлечения на 3,28% при температуре 20°C, на 2,94% при 40°C и на 2,64% при 60°C. Более заметное влияние продолжительность процесса оказывает на степень извлечения в раствор соединений железа и алюминия.

Изменение температуры разложения доломита 40% азотной кислотой с 20 до 60°C при норме 110% и продолжительности процесса 30 минут не оказывает влияния на химический состав жидкой фазы. Содержание оксида магния составляет 3,31% независимо от температуры разложения.

Химический состав твердой фазы с повышением температуры при разложении доломита 40% азотной кислотой при норме 110% и продолжительности процесса разложения 30 минут изменяется в сторону снижения основных компонентов. Содержания оксидов магния, железа, алюминия снижаются на 0,226%, на 1,09% и на 0,80%, соответственно, тогда как содержание оксида кальция снижается с 45,72% до 25,50%.

Стадия разделения жидкой и твердой фаз является лимитирующей при азотнокислотном разложении фосфоритов и других кальцийсодержащих минералов. Поэтому, следующим этапом исследований было изучение процессов осветления продуктов азотнокислотного разложения доломитов путем отстаивания и фильтрации.

Установлено, что крупные частицы не разложенного доломита оседают достаточно быстро и через 3 минуты достигается степень осаждения 100%. Степени осаждения 98% достигается через 100 секунд.

Мелкие частицы суспензии азотнокислотного разложения доломита 40% азотной кислотой, в отличие от крупных частиц доломита, оседает очень медленно и через 120 минут степень осветления достигает 86,83%.

Для ускорения процесса разделения жидкой и твердой фаз изучено влияния температуры и нормы 40% азотной кислоты на скорость фильтрации продуктов разложения доломита (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние технологических параметров на скорость фильтрации после разложения (водяной насос, разрежение 300 мм. рт. ст)**

| №          | Норма HNO <sub>3</sub> | Температура, °С | Скорость фильтрации, кг/м <sup>2</sup> ·ч |                 |              |
|------------|------------------------|-----------------|---|-----------------|--------------|
|            |                        |                 | По пульпы                                 | по твердой фазе | по фильтрату |
| R = 0 мм   |                        |                 |   |                 |              |
| 1          | 100                    | 20              | 770,75                                    | 3,79            | 766,96       |
|            |                        | 40              | 1107,88                                   | 5,44            | 1102,44      |
|            |                        | 60              | 1190,79                                   | 5,85            | 1184,94      |
| 2          | 105                    | 20              | 801,73                                    | 3,78            | 797,95       |
|            |                        | 40              | 1152,42                                   | 5,43            | 1146,99      |
|            |                        | 60              | 1238,65                                   | 5,83            | 1232,82      |
| 3          | 110                    | 20              | 820,42                                    | 3,73            | 816,69       |
|            |                        | 40              | 1179,30                                   | 5,36            | 1173,94      |
|            |                        | 60              | 1267,52                                   | 5,77            | 1261,75      |
| R = 0,1 мм |                        |                 |   |                 |              |
| 4          | 100                    | 20              | 184,42                                    | 0,91            | 183,51       |
|            |                        | 40              | 300,56                                    | 1,48            | 299,08       |
|            |                        | 60              | 349,57                                    | 1,72            | 347,85       |
| 5          | 105                    | 20              | 191,84                                    | 0,90            | 190,94       |
|            |                        | 40              | 312,64                                    | 1,47            | 311,17       |
|            |                        | 60              | 363,63                                    | 1,71            | 361,92       |
| 6          | 110                    | 20              | 191,82                                    | 0,87            | 190,95       |
|            |                        | 40              | 319,93                                    | 1,46            | 318,47       |
|            |                        | 60              | 372,10                                    | 1,69            | 370,41       |

С повышением температуры пульпы с 20 до 60°С скорость фильтрации по пульпе, фильтрату и влажной твердой фазе увеличивается. Так, скорость фильтрации по пульпе с 770,75 кг/м<sup>2</sup>·ч при 20°С повышается до 1190,79 кг/м<sup>2</sup>·ч при температуре 60°С.

