

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА  
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**СОДДИҚОВ ФАТХИДДИН БУРХОНИДИНОВИЧ**

**ТЮБЕГАТАН ПАСТ НАВЛИ СИЛЬВИНИТИ ВА ГАЛИТЛИ  
ЧИҚИНДИСИНИ КАЛЬЦИНАЦИЯЛАНГАН ВА  
ОЗИҚ-ОВҚАТ СОДАСИГА КОМПЛЕКС ҚАЙТА  
ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

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

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

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

<b>Соддиқов Фатхиддин Бурхонидинович</b> Тюбегатан паст навли сильвинити ва галитли чиқиндисини кальцинацияланган ва озик-овқат содасига комплекс қайта ишлаш технологиясини яратиш.....	3
<b>Соддиқов Фатхиддин Бурхонидинович</b> Разработка технологии комплексной переработки галитовых отходов и низкосортных сильвинитов Тюбегатана на кальцинированную и пищевую соду.....	21
<b>Soddikov Fatkhiddin Burkhonidinovich</b> Working out of technology of complex processing halite waste and low- grade sylvinites of Tyubegatan to calcinated and baking soda.....	39
<b>Эълон қилинган ишлар рўйхати</b> Список опубликованных работ List of published works.....	42

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА  
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**СОДИҚОВ ФАТХИДДИН БУРХОНИДИНОВИЧ**

**ТЮБЕГАТАН ПАСТ НАВЛИ СИЛЬВИНИТИ ВА ГАЛИТЛИ  
ЧИҚИНДИСИНИ КАЛЬЦИНАЦИЯЛАНГАН ВА  
ОЗИҚ-ОВҚАТ СОДАСИГА КОМПЛЕКС ҚАЙТА  
ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

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

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

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.3.PhD/Т431 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент кимё технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.iopx.uz](http://www.iopx.uz)) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Мирзакулов Холтура Чорневич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оponentлар:**

**Сейтгазаров Атаназар Рейпгазарович**  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Кавибергенов Атабек Туленбергенович**  
техника фанлари доктори

**Етакчи ташкилот**

**Фарғона политехника институту**

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc 27.06.2017.КТ.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «26» декабрь 2018 йил соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (99871) 262-79-90; e-mail: [iopxanguz@mail.ru](mailto:iopxanguz@mail.ru)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (30 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо-Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60).

Диссертация автореферати 2018 йил «12» декабрь куни тарқатилди.  
(2018 йил «12» декабрдаги № 30 - рақамли реестр баённомаси).



**Б. С. Закиров**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси, к.ф.д., профессор.

**Д.С. Салиханова**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
котибси, т.ф.д.

**Абдурахимов, С.А.**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
қошидаги илмий семинар раиси,  
т.ф.д., профессор

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

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда ҳар йили кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш ва ундан фойдаланиш ҳажми йилдан-йилга ортиб бормоқда. Сода кимё саноатининг энг қадимги маҳсулотларидан бири ҳисобланади, соданинг иштирокисиз шиша, кимё, металлургия, целлюлоза-қоғоз саноатларини тасаввур этиб бўлмайди. Сода нефть-кимё ва нефтни қайта ишлаш саноатларида, синтетик ёғ кислоталари ва юувчи воситалар ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади. Кислотали оқава сувларни нейтраллаш учун, улардан смоласимон ва органик бирикмаларни ажратиб олишда сода маҳсулотлари кўп миқдорда ишлатилади. Шунинг учун ишлаб чиқаришни кальцинацияланган сода билан етарли миқдорда таъминлаш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳон миқёсида калий хлорид ишлаб чиқариш саноати чиқиндилари – паст навли сильвинит рудалари ва галитли чиқиндиларни кальцинацияланган содага комплекс қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш борасида куйидаги илмий ечимларни асослаш: бегона қўшимчалардан тозаланган натрий хлориднинг тўйинган эритмасини олиш; тозаланган эритмани натрий карбонат олиш йўли билан қайта ишлаш; Тюбегатан кони паст навли сильвинит рудалари ҳамда галитли чиқиндиларидан кальцинацияланган сода олиш ва ҳосил бўлган чиқинди эритмаларни қайта ишлашнинг мақбул шароитларини аниқлаш, самарадор технологиясини ишлаб чиқиш зарур.

Республикада кимё саноатидаги аниқ ва кенг қўламли чора-тадбирлар натижасида мавжуд ва янги ишлаб чиқариш корхоналарини модернизация қилиш, хом ашё базасини маҳаллийлаштириш орқали импорт ўрнини босадиган янги маҳсулотлар олишга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасининг 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «саноатни ривожлантириш, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш, қишлоқ хўжалигини модернизация қилиш ва жадал ривожлантириш...»<sup>1</sup> вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан маҳаллий хом ашёлар асосида импорт ўрнини босадиган кимёвий маҳсулотлар, жумладан калий хлорид саноати чиқиндисидан кальцинацияланган сода олиш технологиясини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сонли «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони ҳамда 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сонли «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури» тўғрисидаги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПҚ-4947 «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги қарори.

вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Озуқавий турли хил хомашёлар ва утилизацияланган галитли чиқиндилардан кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш бўйича дунёда қўплаб илмий-техник адабиётлар мавжуд.

Кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш масалалари билан Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д., Крашенинников С.А., Мазунин С.А., Чечулин В.Л., Загидуллин Р.Н., Мухаметов А.А., Кузин Р.Е., Корнюшко В.Ф. ва бошқалар шуғулланишган.

Хомашё манбаларининг ҳар бир тури ўзига хос хусусиятга эга ва улар бир-бирдан таркиби бўйича кескин фарқ қилади. Бу эса ҳар бир хомашё турига иқтисодий жиҳатдан қулай ва қайта ишлаш йўлларининг минтақа учун мақбул бўлган алоҳида илмий ва технологик ёндашишни тақазо этади. Илмий-техник адабиётларда мавжуд бўлган кальцинацияланган сода олиш бўйича маълумотларни паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндилардан кальцинацияланган сода олиш учун татбиқ этиб бўлмайди, чунки паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндиларнинг таркиби ва улардаги қўшимчалар миқдори бўйича саноат ишлаб чиқариши шароитида ишлатилаётган хомашё манбаларидан кескин фарқ қилади.

Адабиётларда Тюбегатан кони сильвинит рудаларининг таркиби бўйича, уларнинг захираси, ҳосил бўладиган галитли чиқиндилар таркиби ва миқдори ҳақида геолого-минералогик маълумотлар мавжуд. Лекин, калий хлорид ишлаб чиқариш чиқиндиси – паст навли сильвинит рудалари ва галитли чиқиндисини кальцинацияланган содага қайта ишлаш тўғрисидаги маълумотлар мавжуд эмас.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институтини илмий-тадқиқот ишлари режасининг И-2013-11 «Калий ишлаб чиқариш корхонасининг галитли чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини тажриба-саноатда ўзлаштириш ва жорий этиш» (2013-2014 йй) инновацион лойиҳа; ЎзР табиатни муҳофаза қилиш бўйича давлат комитети билан «Калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндиларини қайта ишлаш технологиясини яратиш» № 01-10/13 рақамли тузилган шартнома (2013-2014 йй); А-12-017 «Калий хлориди ишлаб чиқариш корхонасини галитли ва сильвинитли чиқиндиларидан калцинацияланган сода олиш технологиясини яратиш» (2015-2017 йй) мавзуларидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Тюбегатан кони паст навли сильвинит рудалари ва галитли чиқиндиларни кальцинацияланган содага қайта ишлашнинг самарадор технологиясини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

Тюбегатан кони сильвинитларининг кимёвий ва минералогик таркибларини ўрганиш;

паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндиларнинг тўйинган эритмаларини кальций ва магнийдан тозалаш жараёнини тадқиқ қилиш;

паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндиларнинг тўйинган эритмаларини аммоний карбонат тузлари билан конверсиялаш, аммонийлаш ва карбонизациялаш жараёнини тадқиқ қилиш ҳамда оптимал технологик параметрларини аниқлаш;

қайта ишлаш жараёнида ҳосил бўладиган эритмалар, суспензиялар ва бўтқаларнинг реологик хоссаларини ўрганиш;

натрий бикарбонатни ажратиб олиш, қуритиш ва кальцинациялаш жараёнларини тадқиқ қилиш;

чиқинди эритмалар таркибини ўрганиш ва уларнинг комплекс қайта ишлаш усулларини топиш;

чиқинди эритмаларни қайта ишлашнинг оптимал технологик параметрларини аниқлаш ва уларни қайта ишлаш технологиясини яратиш;

паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндилардан кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш технологик схемаларини ишлаб чиқиш, моддий балансини тузиш, ишлаб чиқилган технологияларни дастлабки техник-иқтисодий самарадорлик ҳисобларини амалга ошириш.

Тадқиқотнинг объекти Тюбегатан кони сильвинит рудалари, калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндилари, натрий хлориднинг тўйинган эритмалари, натрий гидрокарбонат ва кальцинацияланган сода.