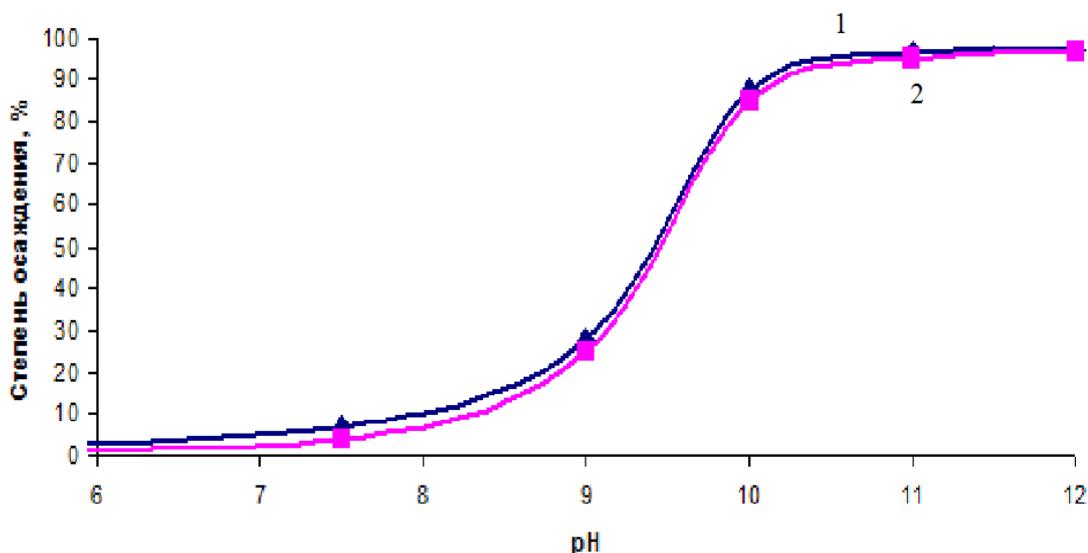
Повышение нормы азотной кислоты со 100% до 110% приводит к незначительному увеличению скорости фильтрации. Так, при температуре 60°С скорость фильтрации по жидкой фазе повышается с 1184,94 кг/м<sup>2</sup>·ч при норме 105% до 1261,75 кг/м<sup>2</sup>·ч при норме 110%.

Создание подушки из нерастворимых остатков толщиной 0,1 мм приводит к резкому снижению скорости фильтрации по пульпе, фильтрату и влажной твердой фазе. Оптимальными технологическими параметрами процесса фильтрации азотнокислотной пульпы разложения доломита являются норма азотной кислоты 100-110%, температура процесса 40-60°С.

В четвертой главе «Исследование процессов получения гидроксида магния и переработки маточных растворов» приведены результаты исследований по аммонизации осветленной азотнокислотной вытяжки разложения доломитов, получения гидроксида магния и переработке маточных растворов, после отделения гидроксида магния, на жидкие и

гранулированные азотно-кальциевые удобрения.

Для осаждения магния в виде гидроксида изучено влияние pH на химический состав растворов нитратов кальция и магния, степень осаждения магния. Полученные данные приведены на рисунке 1.



**Рис. 1. Влияние pH на степень осаждения магния:**  
1 - норма азотной кислоты 100%, 2 - 110%

Из рисунка видно, что при нейтрализации вытяжки до pH 7,5-8 степень обезмагниявания не превышает 3-7%. При увеличении pH до 10 около 85-87,5% магния переходит в осадок, при pH 11-12 осаждаются 96,52-97,22% магния.

Для получения гидроксида магния были проведены исследования по отделению осадка с помощью фильтрования. В связи с тем, что при нейтрализации осветленной азотнокислотной вытяжки аммиаком ее температура повышается, было исследовано влияние двух параметров: температуры пульпы и нормы азотной кислоты на скорости фильтрации по раствору и по сухому остатку. С увеличением нормы азотной кислоты скорости фильтрации по раствору и по сухому остатку увеличиваются, скорости фильтрации по раствору и по сухому остатку при норме азотной кислоты 100% составляют 890,21 и 181,80 кг/м<sup>2</sup>·ч, соответственно. С повышением температуры пульпы скорости фильтрации увеличиваются, что объясняется снижением вязкости пульпы.

Таким образом, с точки зрения скорости фильтрации ее следует проводить при более высокой температуре. Оптимальной является температура 50-60°C. Из-за высокой вязкости пульпы процесс отстаивания для отделения гидроксида магния не рассматривался.