Тадқиқотнинг предмети Тюбегатан кони паст навли сильвинит рудалари ва галитли чиқиндиларидан тўйинган эритмалар олиш, олинган эритмаларни бегона моддалардан тозалаш, тозаланган эритмаларни аммиак ва карбонат ангидрид газлари иштирокида аммонизация, карбонизация қилиш, ҳосил бўлган натрий гидрокарбонатнинг кристалларини ажратиш, қуритиш, кальцинация қилиш, ажратиб олинган чиқинди эритмаларни қайта ишлаш жараёнларини тадқиқ этиш. Олинган натижалар асосида озик-овқат ва кальцинацияланган сода олиш технологиясини яратиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Кимёвий ва физик-кимёвий-рентгенофазавий, инфрақизил спектроскопия ва микроскопик таҳлил усулларидан фойдаланилган.

Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бора флотация машинасини қўллаган ҳолда галитли чиқиндиларни техник натрий хлоридга қайта ишлаш усули ишлаб чиқилган;

паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндилардан натрий хлориднинг бегона моддалардан тозаланган тўйинган эритмасини олишнинг оптимал технологик параметрлари яратилган;

натрий гидрокарбонат ҳамда тайёр маҳсулотнинг юқори унум билан олиш, қуритиш ва кальцинациялашнинг оптимал шароити аниқланган;

паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндиларни кальцинацияланган содага қайта ишлаш технологияси, ишлаб чиқаришнинг чиқинди эритмаларини қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:**

Тюбегатан кони паст навли сильвинитлари ва калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндиларидан кальцинацияланган ҳамда озик-овқат содасини олиш имконияти аниқланган;

“Дехқонобод калий заводи” МЧЖда галитли чиқиндиларни техник натрий хлоридга қайта ишлаш технологиясини татбиқ этиш кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш учун яроқли бўлган иккиламчи хом ашё олиш йўли билан калий хлорид ишлаб чиқариш саноати чиқиндиларини қайта ишлаш мумкинлиги исботланган;

Паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндилардан олинган, олдиндан тозаланган натрий хлориднинг тўйинган эритмасидан кальцинацияланган сода олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Фойдаланилган кимёвий (аналитик кимё) ва физик-кимёвий [рентгенфазали, ИҚ-спектроскопик, микроскопик] таҳлил натижалари тажриба-саноат қурилмаларида синовдан ўтганлиги ва уларнинг далолатномалари билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундаки, Тюбегатан паст навли сильвинитлари ва калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндиларини мамлакатимиз иқтисоди учун муҳим ва керакли бўлган кимёвий маҳсулот – кальцинацияланган сода ишлаб чиқаришга жалб қилиш учун асос бўлиб хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти** шундан иборатки, паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндиларни озик-овқат ҳамда кальцинацияланган содасига комплекс қайта ишлаш технологияси яратилган. Кальцинацияланган сода олиш учун яроқли бўлган техник натрий хлорид тузини ишлаб чиқариш жараёни флотация машинасини қўллаган ҳолда галитли чиқиндилардан фойдаланиш билан изохланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Тюбегатан кони паст навли сильвинитлари ва калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндиларни кальцинацияланган содага қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

натрий хлорид олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан ихтирога патент олинган (№ IAP 05633, 2018 й.). Натижада шу усул кальцинацияланган, каустик содалар, магний хлорат олиш учун яроқли бўлган техник натрий хлорид олиш имконини берган;

флотация машинасини қўллаган ҳолда калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндиларини техник натрий хлоридга қайта ишлаш технологияси «Дехқонобод калий заводи» МЧЖда амалиётга жорий этилган («Ўзкимёсаноат» АЖнинг 2018 йил 9 ноябрдаги 01/3-5055/А-сон



маълумотномаси). Натижада Тюбегетан кони паст навли сильвинитлари ва калий хлорид ишлаб чиқаришнинг галитли чиқиндиларини sanoat ишлаб чиқаришига жалб қилиш орқали озик-овқат ва кальцинацияланган сода олиш имконияти яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқро ва 8 та Республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 21 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссияси томонидан чоп этиш тавсия этилган журналларда 8 та мақола, жумладан 6 таси Республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган, ҳамда 1 та ихтирога патент олинган.

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

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазибалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объект ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари, уларнинг амалиётга жорий этилиши баён қилинган, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

«Кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш соҳасининг ҳозирги ҳолати» деб номланган биринчи бобда кальцинацияланган сода ишлаб чиқаришнинг ҳозирги ҳолати, натрий гидрокарбонат ҳамда кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш усуллари ва ҳажмлари баён этилган бўлиб, галит чиқиндилари ҳамда уларни қайта ишлаш ва утилизациялаш ҳақидаги маълумотлар келтирилган. Адабиёт материаллари таҳлили асосида тадқиқотнинг мақсад ва вазибалари шакллантирилган.

«Бошланғич, оралик ва тайёр маҳсулотлар тавсифи» деб номланган иккинчи боби Тюбегетан кони сильвинитлари ва калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндиларига бағишланган, тадқиқотни ўтказишда ишлатилган сильвинитлар ва галитли чиқиндиларининг таркиби, тажрибаларни ўтказиш услублари, шунингдек кимёвий таҳлил ва физик-кимёвий тадқиқот усуллари келтирилган.

«Паст навли сильвинит рудаларидан кальцинацияланган сода олиш тадқиқоти» деб номланган учинчи боби Тюбегетан кони паст навли сильвинитларидан кальцинацияланган сода олиш тадқиқотига бағишланган.

Заррача ўлчамига боғлиқ ҳолда калий хлорид ва сувда эримайдиган қолдиқ (э.қ) бир текисда тақсимланмаган ва таркиби бўйича кескин фарқ қилади. Бошланғич сильвинит фракцияси ўлчами 0,9 дан 0,15 мм гача кичрайиб бориши билан калий хлорид миқдори таркибида 29,20% KCl

бўлган руда учун 31,3% дан 22,9% камаяди, э.к. улуши эса 3,0% дан 4,4% гача ортади ҳамда 21,5% KCl бўлган руда учун 23,0% дан 16,15% камаяди, э.к. улуши эса 2,44% дан 3,45% гача ортади. Худди шундай ўзгаришлар нисбатан кам миқдорда KCl бўлган рудаларда ҳам содир бўлади. Тадқиқот учун таркибида 11,06-34,74% KCl ва 2,41-4,10% э.к. бўлган 8 хил сильвинит намуналари таркиби ўрганилди.

Сильвинитларни сувда эрувчанлигини ўрганиш учун таркибида 11,06% (намуна 1), 15,33% (намуна 2), 24,44% (намуна 5) ва 34,74% (намуна 8) калий хлорид бўлган паст навли сильвинитлар намуналаридан фойдаланилди.

Тадқиқот хона ҳароратида (25°C), Қ:С нисбатга боғлиқ ҳолда атмосфера босимида ва 5 соат аралаштириш давомийлигида ўтказилди.

Бошланғич рудадаги калий хлорид ортиб бориши билан сильвинит намуналарининг максимал эрувчанлиги Қ:С нисбат 1:2,50 дан 1:2,15 гача ортади, бунда тўйинган эритмадаги калий хлорид миқдори 3,18% дан 11,11% гача ортади, натрий хлорид миқдори 24,07% дан 18,74% гача камаяди, бунда натрий хлорид миқдори Қ:С нисбат ўзгариши билан тўйинган эритмага мувофиқ келадиган максимум орқали ўтади, кальций ва магний хлоридларининг миқдори мувофиқ ҳолда 0,32% дан 0,72% гача ва 0,19% дан 0,51% гача ортади. Суяқ фазага туз унуми унинг умумий массасининг 95,84-97,50% ни ташкил этади.

Тиндириш жараёнини ўрганиш шуни кўрсатадики, сильвинит рудаларини сувда эритилишидан олинган маҳсулотларни тиниши дастлабки 15 минутда нисбатан жадал содир бўлади, сўнгра тиниш тезлиги пасаяди ва 40 минутдан сўнг тиниш тезлиги 20°C ҳароратда 1-намуна учун Қ:С-1:2 да 81,90% га, Қ:С-1:2,50 да 96,70% га, Қ:С-1:2,55 да 96,80% га етади.

Қ:С бошланғич нисбат ва ҳароратнинг қуюлган қисм филтрлаш тезлигига таъсири бўйича тадқиқот натижалари Қ:С нисбат ортиши билан эритма бўйича ҳам, чўкма бўйича ҳам филтрлаш тезлигининг пасайишини кўрсатди. Масалан, 20°C ҳароратда 1-намуна учун қуюлган чўкма бўйича филтрлаш тезлиги Қ:С бошланғич нисбати 1:2,0 бўлганда 1140,08 кг/м<sup>2</sup>-соатни, Қ:С=1:2,50 да бу кўрсаткич 814,88 кг/м<sup>2</sup>-соатни ва Қ:С-1:2,55 да 783,61 кг/м<sup>2</sup>-соатни ташкил этади.

Филтрлаш тезлигига сильвинит таркибидаги э.к. қатга таъсир кўрсатади. Масалан, эримайдиган қолдиқ миқдори 2,41-2,45% бўлганда эримайдиган қолдиқ миқдори 3,28-4,03% бўлгандагига нисбатан филтрлаш тезлиги юқори бўлади, бу ёмон филтрланадиган майда фракцияли эримайдиган қолдиқнинг кўп миқдорда ҳосил бўлиши билан изоҳланади. Ҳарорат 20 дан 80°C гача ортганда қуюлган чўкма бўйича ҳам, филтрат бўйича ҳам ва нам чўкма бўйича ҳам филтрланиш тезлиги ортади. Филтрлашнинг энг яхши тезлиги Қ:С=1:2,50 да кузатилади, бунда филтрлаш тезлиги 20-80°C ҳарорат оралиғида филтрат бўйича 757,51-1150,99 кг/м<sup>2</sup>-соатни, нам чўкма бўйича 57,37-87,17 кг/м<sup>2</sup>-соатни ташкил этади.

Тўйинган эритмалардан ажратиб олинган қаттиқ фазанинг таҳлили шуни кўрсатадики, у 96,60-97,07% э.к. иборат бўлади. Натрий хлорид

микдори 2,05-2,54%, калий хлорид микдори эса 0,34-1,22% ни ташкил этади. Кальций ва магний хлоридлари 0,1% дан ошмайди. Э.к. унуми сільвинитдаги бошланғич микдорига нисбатан 2,50 - 4,16% ни ташкил қилади.

Сільвинит эритмаларини кальций ва магний ионларидан тозалаш учун ишқор-содали усул қўлланилди, унинг моҳияти магний ионларини кальций гидроксид билан, ортиқча кальций ионларини эса кальцинацияланган сода билан чўктириш ҳисобланади.

Қўшиладиган кальций оксид ва натрий карбонат микдори  $MgO:CaO$  и  $CaO:CO_2$  нисбат орқали аниқланади. Биринчи босқичда сільвинитнинг тўйинган эритмасига аралаштириб турган ҳолда магний гидроксидни чўктириш учун 1:1 моль нисбатида кальций оксид қўшилди. Сўнгра 5 дақиқадан сўнг эритмага  $CaO:CO_2=1:1,05$  моль нисбатгача кальцинацияланган сода қўшилди.

Ишқор-содали усул билан олинган тозаланган эритмалар таркибида фақат натрий ва калий хлоридлари бўлади ҳамда кальций ва магний хлоридлари амалда бўлмайди. Тозаланган тўйинган эритмалар унуми сільвинит рудасининг турига боғлиқ ҳолда унинг умумий массасининг 98,36-99,35% ни ташкил этади. Паст навли сільвинит турига боғлиқ ҳолда натрий хлорид микдори 20,10-24,62%, калий хлорид микдори эса 3,18-11,10% ни ташкил этади (1-жадвал).

1-жадвал

$MgO:CaO=1:1$  ва  $CaO:CO_2=1:1,05$  нисбатида тозалангандан сўнг паст навли сільвинитлар тўйинган эритмаларининг кимёвий таркиби

Намуна	Қ:С	Тозалангандан сўнг суяқ фаза таркиби, оғир., %					Унум, %
		NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
1	1:2,50	24,62	3,18	—	—	72,20	99,35
2	1:2,43	23,66	4,51	—	—	71,83	98,99
5	1:2,20	22,31	7,72	—	—	69,97	98,83
8	1:2,15	20,10	11,10	—	—	68,83	98,36

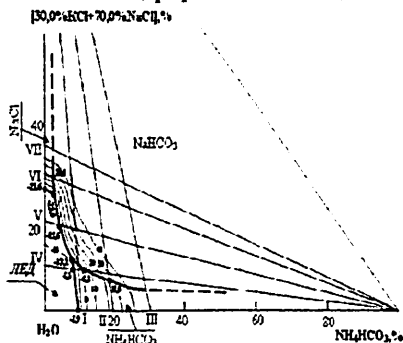
Суспензия заррачаларининг чўкиши секин содир бўлади ва 60 дақиқадан сўнг тиниш даражаси сільвинит намунасига боғлиқ ҳолда 68,00-89,26% ни ташкил этади. 1-намунада кальций карбонат ва магний гидроксидларнинг тўлиқ чўкиш вақти 20°C ҳароратда 110 дақиқадан кейин, 40°C ҳароратда 90 дақиқадан кейин ва 60°C ҳароратда 70 дақиқадан кейин кузатилади.

Намуна рақами ортиб бориши билан тиниш тезлигини пасайишини сільвинитдаги магний микдорининг кўпайиши ва шунга мувофиқ ҳолда қийин чўкадиган ҳамда амалда натрий ва калий хлоридлар микдорига боғлиқ бўлмаган ҳолда ҳосил бўладиган магний гидроксиди микдори билан изохланади.

Ҳарорат 20°C дан 60°C гача ортиши билан куюлган чўкмани филтрлаш тезлиги суспензия учун 615,00 кг/м<sup>2</sup>-соатдан 858,87 кг/м<sup>2</sup>-соатгача, филтрат бўйича 610,96 кг/м<sup>2</sup>-соатдан 853,23 кг/м<sup>2</sup>-соатгача ортади. Эритмалардаги магний микдори ортганда филтрлаш тезлиги пасаяди.

Қаттиқ фаза таркибида 2,22-2,62% натрий хлорид, 18,59-20,08% магний гидроксид ва 76,47-78,45% кальций карбонат бўлади.

Системанинг фазали диаграмма ҳолатида визуал-политермик усул билан [10,0-30% KCl + 90,0-70% NaCl] – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O системаларини ўрганиш натижасида муз, бир ва икки сувли натрий хлорид, натрий ва аммоний бикарбонатларининг кристалланиш соҳаси аниқланди (1-расм). Учлик системанинг учта тугун нуқтаси белгиланди, учта турли ҳил қаттиқ фазаларни биргаликда кристалланиши кузатилди. Уларнинг таркиби ва кристалланиш ҳарорати аниқланди.



1- расм. [30,0% KCl + 70,0% NaCl] – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O системанинг политермик эрувчанлик диаграммаси.

Олинган натижалар шуни кўрсатдики, ўрганилган системаларда алоҳида қаттиқ фаза сифатида ушбу системалар учун янги бирикма – натрий бикарбонат ҳосил бўлади. Системада KCl миқдорини ортиши натрий гидрокарбонат чиқимини ортишига сабаб бўлади, бу KCl таъсирида тузланишни англалади.

Системанинг бошқа компонентларига нисбатан натрий бикарбонатнинг эрувчанлиги жуда кам бўлади ва шунинг учун алоҳида қаттиқ фаза сифатида у осон

кристалланиши ва унинг кристалланиш соҳаси политермик диаграмманинг асосий қисмини эгаллайди. Бу калий ва натрий хлоридлари аралашмасининг сувли эритмасига аммоний бикарбонат қўшиш йўли билан натрий бикарбонат ажратиб олиниши, сўнгра ундан кальцинацияланган сода олиш мумкинлигини кўрсатади.

Натрий хлорид тозаланган эритмасини бир вақтнинг ўзида аммонийлаш ва аммоний карбонат тузлари билан карбонизациялаш бўйича тадқиқотларда Na<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub>:CO<sub>2</sub> моль нисбати 1:1,12:0,8 дан 1:2,11:1,50 гача ортиши натижасида натрий хлориднинг аммоний карбонат ва бикарбонатлари билан аралашмасида № 8 намуна учун конверсия даражаси 72,20 дан 81,76% гача ортади. Na<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub>:CO<sub>2</sub> моль нисбати 1:1,47:1,05 бўлганда конверсия даражаси 81,66% га етади.

Моль нисбатининг янада оширилиши конверсия даражасига амалда таъсир кўрсатмайди. Қаттиқ фазадаги натрий карбонат миқдори 99,62% дан кўп бўлади ва моль нисбати ортганда оз миқдорда пасаяди.

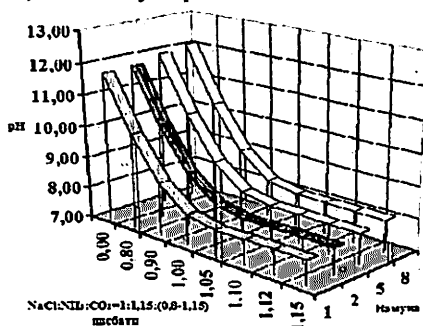
Аммонийлаштириш ва карбонизациялашни алоҳида ўтказиш бўйича тадқиқот шуни кўрсатдики, бунда Na<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub>=1:1,20 нисбатгача қаттиқ фаза ҳосил бўлмайди. Эритмада калий хлорид миқдори ортиб бориши билан юқоридидаги нисбат 1:1,30 ва 1:1,50 гача камаydi. Аммиак улуши ортиб бориши билан суяқ фазада натрий ва калий хлоридлари миқдори камаydi. Масалан № 1 намунада Na<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub> нисбат 1:0,80 дан 1:2,50 гача ортаганда натрий хлорид миқдори 23,29% дан 20,24% гача, калий хлорид миқдори

3,01% дан 1,69% гача камаяди. Бунда аммиак микдори 5,41% дан 15,50 % гача, рН эса 11,50 дан 12,21 гача ортади.

Ҳосил бўладиган қаттиқ фаза таркиби ҳам сезиларли ўзгаради.  $\text{NaCl}:\text{NH}_3=1:1,20$  нисбатда натрий хлорид улуши 87,75% дан 1:2,50 нисбатда 50,80% гача камаяди. Мувофиқ равишда калий хлоридни эритмадаги умумий улушидан қаттиқ фазага ўтиш даражаси  $\text{NaCl}:\text{NH}_3=1:1,20$  нисбатдан 1:2,0 нисбатгача 3,60% дан 43,11% гача ортади, сўнгра  $\text{NaCl}:\text{NH}_3=1:2,0$  нисбатдан 1:2,5 нисбатгача 43,11% дан 38,53% гача камаяди, бу суяқ фазада аммиак микдори 12,85% дан кўп ортганда калий хлорид эришининг қайтар жараёни содир бўлишини кўрсатади.