В связи с большой интенсивностью процесса центрифугирования для разделения фаз, изучено влияние времени центрифугирования на соотношение Ж:Т в сгущенной части. Процесс разделения фаз при центрифугировании протекает достаточно быстро. Наиболее интенсивно центрифугирование протекает в первые 6 минут. При этом сгущение через 6 минут составляет 91,86% от исходного, через 10 минут – 95,66%, а через 15 минут – 97,15%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что и фильтрация и центрифугирование являются приемлемыми способами для отделения осадка гидроксида магния.

Гидроксид магния, полученный при оптимальных технологических параметрах, сушили при температуре 100-110°C до постоянного веса и сняли рентгенограмму и термограмму.

Для установления температуры прокалики гидроксида магния была снята дериватограмма, из которой видно, что для получения оксида магния необходимо прокалить гидроксид магния при температуре не менее 410°C. Начало процесса 315,3°C, окончание 410°C. Максимальная скорость потери влаги 3% в минуту. При данной скорости разложения для удаления 30,875% влаги необходима продолжительность процесса не менее 11 минут.

На рентгенограмме имеются дифракционные максимумы 2,36919, 4,79496, 1,57409, 1,79675, 1,49502Å характерные для гидроксида магния.

Исследования по получению оксида магния из гидроксида проводили при температурах 400-800°C и продолжительности процесса от 15 до 180 минут. С увеличением температуры прокалики с 400°C до 800°C в течение 1 часа содержание оксида магния повышается с 56,62% в гидроксиде магния до 93,10% при 800°C. Увеличение продолжительности процесса прокалики при температуре 500°C способствует повышению содержания оксида магния до 82,86% в течение 1 часа и до 84,60% в течение 3 часов. Оптимальными условиями получения оксида магния являются температура 700-800°C с продолжительностью прокалики не менее 2 часов.

Данные по разложению доломитового сырья азотной кислотой, отделения нерастворимых остатков, нейтрализации осветленного раствора газообразным аммиаком до pH 10,5-11, осаждению и отделению осадка послужили основой для разработки технологии получения гидроксида магния из доломита Дехканабадского месторождения.

Технология получения гидроксида магния включает следующие стадии:

- разложение доломита азотной кислотой;
- отделение нерастворимых остатков фильтрованием;
- нейтрализацию осветленного раствора газообразным аммиаком;
- отделение, промывку и сушку гидроксида магния;

На модельной установке, имитирующей производственные условия, на АО «Дехканабадский калийный завод» проведена апробация технологии получения гидроксида магния из доломитов Дехканабадского месторождения. Для получения использовали доломит с содержанием 19,02% оксида магния. Нарботана опытная партия гидроксида магния в количестве 1,74 кг с содержанием 94,74%.

После отделения гидроксида магния образуются маточные растворы, содержащие нитраты аммония, кальция и до 0,50% оксида магния. Эти растворы содержат 13,59-15,40% общей формы азота, которые можно использовать как азотно-кальциевые жидкие удобрения.

В таблице 4 приведены данные по химическому составу жидкой фазы, после отделения гидроксида магния, полученные при рН 10,5-11,0 в зависимости от нормы 40 % азотной кислоты.

**Таблица 4**

**Влияние нормы азотной кислоты на химический состав жидкой фазы, аммонизированной до рН 10,5-11, после отделения гидроксида магния**

| Норма, %<br>отн. | Химический состав жидкой фазы, масс. % |      |                                |                             |                             |                  |
|------------------|--|------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
|                  | CaO                                    | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | N <sub>NH<sub>3</sub></sub> | N <sub>NO<sub>3</sub></sub> | N <sub>общ</sub> |
| 100              | 7,49                                   | 0,00 | 0,080                          | 8,14                        | 7,26                        | 15,40            |
| 105              | 7,19                                   | 0,00 | 0,079                          | 8,03                        | 7,24                        | 15,27            |
| 110              | 6,87                                   | 0,00 | 0,079                          | 7,91                        | 7,19                        | 15,10            |
| 115              | 6,53                                   | 0,05 | 0,079                          | 7,76                        | 7,11                        | 14,87            |
| 120              | 6,21                                   | 0,24 | 0,076                          | 7,66                        | 7,05                        | 14,71            |
| 125              | 5,88                                   | 0,37 | 0,073                          | 7,54                        | 6,96                        | 14,50            |
| 130              | 5,58                                   | 0,45 | 0,069                          | 7,42                        | 6,88                        | 14,30            |
| 135              | 5,36                                   | 0,50 | 0,065                          | 7,32                        | 6,83                        | 14,16            |
| 140              | 5,15                                   | 0,50 | 0,062                          | 7,22                        | 6,78                        | 14,00            |
| 145              | 4,95                                   | 0,48 | 0,059                          | 7,12                        | 6,72                        | 13,84            |
| 150              | 4,70                                   | 0,43 | 0,056                          | 6,99                        | 6,60                        | 13,59            |

Из таблицы видно, что с увеличением нормы азотной кислоты на разложение доломита содержания всех компонентов, за исключением оксида магния, снижаются. Содержание оксида магния с 7,49% при норме азотной кислоты 100% снижается до 6,87% при норме 110% и до 4,70% при норме 150%. Содержание алюминия при этих параметрах снижается с 0,080% до 0,079% и до 0,056%. Содержание нитратного азота составляет 7,26-6,60%, аммонийного 8,14-6,99%, при содержании общей формы азота 13,59%-15,40.

При низких 100-110% нормах азотной кислоты в жидкой фазе отсутствует магний. С увеличением нормы кислоты со 115% до 130% содержание оксида магния повышается с 0,05% до 0,45% и в дальнейшем сохраняется примерно на одном уровне 0,48-0,50%.

В связи с низким содержанием азота в маточных растворах получения гидроксида магния их применение в качестве жидких азотно-кальциевых удобрений экономически не целесообразно из-за больших транспортных расходов. Для повышения содержания азота в удобрениях были поставлены эксперименты по введению в жидкое NCaMg-удобрение нитрата аммония. С увеличением количества вводимой аммиачной селитры закономерно снижаются содержания нитратов кальция, магния и увеличивается содержание аммиачной селитры.

Таким образом, после не глубокой нейтрализации азотнокислотной вытяжки (рН = 7,5-8,0) и введения нитрата аммония можно получить удобрения, содержащие до 18,61% N, не менее 4,17% CaO и не менее 1,34% MgO.

Наиболее эффективным способом повышения солеустойчивости сельхозкультур является применение удобрений, содержащих нитрат кальция. Потребность сельского хозяйства Узбекистане в гранулированных удобрениях на основе нитрата кальция более 300 тыс тонн. Несмотря на большую потребность в гранулированных удобрениях на основе нитрата кальция, в настоящее время их производство в Республике отсутствует.

Поэтому дальнейшие исследования были направлены на использование растворов в качестве добавки к плаву аммиачной селитры, которая выпускается в большом количестве. Путем введения аммонизированных азоткальцийсодержащих и азоткальциймагнийсодержащих растворов, полученных разложением доломита азотной кислотой, в плав аммиачной селитры можно получить аммиачно-кальциевую селитру (АКС). В качестве добавки к плаву аммиачной селитры использовали растворы, содержащие 12,32% нитрата магния, 18,33% нитрата кальция и 14,22% нитрата аммония, полученные разложением доломита при норме азотной кислоты 110% от стехиометрии и нейтрализованные до  $\text{pH}=8$  и растворы, содержащие 0,63% нитрата магния, 17,84% нитрата кальция и 26,67% нитрата аммония с  $\text{pH}=11$ .

Для установления состава АКС, полученной смешением плавов аммиачной селитры и продуктов разложения доломита были приготовлены образцы АКС. Введение раствора с  $\text{pH} 8$  в соотношении аммиачная селитра: добавка от 1:0,2 до 1:1 способствуют снижению содержания общего азота с 34,00% до 31,32%, содержание нитратного азота составляет 17,50-17,55%, аммонийного 16,50-13,78%, содержание оксида кальция изменяется в пределах 1,15-4,32%. При введении магнийсодержащей добавки, содержание оксида магния составляет 0,62-3,31%.

При введении раствора с  $\text{pH}=11$  с увеличением доли вводимой добавки с 1:0,2 до 1:1 содержание нитратного азота снижается с 17,51% до 17,44%, аммонийного азота с 16,93% до 15,26%, общего с 34,44% до 32,70%, содержание оксида кальция повышается с 1,12% до 4,20%.

На рисунке 2 приведена технологическая схема получения гидроксида магния и аммиачно-кальциевой селитры из доломита и плава аммиачной селитры.