Суяқ ва қаттиқ фазалар таркиблари ўзгаришидаги ўхшаш қонуният бошқа намуналарда ҳам кузатилади.

Аммонийлашган эритмаларни карбонизациялаш бўйича тадқиқотлар натижаларига кўра,  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  нисбат 1:0,8:0,8 дан 1:1,30:1,30 гача ортганда  $\text{NaCl}$  нинг  $\text{NaHCO}_3$  га конверсия даражаси маълум чегарагача ортади. Масалан,  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  нисбатда конверсия даражаси № 1-намуна учун 80,84%, № 2-намуна учун 81,75%, № 5-намуна учун 82,20% ва № 8-намуна учун 82,80% бўлади. Бу шуни кўрсатадики, натрий бикарбонат олиш учун  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  нисбатни ушлаб туриш етарли бўлади. Аммонийлаш даражасини ошириш натрий ва калий хлоридлар чўкмасини ажралишига, карбонизациялаш жараёнини ошириш эса  $\text{CO}_2$  ни йўқотилишига олиб келади. Бунда натрий бикарбонат унуми 76,20% дан 76,77% гачани ташкил этади. Ажратиб олинган натрий бикарбонат таркибида  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , эрмайдиган қолдиқ бўлади. Намлик 13,69% дан 14,37% гача ўзгаради.



2- расм.  $\text{NaCl}:\text{NH}_3=1:1,15$  нисбатда аммонийлашган натрий хлорид эритмасини карбонизациялаш даражасига рН муҳитининг таъсири

Барча намуналар учун  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3=1:1,15$  нисбатдаги аммонийлашган эритмани карбонизациялаш даражасига рН муҳитининг таъсири бўйича тузилган номограмма рНнинг ўзгармас қийматига эришганда, карбонизациялаш жараёни яқунланганини аниқлашга ёрдам беради (2-расм).

2-жадвалда  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  моль нисбатида 1-, 2-, 5- ва 8- намуналардан олинган натрий гидрокарбонатнинг кимёвий

таркиби маълумотлари келтирилган. Маҳсулотнинг тозалик даражаси 99,76-99,78% ни ташкил этади. Калий хлорид 0,014-0,042%, натрий хлорид 0,172-0,181% ва э.к. 0,026-0,027% асосий қўшимчалар ҳисобланади. Маҳсулот микдорий ва сифат кўрсаткичлари бўйича озуқавий сода учун ДАСТ 32802-2014 талабларига мувофиқ келади. Натрий гидрокарбонатдан олинган натрий карбонат таркибида 99,62-99,65% асосий модда бўлади (3-жадвал).

Қўшимчалар миқдори натрий гидрокарбонатга нисбатан кўпроқ 0,022-0,066% KCl, 0,273-0,286% NaCl ва 0,041-0,042% э.к бўлади.

2-жадвал

$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  моль нисбатда ажратиб олинган натрий гидрокарбонати кимёвий таркиби

№	Намуна	Кимёвий таркиб, огир., %				Конверсия даражаси, %	NaHCO <sub>3</sub> унуми, %
		NaHCO <sub>3</sub>	KCl	NaCl	э.к.		
1	1	99,78	0,014	0,181	0,027	80,84	76,20
2	2	99,77	0,023	0,178	0,027	81,65	76,62
3	5	99,77	0,033	0,175	0,026	82,20	76,76
4	8	99,76	0,042	0,172	0,026	82,80	76,77

3-жадвал

$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  моль нисбатда ажратиб олинган натрий карбонат кимёвий таркиби

№	Намуна	Кимёвий таркиб, огир., %				Конверсия даражаси, %	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> унуми, %
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KCl	NaCl	э.к.		
1	1	99,65	0,022	0,286	0,042	80,84	76,20
2	2	99,64	0,037	0,281	0,042	81,65	76,62
3	5	99,63	0,052	0,277	0,041	82,20	76,76
4	8	99,62	0,066	0,273	0,041	82,80	76,77

Натрий бикарбонат ажратилгандан сўнг таркибида натрий, калий, аммоний хлоридлари, NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> ва NH<sub>3</sub> бўлган чиқинди эритма ҳосил бўлади (4-жадвал).

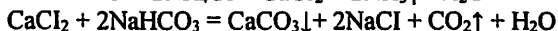
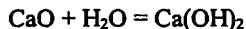
4-жадвал

$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  нисбатда конверсияланган сўнг чиқинди эритма кимёвий таркиби

№	Намуна	Кимёвий таркиб, огир., %					
		NaCl	KCl	NaHCO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
1	1	4,67	3,18	1,78	18,07	3,85	2,20
2	2	4,24	4,51	1,85	17,55	3,56	2,06
3	5	3,89	7,73	1,88	16,67	3,27	1,91
4	8	3,34	11,12	1,86	15,19	2,86	1,69

3-4,5% KCl ди бўлган чиқинди эритма таркибидаги аммиакни регенерация қилгандан сўнг ташлаб юборилади, таркибида 7,73-11,12% KCl ди бўлган чиқинди эритма эса қуйидаги тизим бўйича қайта ишланади. Аммиак ва карбонат ангидридни карбонизация жараёнига қайтариш мақсадида чиқинди эритма 80°C ҳароратда уни таркибидаги NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> ва NH<sub>3</sub> кўринишида бўлган аммиак ва карбонат ангидридни ажратишгача буғлатилади. Натижада таркибида парчаланмайдиган бирикмалар бўлган эритма ҳосил бўлади. Унинг асосий компонентлари калий, натрий ва аммоний хлоридлари, шунингдек натрий бикарбонат ҳисобланади.

Эритмани натрий бикарбонатдан тозалаш учун натрий бикарбонатни боғлашга талаб этиладиган миқдорда кальций оксид қўшилади:



Бунда кальций оксид сув билан таъсирлашиб кальций гидроксид ҳосил қилади, у аммоний хлорид билан таъсирлашиши натижасида кальций хлорид ҳосил бўлади, ҳосил бўлган кальций хлорид натрий бикарбонат билан таъсирлашиши натижасида эса кальций карбонат ҳосил қилади. Кальций карбонат ажратиб олингандан сўнг таркибида 4,93-6,38% натрий, 3,43-11,82% калий ва 14,88- 18,28% аммоний хлоридлари бўлган эритма олинади.

Кальций карбонатнинг ювилмаган нам чўкмаси таркибида 89,87-90,16% асосий модда, 6,73-7,29% намлик ҳамда оз миқдорда натрий, калий ва аммоний хлоридлари бўлади (5-жадвал).

5-жадвал

### Кальций карбонат чўкмасининг кимёвий таркиби

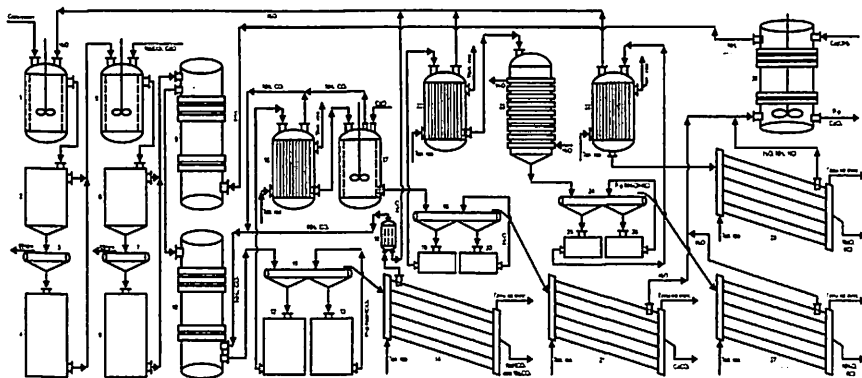
№	Намуна	Кимёвий таркиб, оғир., %				
		KCl	NaCl	NH <sub>4</sub> Cl	CaCO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
Ювилмаган нам CaCO <sub>3</sub>						
1	1	0,35	0,65	1,85	89,87	7,29
2	2	0,49	0,60	1,78	89,89	7,24
3	5	0,83	0,56	1,66	89,96	6,99
4	8	1,16	0,49	1,47	90,16	6,73
Ювилмаган қуруқ CaCO <sub>3</sub>						
5	1	0,38	0,70	2,00	96,93	-
6	2	0,53	0,65	1,92	96,91	-
7	5	0,89	0,60	1,79	96,72	-
8	8	1,25	0,52	1,57	96,66	-

Ювилмаган нам кальций карбонатнинг қуритилган намуналари таркибида 96,66-96,93% асосий модда ҳамда калий, натрий ва аммоний хлоридлари қўшимчаси бўлади.

Сув билан ювилган кальций карбонат қуритилгандан кейин таркиби 99,80% дан кам бўлмаган кальций карбонатдан иборат бўлади.

Кальций карбонат ажратилгандан кейин таркибида калий, натрий ва аммоний хлоридлари бўлган суюқ фаза буглатилди. Бугланадиган сув миқдори ортиб бориши билан калий ва натрий хлоридлари миқдори ортиб боради, аммоний хлорид миқдори эса камаydi. Ўтказилган тадқиқотлар асосида натрий ва калий хлоридлари қўшимчаси бўлмаган аммоний хлорид ажратиб олинadиган шарoитлар танланди ҳамда таркибида 5,51-10,19% калий хлорид, 9,33-10,24% натрий хлорид ва 14,04-16,85% аммоний хлорид бўлган тўйинган эритма олинди. Чикинди эритма қуритилгандан ва 350°C ҳароратда термик ишлов берилгандан сўнг таркибида 34,98% дан 52,20% гача калий хлорид ва 47,80% дан 65,02% гача натрий хлорид бўлган маҳсулот олинди, унинг таркиби юқори сифатли сильвинитга мувофиқ келади ва уни калий хлорид ишлаб чиқаришида ишлатиш мумкин.

3-расмда Тубегатан кони паст навли сильвинитларидан кальцинацияланган сода олиш ва ҳосил бўлган чикинди эритмаларини қайта ишлаш технологик тизими келтирилган.



**3-расм. Паст навли сільвинитлардан кальцинацияланган сода олиш технологик тизими**

Бошқа вариант бўйича таркибида 10-15% калий хлорид тутган паст навли сільвинит рудаларини натрий хлориднинг тўйинган эритмаси билан бойитилади, қуйқа қисми ажратиб олинади, суюқ қисми эса калий хлорид ишлаб чиқаришга қайтарилади. Қуйқа қисми натрий хлориддан иборат бўлиб, уни кальцинацияланган содага қайта ишланади.

Паст навли сільвинитлардан юқори самарадорликга эга бўлган кальцинацияланган сода ишлаб чиқаришнинг дастлабки техник-иқтисодий ҳисоблари шуни кўрсатдики, таркибида 10-25% KCl тутган рудалардан 100 минг т кальцинацияланган сода ишлаб чиқарилганда иқтисодий самарадорлик 9,015 млрд сўмни ва ҳосил бўлган чикинди эритмаларни қайта ишлаш орқали иқтисодий самарадорлик 16,624 млрд сўмни ташкил этди.

«Галитли чикиндилардан кальцинацияланган сода олиш бўйича тадқиқотлар» деб номланган тўртинчи боб калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чикиндиларидан кальцинацияланган сода олиш тадқиқотларига бағишланган.

Галитли чикиндилар таркибида 6-7% гача калий хлорид бўлади. Уларни таркибидаги KCl ни камлигини эътиборга олиб, флотация машинасини қўллаган ҳолда галитли чикинди тўйинган эритмасида калий хлоридни эритиш йўли билан техник натрий хлорид олиш технологияси яратилди. Технология «Дехқонобод калий заводи» МЧЖга татбиқ этилди ва патент билан ҳимояланди. Кейинги тадқиқотлар учун қуруқ моддага ҳисоблаганда таркибида  $\text{Na}_2\text{O}$  – 48,54%;  $\text{K}_2\text{O}$  – 2,65%;  $\text{CaO}$  – 0,34%;  $\text{Cl}^-$  – 57,59%;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 0,58%; э.қ – 3,08% бўлган галитли чикиндидан саноат ишлаб чиқариш шароитида олинган ва таркибида  $\text{Na}_2\text{O}$  – 50,45%;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,35%;  $\text{CaO}$  – 0,33%;  $\text{Cl}^-$  – 58,04%;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 0,56%; э.қ – 3,06% бўлган техник натрий хлориддан фойдаланилди.

Қ:С нисбат 1:2 дан 1:3 гача ўзгарганда техник натрий хлоридни сувда эрувчанлигини тадқиқ қилиш шуни кўрсатадики, бунда Қ:С нисбат 1:3,0 дан 1:2,0 гача ортганда натрий оксид микдори Қ:С=1:2,5 да 12,71% дан 14,03%



гача ортади ва сўнгра  $K:C=1:2$  да 13,99% гача камаяди.  $C:K$  нисбат ортганда бошқа компонентлар миқдори ортади. Масалан,  $K_2O$  миқдори  $C:K=3:1$  да 0,088% дан  $C:K=2:1$  да 1,128% гача ортади. Шунга мос равишда  $CaO$ ,  $Cl$ ,  $SO_4^{2-}$  миқдорлари ҳам ортади. Тўйинган эритма ажратиб олингандан кейин қолган қаттиқ қолдиқнинг таҳлили натижаларига кўра, унинг таркиби 97,15-97,45% сувда эримайдиган қолдиқдан иборат бўлади.  $C:K$  нисбат 2,7:1 дан 3:1 гача ўзгарганда натрий оксид миқдори 1,48-1,30%, калий оксид миқдори 0,010-0,009% ни ташкил этади.  $C:K$  нисбат 2,7:1 дан кичик бўлганда техник натрий хлорид тўлиқ эримайди.  $K:C$  нисбат 1:2,8 да олинган эритмани кальцийдан тозалаш жараёни ўрганилди. Бунда  $CaO:CO_2=1:(1,0-1,05)$  нисбатда кальцинацияланган содадан фойдаланган ҳолда кальцийдан тозаланган тўйинган эритма таркибида фақат натрий ва калий тузлари бўлади, амалда кальций кам миқдорда бўлди. Чўкма таркибида 1,31%  $Na_2O$ , 0,008%  $K_2O$ , 7,72%  $CaO$ , 83,72% э.к. бўлади.  $K:C$  нисбат 1:2,80 да олинган эритмадан кальций карбонатни филтрлаб ажратилгандан сўнг олинган эритма таркиби (огир. %):  $K_2O - 0,09$ ;  $Na_2O - 13,47$ ;  $CaO - 0,012$ ;  $Cl - 15,40$ ;  $SO_4^{2-} - 0,15$ ;  $Na_2CO_3 - 0,031$  бўлади.

Натрий хлориднинг тозаланган эритмасини 60 дақиқа мобайнида аралаштириб турган ҳолда бир пайтнинг ўзида аммоний карбонат тузлари билан аммонийлаш ва карбонизациялаш кўрсатдики,  $Na_2O:NH_3:CO_2$  нисбат 1:1,12:0,80 дан 1:2,11:1,50 гача ортганда ҳосил бўлган бўтқанинг 20°C ҳароратда  $Na_2O:NH_3:CO_2$  нисбат ортиб бориши билан рН муҳити  $Na_2O:NH_3:CO_2=1:1,12:0,80$  нисбатда 7,469 дан  $Na_2O:NH_3:CO_2=1:2,11:1,50$  нисбатда 7,726 гача ортади. 50°C да эса 7,184 дан 7,431 гача ортади. Жараён давомийлиги 60 дақиқага етганда ва ундан кўп бўлганда барча нисбатларда рН муҳити амалда ўзгармайди.  $Na_2O:NH_3:CO_2$  моль нисбати 1:1,12:0,80 дан 1:2,11:1,50 гача ортганда натрий хлориднинг аммоний карбонат ва бикарбонатлари аралашмаси билан конверсия даражаси 71,03% дан 79,86% гача ортади.  $Na_2O:NH_3:CO_2$  нисбати 1:1,47:1,05 бўлганда натрий карбонат унуми 75,31% га этади. Моль нисбатининг кейинги ортиши конверсия даражасига амалда таъсир кўрсатмайди. Қаттиқ фазадаги натрий карбонат миқдори 99,6% дан кўп бўлади.

Аммонийлаш даражасининг натрий хлоридни тозаланган ва тўйинган эритмаси кимёвий таркибига таъсирини тадқиқ қилиш шуни кўрсатадики,  $Na_2O:NH_3$  нисбатнинг 1:0,80 дан 1:2,11 гача ортиши эритмадаги  $Na_2O$  миқдорини 12,74% дан 11,67% гача камайтиради, бунда хлор миқдори 14,54% дан 13,32% гача камаяди,  $NH_3$  миқдори эса 5,58% дан 13,48% гача ортади. Аммонийлаш жараёнида  $Na_2O:NH_3$  нисбати 1:0,80 дан 1:2,11 гача ошганда рН муҳити 20°C ҳароратда 11,110 дан 11,299 гача ва 50°C да 10,00 дан 10,087 гача ортади.

Аммонийлашган натрий хлориднинг тозаланган ва тўйинган эритмасига  $CO_2$  ни ютириш орқали ҳосил бўлган бўтқанинг таркибида аммиак миқдори ортиб бориши билан аммиак улуши 0,80 дан 2,00 гача ортганда  $Na_2O$  миқдори 11,11% дан 9,99% гача камаяди. Хлор миқдори 12,71% дан 11,42% гача камаяди, карбонат ангидриди миқдори 5,58% дан 6,2%

дан 15,66% га 1:1,10:1,05 нисбатгача ортади ва сўнгра 14,89% гача камаяди. Карбонат ангидриднинг максимал миқдори компонентларнинг 1:1,10:1,05 - 1:1,15:1,05 нисбатида кузатилади, бу компонентларнинг нисбати саноат ишлаб чиқариш шароитидаги компонентлар нисбатига мувофиқ келади.

6-жадвалда натрий бикарбонат бўтқасини филтрлаб ажратиб олгандан сўнгра натрий бикарбонатнинг тўйинган эритмаси билан ювиб филтрлаб ажратиб олинган нам натрий бикарбонат таркиби келтирилган.