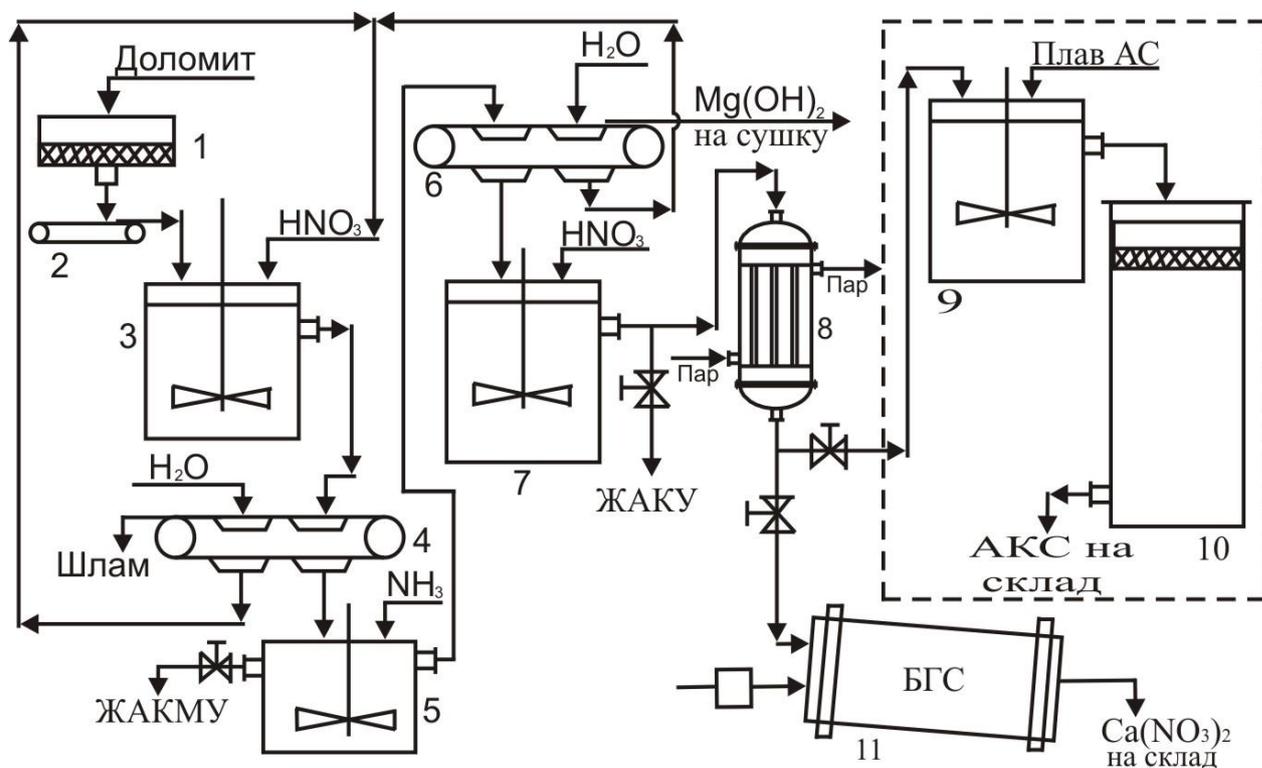
Проведенные исследования показали возможность получения гранулированного нитрата кальция из аммонизированных растворов разложения доломита с  $\text{pH} 7-8$ .

Исследования по получению гранулированных азотно-кальциевых удобрений были проведены на опытной установке производительностью 50 кг продукта в час. В качестве раствора нитрата кальция использовали продукт разложения доломита азотной кислотой аммонизированный до  $\text{pH} -7-8$ .

На опытной установке раствор выпаривали до содержания влаги 15-18%, в упаренный плав вводили доломит в количестве 5-7% от массы плава, перемешивали и подавали на форсунки аппарата БГС. На опытной установке были определены все технологические параметры процесса грануляции азотно-кальциевого удобрения в аппарате БГС. Главными параметрами протекания процессе грануляции были температура топочных газов на входе в

аппарат БГС не выше 400°C и температура в слое гранулированного удобрения – не выше 115°C.

На рисунке 2 приведена принципиальная гибкая технологическая схема переработки доломита Дехканабадского месторождения на гидроксид магния, жидкие азотно-кальциевые, азотно-кальциево-магниевые удобрения, а также гранулированный нитрат кальция и аммиачно-кальциевую селитру.