6-жадвал

**Ювишдан сўнгра натрий бикарбонат нам чўкмаси кимёвий таркибига  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  нисбатнинг таъсири**

$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$	Нам натрий бикарбонатнинг кимёвий таркиби, оғир., %							
	$\text{NaHCO}_3$	$\text{NaCl}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{KCl}$	$\text{NH}_3$	$\text{CO}_2$	э.к.	$\text{H}_2\text{O}$
1:0,8:0,8	86,90	0,121	0,020	0,003	0,27	0,70	0,018	11,68
1:0,9:0,9	84,84	0,132	0,021	0,003	0,49	1,27	0,019	12,71
1:1,0:1,0	83,01	0,141	0,022	0,004	0,61	1,57	0,020	13,98
1:1,10:1,05	81,62	0,144	0,022	0,004	0,67	1,73	0,021	15,08
1:1,15:1,05	81,01	0,144	0,022	0,004	0,77	1,99	0,021	15,23
1:1,20:1,05	80,55	0,143	0,021	0,004	0,81	2,09	0,021	15,51

$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  нисбатда аммиак улуши ортиб бориши билан нам чўкмадаги натрий бикарбонат миқдори 86,90% дан 80,55% гача камаяди.

Бу чўкмада намлик миқдорининг 11,68% дан 15,51% гача ортиб бориши билан изохлади. Аммонийлаш даражасини  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  нисбатгача оширилганда конверсия даражасини ортишига сезиларли таъсир кўрсатади ва аммонийлаш даражасини янада ортишига амалда таъсир кўрсатмайди.  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3 = 1:(1,10-1,15)$  нисбат учун техник туздан олинган аммонийлашган натрий хлорид эритмасини карбонизациялаш даражасига рН муҳитининг таъсири номограммаси тузилди, у карбонизация жараёнини тугагини аниқлаш имкониятини таъминлайди.

7-жадвалда кальцинацияланган соданинг кимёвий таркиби келтирилган. Тайёр маҳсулотдаги кальцинацияланган сода миқдори  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  нинг бошланғич нисбатига боғлиқ равишда 99,635-99,710% ни ташкил этади.

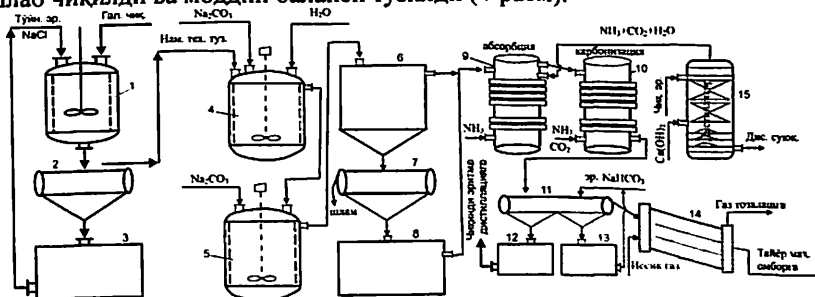
7-жадвал

**Кальцинацияланган сода кимёвий таркибига  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  нисбатнинг таъсири**

$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$	Кимёвий таркиб, оғир., %					Конверсия даражаси, %	$\text{Na}_2\text{O}$ унуми, %
	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{NaCl}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{KCl}$	э.к.		
1:0,8:0,8	99,710	0,220	0,037	0,00055	0,032	73,23	68,46
1:0,9:0,9	99,675	0,246	0,039	0,00069	0,035	76,36	71,72
1:1,0:1,0	99,652	0,268	0,041	0,00080	0,038	78,82	74,20
1:1,10:1,05	99,640	0,279	0,042	0,00086	0,040	79,75	75,29
1:1,15:1,05	99,636	0,281	0,042	0,00088	0,041	79,76	75,40
1:1,20:1,05	99,635	0,281	0,042	0,00088	0,041	79,76	75,40

Аммо, натрий бикарбонат олишдаги каби аммонийлаш даражасининг кичик қийматида конверсия даражаси ва маҳсулот унуми камаяди.

Кальцинацияланган сода олиш учун  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  нинг мақбул нисбати 1:1,15:1,05 ҳисобланади. Бунда конверсия даражаси 79,76% ни, унум 75,40% ни ташкил этади. Галитли чиқиндилардан кальцинацияланган сода олиш бўйича ўтказилган лаборатория тадқиқотлари асосида галитли чиқиндилар ва чиқинди эритмаларни қайта ишлашнинг технологик тизими ишлаб чиқилди ва моддий баланси тузилди (4-расм).



4-расм. Галитли чиқиндидан кальцинацияланган сода олиш технологик тизими

Галитли чиқиндилардан фойдаланиш орқали кальцинацияланган сода ишлаб чиқаришнинг дастлабки техник-иқтисодий ҳисоблари юқори самарадорликга эга эканлигини кўрсатди. 100 минг т кальцинацияланган сода ишлаб чиқарилганда иқтисодий самарадорлик 9,022 млрд сўмни ташкил этади. Бундан ташқари, галитли чиқиндиларни ташвиш, сақлаш майдонлари ва қўшимча калий хлорид эритмаси ҳосил бўлишини камайтириш ҳисобига иқтисодий самарадорлик 8,435 млрд сўмни ташкил этади.

## ХУЛОСА

1. Тيوبегатан кони сильвинит рудаларининг кимёвий ва фазавий таркиби ўрганилди. Тўйинган эритмалар тайёрлаш мақбул технологик параметрлари аниқланди: паст навли сильвинитларда  $K:C=1:(2,15\div 2,50)$ , галитли чиқиндиларда  $K:C=1:(2,7-2,8)$ , жараёни аралаштириш давомийлиги 5 соатдан кам эмас, атмосфера босими ва атроф-муҳит ҳарорати 20-40°C. Сувда эримайдиган қолдиқни ажратиш учун чўктириш усули тавсия этилди.

2. Кальций гидроксид ва кальцинацияланган содадан фойдаланган ҳолда оҳак-содали усул билан паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндилар тўйинган эритмаларини кальций ва магний ионларидан тозалаш жараёнлари ўрганилди.  $\text{MgO}:\text{CaO}$  нинг 1:1 ва  $\text{CaO}:\text{CO}_2$  нинг 1:1,05 моль нисбатига эритмаларни магний ва кальций ионларидан тўла тозалашга эришиш мумкинлиги кўрсатилди.

3. Паст навли сильвинитдан натрий бикарбонат олиш жараёнини физик-кимёвий асослаш учун  $(\text{KCl}+\text{NaCl})-\text{NH}_4\text{HCO}_3-\text{H}_2\text{O}$  уч компонентли системаси ўзаро таъсирлашуви тўлиқ музлаш ҳароратидан 40°C гача визуал-политерма

усулида ўрганилди. Муз, бир сувли ва сувсиз натрий хлорид, аммоний бикарбонатнинг кристалланиш соҳалари аниқланди. Системаларда алоҳида қаттиқ фаза сифатида бу системалар учун янги бирикма – натрий бикарбонат кристалланиш соҳалари аниқланди. Калий хлорид натрий гидрокарбонат тузини системадан сиқиб чиқариш хусусиятига эга эканлигини кўрсатди.

4. Паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндилар тўйинган эритмаларини аммоний карбонат тузлари билан конверсиялаш жараёни тадқиқ қилинди ва жараённинг мақбул технологик параметрлари аниқланди:  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2 = 1:1,47:1,05$ , атроф-муҳит ҳароратида конверсия давомийлиги 60 дақиқадан кам эмаслиги аниқланган.

5. Паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндилар тўйинган эритмаларини газсимон аммиак ва карбонат ангидрид билан аммонийлаш, карбонизациялаш ва конверсиялаш жараёнлари тадқиқ қилинди ва жараёнларнинг мақбул технологик параметрлари аниқланди:  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3 = 1:1,15$ ,  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2 = 1:1,15:1,05$ , рН-12,11-7,476. Бунда конверсия даражаси 79,76-82,80% ни, натрий бикарбонат унуми 75,40-76,77% ни ташкил этади.

6. Магний ва кальций ионларидан тозаланган ва тўйинган натрий хлорид эритмалари, чиқинди ва ювувчи эритмаларнинг реологик хоссалари ўрганилди. Уларнинг барчаси мақбул реологик хоссаларга эга эканлиги кўрсатиб ўтилди ва ҳеч қандай чекловларсиз насослар ёрдамида ташилиши мумкин.

7. Натрий хлориднинг тозаланган ва тўйинган эритмаларидан олинган натрий бикарбонатни ажратиб олиш, қуриштириш ва кальцинациялаш жараёнлари тадқиқ қилинди. Филтрлаш йўли билан чиқинди эритмадан натрий бикарбонатни осон ажратиб олиш мумкин. Бунда қаттиқ фаза бўйича филтрлаш тезлиги  $426,15-469,02 \text{ кг/м}^2\cdot\text{соат}$ ни ташкил этади. Қуриштириш ва кальцинация жараёни  $200-280^\circ\text{C}$  ҳароратда 30-60 дақиқа давом этади. Бунда таркибида (оғир. %):  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - 99,60 дан кам бўлмаган,  $\text{KCl}$  - 0,02-0,06,  $\text{NaCl}$  - 0,28-0,3 ва э.к. - 0,04 бўлган натрий карбонат ҳосил бўлади. Физик-кимёвий тадқиқотлар Тюбегатан кони паст навли сильвинитлари ва галитли чиқиндилардан олинган натрий карбонатнинг тозаллигини тасдиқлади.

8. Тюбегатан кони паст навли сильвинитлари ва калий хлорид ишлаб чиқариш галитли чиқиндиларини қайта ишлаш бўйича тадқиқот натижалари технологик тизимлар, оқимлар тизими ва моддий балансларини ишлаб чиқишга асос бўлди, улар «Дехқонобод калий заводи» МЧЖда тажриба намунасини ишлаб чиқариш йўли билан синовдан ўтказилган.

9. Паст навли сильвинитлар ва галитли чиқиндиларидан юқори самарадорликга эга бўлган кальцинацияланган сода ишлаб чиқаришнинг дастлабки техник-иқтисодий ҳисоблари уларнинг юқори самарадорлигини кўрсатди. 100 минг т кальцинацияланган сода ишлаб чиқарилганда иқтисодий самарадорлик паст навли сильвинитдан фойдаланилганда 25,64 млрд. сўм ва галитли чиқиндидан фойдаланилганда эса 17,46 млрд сўмни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**СОДДИКОВ ФАТХИДДИН БУРХОНИДИНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ  
ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ И НИЗКОСОРТНЫХ СИЛЬВИНИТОВ  
ТЮБЕГАТАНА НА КАЛЬЦИНИРОВАННУЮ И ПИЩЕВУЮ СОДУ**

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

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

**Ташкент – 2018**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2017.3.PhD/Т431.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www.iopx.uz](http://www.iopx.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Мирзакулов Холтура Чориевич</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Сейтназаров Атаназар Рейпназарович</b> доктор технических наук, старший научный сотрудник <b>Канпбергенов Атабек Тулепбергенович</b> доктор технических наук
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ферганский политехнический институт</b>

Защита диссертации состоится «26» декабря 2018 г. в «10<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 при Институте общей и неорганической химии и Ташкентском химико-технологическом институте (Адрес: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (зарегистрирована за № 30). (Адрес: 100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан «12» декабря 2018 года.  
(реестр протокола рассылки № 30 от «12» декабря 2018 года).



**Закиров Б.С.**  
Председатель научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.х.н., проф.

**Салиханова Д.С.**  
Заместитель секретаря научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н.

**Абдурахимов С.А.**  
Председатель Научного семинара при научном совете  
д.т.н., проф.

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире ежегодно увеличивается объем производства и применения кальцинированной соды. Сода является одним из старейших видов химической продукции, без которой не могут обойтись ни стекольная, ни химическая, ни металлургическая, ни целлюлозно-бумажная промышленности. Большое применение сода находит в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, при производстве синтетических жирных кислот и моющих средств. Значительное количество содопродуктов используется для нейтрализации кислых сточных вод, извлечения из них смолистых и органических соединений. Поэтому обеспечение промышленности кальцинированной содой в достаточном количестве является актуальной проблемой.

В мире для разработки технологии переработки галитовых отходов и низкосортных сильвинитовых руд - отходов калийного производства необходимо обосновать ряд научных решений, в том числе по следующим направлениям: разработка эффективных методов получения очищенных от сопутствующих примесей насыщенных растворов хлорида натрия; переработки очищенных растворов с получением гидрокарбоната натрия; получение кальцинированной соды и определить оптимальные условия переработки маточных растворов, необходимо разработать эффективную технологию.

В Республике в результате проведения конкретных, широкомасштабных мер в химической промышленности достигнуты реальные результаты по модернизации существующих и строительству новых производств, локализации сырьевой базы, выпуску новых импортозамещающих видов продукции. В третьем направлении стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 гг. отмечены важные задачи «развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов...»<sup>2</sup>. В этом отношении особое значение приобретает освоение выпуска импортозамещающих химических продуктов на основе местных сырьевых источников, в частности, разработка технологии получения кальцинированной соды из промышленных отходов калийного производства.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан» и Указе Президента Республики Узбекистан № УП 4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», Постановлении Президента

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах».

Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021годы», а также других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** В научно-технической литературе имеется большой объём материалов по производству кальцинированной соды из различных видов сырья и утилизированных галитовых отходов.

Вопросами усовершенствования технологии производства кальцинированной соды занимались Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д., Крашенинников С.А., Мазунин С.А., Чечулин В.Л., Загидуллин Р.Н., Мухаметов А.А., Кузин Р.Е., Корнюшко В.Ф. и др.

Каждый вид сырьевых источников имеет характерные особенности и сильно отличается по составу один от другого. Это требует для каждого нового вида сырья отдельных научных и технологических подходов, экономически оправданных и приемлемых для каждого региона путей переработки. Имеющиеся в научно-технической литературе сведения по получению кальцинированной соды нельзя перенести для получения кальцинированной соды из низкосортных сильвинитов и галитовых отходов, так как последние сильно отличаются по составу и содержанию примесей между собой и от используемых сырьевых источников в промышленных условиях.

В литературе имеются геолого-минералогические сведения по составу сильвинитовых руд Тюбегатанского месторождения, их запасах, о составе и количестве образующихся галитовых отходов. Однако, сведения о переработке отходов калийного производства - низкосортных сильвинитовых руд и галитовых отходов на кальцинированную соду отсутствуют.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Работа выполнена в рамках календарного плана научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института, инновационного проекта И-2013-11 – «Опытно-промышленное освоение и внедрение технологии переработки галитовых отходов калийного производства» на 2013-2014 гг.; договора с государственным Комитетом по охране природы РУз № 01-10/13 «Разработка технологии переработки галитовых отходов калийного производства» на 2013-2014 гг.; прикладного проекта А-12-017 – «Разработка технологии кальцинированной соды из галитовых и сильвинитовых отходов производства хлорида калия» на 2015-2017 гг.

**Целью исследования** является разработка эффективной технологии переработки низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов на кальцинированную соду.



### **Задачи исследования:**

изучение химического и минералогического составов сильвинитовых руд Тюбегатанского месторождения;

исследование процесса очистки насыщенных растворов низкосортных сильвинитов и галитовых отходов от кальция и магния;

исследование процесса конверсии насыщенных растворов низкосортных сильвинитов и галитовых отходов углеаммонийными солями, аммонизацией и карбонизацией и установление оптимальных технологических параметров;

изучение реологических свойств растворов, суспензий и пульп, образующихся в процессе переработки;

исследование процессов отделения, сушки и кальцинации бикарбоната натрия;

изучение состава маточных растворов и изыскание путей их комплексной переработки;

установление оптимальных технологических параметров процесса утилизации маточных растворов и разработка технологии их переработки;

разработка технологических схем, материальных балансов производства кальцинированной соды из низкосортных сильвинитов и галитовых отходов, проведение предварительных технико-экономических расчетов эффективности разработанных технологий.

**Объектом исследования** являются сильвинитовые руды Тюбегатанского месторождения, галитовые отходы калийного производства, насыщенные растворы хлорида натрия, гидрокарбонат натрия и кальцинированная сода.

**Предметом исследования** являются изучения полученных насыщенных растворов низкосортных сильвинитовых руд Тюбегатана и галитовых отходов, очистка полученных растворов от сопутствующих примесей, аммонизация и карбонизация полученных растворов аммиаком и карбонатангидридом, извлечения полученных кристаллов гидрокарбоната натрия, переработка полученных отходов. На основе полученных результатов разработать технологии пищевой и кальцинированной соды.

**Методы исследования.** Используются химические, физико-химические - рентгенографический, ИК - спектроскопический и микроскопические методы анализа.

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

впервые разработан способ переработки галитовых отходов на технический хлористый натрий с применением флотационной машины;

установлены оптимальные технологические параметры получения очищенных от примесей насыщенных растворов хлорида натрия из низкосортных сильвинитов и галитовых отходов;

выявлены оптимальные условия получения гидрокарбоната натрия, сушки и кальцинации с высоким выходом готового продукта;

разработаны технологии переработки низкосортных сильвинитов и галитовых отходов на кальцинированную соду, утилизации маточных растворов производства.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

определена возможность вовлечения низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов калийного производства в промышленный процесс получения кальцинированной соды;

доказана возможность переработки галитовых отходов на технический хлористый натрий на ООО «Дехканабадский калийный завод», которая позволяет утилизировать промышленные отходы калийного производства с получением вторичного сырья, пригодного для производства кальцинированной соды;

разработана технология получения кальцинированной соды из предварительно очищенных, насыщенных растворов хлорида натрия из низкосортных сильвинитов и галитовых отходов.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химических (аналитическая) и физико-химических [рентгенофазовый, ИК-спектроскопический, микроскопический] методов анализа подтверждены при проведении испытаний в опытных условиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость работы заключается в том, что она заложила основы для вовлечения низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов калийного производства в производство важной и нужной для экономики страны химической продукции - кальцинированной соды.

**Практическая значимость результатов исследования** заключается в разработке технологии комплексной переработки низкосортных сильвинитов и галитовых отходов на пищевую и кальцинированную соду. Разработана технология получения технической соли хлористого натрия из галитовых отходов с использованием флотомашин, пригодной для получения кальцинированной соды.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных данных по разработке технологии переработки низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов калийного производства на кальцинированную соду:

получен патент Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на изобретение (№ IAP 05633, 2018 г.). В результате появляется возможность получения технического хлористого натрия, пригодного для получения кальцинированной, каустической соды, хлората магния.

технология переработки галитовых отходов калийного производства на технический хлористый натрий с применением флотомашин внедрена на ООО «Дехканабадский калийный завод» (справка АО «Узкимесаноат» от «09» ноября 2018 года № 01/3-5055/А). В результате появляется возможность вовлечения в промышленное производство низкосортных сильвинитов

Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов калийного производства и получения пищевой и кальцинированной соды.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 4 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 21 научная работа, из них 8 научных статей, в том числе 6 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов, а также получен 1 патент на изобретение.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объекты и предметы исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Современное состояние в области производства кальцинированной соды» изложено современное положение в области производства кальцинированной соды, объемах и способах производства гидрокарбоната натрия и кальцинированной соды, приведены сведения о галитовых отходах и способах их переработки и утилизации. На основе анализа литературного материала сформулированы цель и задачи исследования.