**Рис. 2. Принципиальная гибкая технологическая схема переработки доломита.** 1 - бункер, 2 - дозатор, 3, 5 и 7-реактора, 4, 6 - фильтры, 8 - выпарной аппарат, 9 - смеситель, 10 - гранбашня, 11 - БГС.

Проведенные лабораторные исследования и опытные работы позволили разработать технологию получения гранулированного азотно-кальциевого удобрения на основе маточных растворов производства гидроксида магния. Сущность технологического процесса производства гранулированного азотно-кальциевого удобрения заключается в следующем:

- разложение доломита азотной кислотой;
- отделение нерастворимых остатков;
- нейтрализация осветленного раствора газообразным аммиаком;
- выпарка раствора;
- введение кондиционирующей добавки;
- грануляция и сушка продукта;
- охлаждение, классификация и затаривание готовой продукции.

Процесс производства можно осуществлять с использованием оборудования производства аммофоса.

Технология комплексной переработки доломита Дехканабадского месторождения на гидроксид магния, жидкие и гранулированные азотно-

кальциевые удобрения с отделением и без отделения гидроксида магния апробирована в опытных условиях на АО «Дехканабадский калийный завод».

Проведенные технико-экономические расчеты указывают на высокую эффективность комплексной переработки доломитов Дехканабадского месторождения на гидроксид магния и жидкие азотно-кальциевые удобрения. При переработке доломита с получением 10 тысяч тонн гидроксида магния и жидких азотно-кальциевых удобрений (172 тыс. т жидких удобрений) суммарный экономический эффект составит 39,78 млрд. сум. При этом оптовая цена гидроксида магния составит не более 100 долларов США за одну тонну.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучены процессы разложения доломита азотной кислотой, установлены оптимальные технологические параметры процесса: концентрация азотной кислоты 40%, норма не менее 100% от стехиометрии, температура 40°C, продолжительность процесса не менее 30 минут. При этом степень извлечения магния составляет 99,81-99,98%.

2. Изучено влияние технологических параметров на состав твёрдой фазы и степень извлечения компонентов доломита в раствор при концентрации кислоты 40% и норме 110%. Показано, что температура 20-60°C и продолжительность процесса разложения 10-60 минут не оказывают существенного влияния на извлечение кальция и магния.

3. Исследования по отделению нерастворимых остатков путём отстаивания показали, что крупные частицы доломита оседают достаточно быстро и через 3 минуты степень осаждения составляет 100%. Степень осветления суспензии протекает очень медленно и через 120 минут она достигает 86-83%. Скорость фильтрации по пульпе, влажному осадку, фильтрату с повышением температуры с 20°C до 60°C повышает с 770,75 кг/м<sup>2</sup>·ч до 1190,79 кг/м<sup>2</sup>·ч.

4. Изучен процесс выделения гидроксида магния из азотнокислых растворов разложения доломита. Показано, что с повышением pH среды газообразным аммиаком до 8 степень обезмагнивания составляет 7,03%. При увеличении pH до 10 осажается 85% магния и практически полностью осажается при pH 11-12.

5. Изучено влияние степени аммонизации на состав жидкой фазы до и после отделения гидроксида магния и получены составы, соответствующие по показателям для использования в качестве жидких азотно-кальциевых и азотно-кальциево-магниевых удобрений. При pH 7-8 удобрение содержит (масс.%): CaO – 9,53; MgO- 3,35 и при pH 10,5-11, после отделения гидроксида магния, содержит (масс. %): CaO – 9,32; MgO – 0,13.

6. Разработаны способы переработки маточных растворов производства гидроксида магния на различные виды жидких и гранулированных удобрений. Введение аммиачной селитры в количестве 20-50% позволяет повысить содержание азота в жидких удобрениях с 10,41 до 18,61% и получить

удобрения, содержащие (масс. %): N – 16,09-18,61; CaO – 4,17-4,81; MgO – 1,34-1,55.

7. Разработан способ переработки маточных растворов с получением аммиачно-кальциевой селитры на основе плава аммиачной селитры и маточных растворов. Введение маточных растворов с рН 8 в соотношении аммиачная селитра:добавка = 1:1 способствует снижению содержания общего азота с 34,00% до 31,32%. При введении добавки с рН 11 содержание общего азота снижается до 32,70%. Для получения аммиачно-кальциевой селитры с содержанием общего азота 27% азота необходимо поддерживать соотношение аммиачная селитра: нитрат кальция = 2:1. Установлено улучшение пожаро, взрывоопасных и товарных свойств аммиачно-кальциевой селитры по сравнению с аммиачной селитрой.

8. Разработаны технологические схемы, схемы материальных потоков и материальные балансы получения гидроксида магния азотнокислотным разложением доломита Дехканабадского месторождения и переработки маточных растворов и продуктов разложения доломита на жидкие и гранулированные азотно-кальциевые и азотно-кальциево-магниевые удобрений, аммиачно-кальциевую селитру.

9. Разработан временный технологический регламент производства гидроксида магния и жидких азотно-кальциевых удобрений из доломита для опытно-промышленной установки. Техничко-экономические расчеты указывают на высокую эффективность комплексной переработки доломита на гидроксид магния и жидкие, гранулированные азотно-кальциевые и азотно-кальциево-магниевые удобрения.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES  
PhD.29.12.2018.T.78.01 AT TERMEZ STATE UNIVERSITY AND  
TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL  
TECHNOLOGY**

---

**KARSHI ENGINEERING ECONOMICS INSTITUTE**

**MIKHLYEV OYBEK AVLOYOROVICH**

**DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR THE INTEGRATED  
PROCESSING OF DOLOMITE WITH NITRIC ACID TO PRODUCE  
MAGNESIUM COMPOUNDS AND LIQUID FERTILIZERS**

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

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

**Termez - 2019**

**The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.4.PhD/T1384**

Dissertation was carried out at the Karshi engineering economics institute.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific council website [www.tersu.uz](http://www.tersu.uz) and on the website of «ZiyoNet» information and educational portal [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net).

**Supervisor:** **Mirzakulov Kholdura Chorievich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Shukurov Jamshid Sultonovich**  
Doctor of technical sciences

**Iraliev Boymirza Kholmiraevich**  
Candidate of Technical Sciences

**Leading Organization:** **Namangan engineering-technological Institute**

The defense of the dissertation will take place on «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_2019 in «\_\_\_\_\_» at the meeting of Scientific council PhD.29.12.2018.T.78.01 at the Termez State University and Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology: (Address: 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Surkhandarya region. Phone: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz)).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of Termez State University and Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology at: under №\_\_\_\_\_ (Address: 190111, 43 Barkamol Avlod Street, Termez, Surkhandarya region. Phone: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz)).

The abstract of the dissertation has been distributed on «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_2019 year Protocol at the register № \_\_\_\_\_ dated «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_2019 year

**A.T. Djalilov**  
Chairman of the Scientific Council for  
awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academic

**S.Z. Khodjamkulov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees,  
Candidate of Technical Sciences, Docent

**Kh.S. Beknazarov**  
Giving degrees under the Academic  
Council Deputy Chairman of the scientific seminar.  
Doctor of technical sciences  
Senior Scientist

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** is to develop a technology for the integrated processing of dolomites of the Dekhkanabad deposit into magnesium hydroxide with the simultaneous utilization of mother liquors.

**The object of the research work** are dolomites of the Dekhkanabad deposit, magnesium hydroxide, liquid and granular fertilizers based on mother liquors of magnesium hydroxide production.

**The scientific novelty of the research:**

the high foaming and reactivity of the dolomites of the Dekhkanabad deposit was revealed, allowing to reduce the duration of the decomposition process and improve the technology process;

regularities of the influence of technological parameters on the degree of magnesium extraction during nitric acid decomposition of dolomite, the degree of ammonization on the degree of deposition of magnesium from nitric acid extracts;

for the first time, the possibility of complex processing of dolomites of the Dekhkanabad field with nitric acid to magnesium hydroxide with the simultaneous utilization of mother liquors by processing them into liquid nitrogen-calcium, nitrogen-calcium-magnesium, as well as granular calcium-nitrogen fertilizers was shown for the first time;

methods have been developed for the integrated processing of dolomites of the Dekhkanabad deposit into magnesium hydroxide and mother liquors into liquid and granular nitrogen-calcium fertilizers for saline soils.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific data on the development of a technology for the integrated processing of dolomites from the Dekhkanabad deposit into magnesium hydroxide:

The technology for processing dolomites to magnesium hydroxide was tested at Dekhkanabad Potash Plant JSC (Certificate of O'zkiyosanoat JSC dated October 7, 2019 No. 03-6194). As a result, it becomes possible to complexly process dolomites into magnesium hydroxide with a content of at least 98.2% of the main substance;

The technology for producing liquid liquid nitrogen-calcium, nitrogen-calcium-magnesium fertilizers and granular nitrogen-calcium fertilizers has been tested at JSC Dekhkanabad Potash Plant and included in the list the list of promising new developments of JSC Uzkiyosanoat in 2020-2022 (Information from JSC Uzkiyosanoat from 7 October 2019 No. 03-6194). As a result, this makes it possible to provide agricultural production with liquid and granular fertilizers effective for saline soils.

**Structure and volume of dissertation.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of used literature and appendixes. The volume of the dissertation consists of 118 pages.

## **ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**

**Список опубликованных работ**

**List of published works**

**I бўлим (I часть; part I)**

**Илмий мақолалар (научные статьи, scientific articles)**

1. Михлиев О.А., Хидирова Ю.Х., Бобокулова О.С., Мирзакулов Х.Ч. Исследование влияния нормы азотной кислоты на процесс разложения доломитов Дехканабадского месторождения. *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2018. № 10(55). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6183>. (02.00.00 №1)

2. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Усмонов И.И., Мирзакулов Х.Ч. Исследование влияние температуры и продолжительности процесса на разложение доломитов Дехканабадского месторождения *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2019. № 1(58). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6183>. (02.00.00 №1)

3. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Тожиев Р.Р., Мирзакулов Х.Ч. Получения гидроксида магния из доломита Дехканабадского месторождения. Журнал “Химии и химическая технология”. 2019. - № 3. - С. 15-18. (02.00.00 №3)

4. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Тожиев Р.Р., Мирзакулов Х.Ч. Изучение процесса отделения нерастворимого остатка и реологических свойств продуктов разложения доломита азотной кислотой “Фан ва технологиялар тараққиёти” Илмий – техникавий журнал. Бухора МТИ, 2019. - № 3, - С. 27-31. (02.00.00 №14)

## **II бўлим (II часть, part II)**

5. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса азотнокислотного разложения доломитов Дехканабадского месторождения. II-Международная научно-практическая конференция «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2018: CENTRAL ASIA». Астана – 2018. - С. 305-307.

6. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Тожиев Р.Р., Мирзакулов Х.Ч. Исследование влияния нормы азотной кислоты на процесс разложения доломитов Дехканабадского месторождения. Международная научно-техническая конференция. «Интеграция дисциплины – образования – науки и производства». Ташкент, 2018. – С. 134-136.

7. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Мирзакулов Х.Ч., Омонова М.С., Ибрагимова Г.О. Изучение процесса отделения нерастворимого остатка азотнокислотного разложения доломита. Международная научно-техническая конференции “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях”. Фергана. - 2019. 2-том. -С. 106-108.

8. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Мирзакулов Х.Ч. Изучение процесса отделения нерастворимого остатка разложения доломита азотнокислотной. Ёш олимлар, магстрантлар ва бакалавриат талабаларини XXVII+илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. “Умидли кимёгарлар-2019”, Ташкент. - 2019. -С. 30.

9. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Мирзакулов Х.Ч. Влияния нормы азотной кислоты на процесс разложения доломитов и реологические свойства растворов. “Қорақалпоғистон республикасида кимё, кимёвий технология, нефт-газ ва енгил саноат соҳалари ривожининг долзарб муаммолари” мавзусидаги” Республик илмий-амалий конференцияси. Нукус. - 2019. - С. 160-161.

10. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса получения гидроксида магния из азотнокислых растворов разложения доломита XV MIĘDZYNARODOWEJ NAUKOWIPRAKTYCZNEJ KONFERENCJI. WSCHODNIE PARTNERSTWO. Болгария. - 2019. 07-15 września 2019 roku. Volume 4. -С. 6-8.

11. Михлиев О.А., Бобокулова О.С., Усманов И.И., Мирзакулов Х.Ч. Получение гидроксида магния из доломита Дехканабадского месторождения. Нур-Султан (Астана), Казакстан. - 2019. -С. 30-31.