Вторая глава «Характеристика исходных, промежуточных и готовых продуктов» посвящена характеристике сильвинитов Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов калийного производства, приведены составы используемых сильвинитов и галитовых отходов при проведении исследований, методы проведения экспериментов, а также методики химических анализов и физико-химических исследований.

Третья глава диссертации «Исследования по полученную кальцинированной соды из низкосортных сильвинитовых руд» посвящена исследованиям получения кальцинированной соды из низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения.

Установлено, что хлористый калий и нерастворимые в воде остатки (н.о.) распределены неравномерно в зависимости от размера зерна и сильно отличаются по содержанию. С понижением размера фракции исходного сильвинита с 0,9 до 0,15 мм содержание хлорида калия снижается с 31,3% до 22,9%, а доля н.о. повышается с 3,0% до 4,4% для руды с содержанием

29,20% КСl и с 23,0% до 16,15% КСl для руды с содержанием 21,50% КСl. Содержание н.о. повышается с 2,44% до 3,45%. Аналогичные изменения происходят и с рудой с более низким содержанием КСl. Для исследований отобраны 8 различных образцов сильвинитовых руд с содержанием 11,06-34,74% КСl и 2,41-4,10% н.о.

Для изучения растворимости сильвинитов в воде использовали образцы низкосортных сильвинитов с содержанием 11,06% (образец 1), 15,33% (образец 2), 24,44% (образец 5) и 34,74% (образец 8) хлорида калия.

Исследования проводили при комнатной (25°C) температуре, атмосферном давлении в зависимости от Т:Ж и продолжительности перемешивания 5 часов.

С увеличением содержания хлорида калия в исходной руде Т:Ж с 1:2,50 повышается до 1:2,15, при этом содержание хлорида калия в насыщенном растворе повышается 3,18% до 11,11%, хлорида натрия снижается с 24,07% до 18,74%, при этом содержание хлорида натрия, с изменением Т:Ж, проходить через максимум, соответствующий насыщенному раствору, содержания хлоридов кальция и магния повышается с 0,32% до 0,72% и с 0,19% до 0,51%, соответственно. Растворимость солей составляет 95,84-97,50%.

Изучением процесса отстаивания показано, что осветление продуктов растворения сильвинитовой руды в воде протекает наиболее интенсивно в первые 15 минут, затем скорость осветления замедляется и через 40 минут степень осветления достигает 81,90% при Т:Ж-1:2, 96,70% при Т:Ж-1:2,50 и 96,80% при Т:Ж=1:2,55 при температуре 20°C для образца 1.

Результаты исследований влияния исходного соотношения Т:Ж и температуры на скорость фильтрации сгущенной части как по раствору, так и влажному осадку указывают на снижение скорости фильтрации с увеличением Т:Ж. Так, при исходном соотношении Т:Ж=1:2,0 скорость фильтрации при 20°C для образца 1 по сгущенному осадку составляет 1140,08 кг/м<sup>2</sup>·ч, при Т:Ж=1:2,50 этот показатель составляет 814,88 кг/м<sup>2</sup>·ч и при Т:Ж-1:2,55 составляет 783,61 кг/м<sup>2</sup>·ч.

Существенное влияние на скорость фильтрации оказывает содержание н.о. в сильвините. Так, при содержании н.о. 2,41-2,45% скорость фильтрации выше, чем при содержании н.о. 3,28-4,03%, что объясняется образованием в наибольшем количестве плохо фильтрующейся, мелкой фракции н.о. С повышением температуры с 20°C до 80°C повышается скорость фильтрации как сгущенного осадка, так и по фильтрату и по влажному осадку. Хорошие скорости по фильтрации наблюдаются при Т:Ж=1:2,50, которые составляют по фильтрату 757,51-1150,99 кг/м<sup>2</sup>·ч и по влажному осадку 57,37-87,17 кг/м<sup>2</sup>·ч в интервале температур 20-80°C.

Анализ твердой фазы, после отделения насыщенных растворов показал, что она состоит на 96,60-97,07% из н.о. Содержание хлорида натрия составляет 2,05-2,54%, хлорида калия 0,34-1,22%. Хлориды кальция и магния не превышают 0,1%. Выход н.о. составляет 2,50 - 4,16% от исходного количества сильвинита.

Для очистки растворов сильвинита от ионов кальция и магния применили известково-содовый метод, который заключается в осаждении ионов магния гидрооксидом кальция, а избытка ионов кальция – кальцинированной содой.

Количество вводимого оксида кальция и карбоната натрия регулировали соотношениями  $MgO:CaO$  и  $CaO:CO_2$ . На первой стадии в насыщенный раствор сильвинита, при перемешивании, вводили окись кальция до мольного соотношения 1:1 для осаждения гидроокиси магния. Далее через 5 минут в раствор вводили кальцинированную соду до мольного соотношения  $CaO:CO_2$  равного 1:1,05.

Полученные очищенные растворы известково-содовым методом содержат только хлориды натрия и калия практически не содержат хлориды кальция и магния. Выход очищенных насыщенных растворов составляет 98,36-99,35% от общей массы в зависимости от вида сильвинитовой руды. Содержание хлорида натрия составляет 20,10-24,62%, а хлорида калия 3,18-11,10% в зависимости от вида низкосортных сильвинитов (табл. 1).

Таблица 1

**Химический состав насыщенных растворов низкосортных сильвинитов после очистки при соотношении  $MgO:CaO=1:1$  и  $CaO:CO_2=1:1,05$**

Образец	Т:Ж	Состав жидкой фазы после очистки, масс., %					Выход, %
		NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
1	1:2,50	24,62	3,18	–	–	72,20	99,35
2	1:2,43	23,66	4,51	–	–	71,83	98,99
5	1:2,20	22,31	7,72	–	–	69,97	98,83
8	1:2,15	20,10	11,10	–	–	68,83	98,36

Осаждение частиц суспензии протекает медленно и через 60 минут степень осветления достигает 68,00-89,26% в зависимости от образца сильвинита. Полное осаждение гидроксида магния и карбоната кальция при 20°C для образца 1 наблюдается через 110 минут, при температуре 40°C через 90 минут, при 60°C через 70 минут.

Снижение скорости осветления с повышением номера образца обусловлено увеличением содержания магния в сильвините и, соответственно, количества образующегося гидроксида магния, который плохо оседает и практически не зависит от содержания хлоридов натрия и калия.

Скорость фильтрации сгущенных осадков с повышением температуры с 20 до 60°C увеличивается с 615,00 до 858,87 кг/м<sup>2</sup>·ч по суспензии и с 610,96 до 853,23 кг/м<sup>2</sup>·ч по фильтрату. Повышение содержания магния в растворах снижает скорость фильтрации.

Твердая фаза содержит 2,22-2,62% хлорида натрия, 0,34-1,23% хлорида калия, 18,59-20,08% гидроксида магния и 76,47-78,45% карбоната кальция.

Изучением систем  $[10,0-30\% KCl + 90,0-70\% NaCl] - NH_4HCO_3 - H_2O$  визуально-политермическим методом на фазовой диаграмме состояния систем установлены области кристаллизации льда, одноводного и безводного хлорида натрия, бикарбонатов натрия и аммония (рис. 1). Выявлены три

тройные узловые точки системы, отвечающие совместной кристаллизации трех различных твердых фаз. Определены их составы и температуры кристаллизации.

Полученные результаты показали, что в изученных системах в качестве самостоятельной твердой фазы образуется новое для данных систем соединение – бикарбонат натрия. Повышение содержания КСl в системе способствует увеличению выхода гидрокарбоната натрия, что указывает на высальвающее действие КСl.

Растворимость бикарбоната натрия, по сравнению с другими компонентами системы, очень мала и поэтому он легко кристаллизуется в качестве самостоятельной твердой фазы и его поле кристаллизации занимает основную часть политермической диаграммы. Это указывает на то, что путем введения в водные растворы смеси из хлоридов калия и натрия бикарбоната аммония можно выделить бикарбонат натрия с последующим получением кальцинированной соды.

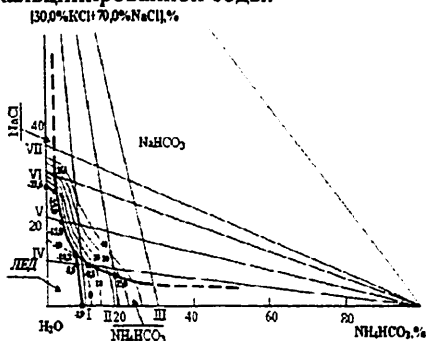


Рис. 1. Политермическая диаграмма растворимости системы (30,0% KCl + 70,0% NaCl) - NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> - H<sub>2</sub>O.

Исследованиями по одновременной аммонизации и карбонизации очищенных растворов хлорида натрия углеаммонийными солями установлено, что с повышением мольного отношения Na<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub>:CO<sub>2</sub> с 1:1,12:0,8 до 1:2,11:1,50 степень конверсии хлорида натрия смесью карбоната и бикарбоната аммония для образца № 8 увеличивается с 72,72 до 81,76%. Степень его конверсии 81,66% достигается при соотношении Na<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub>:CO<sub>2</sub> 1:1,47:1,05.

Дальнейшее повышение мольного соотношения практически не влияет на степень конверсии NaCl. Содержание карбоната натрия в твердой фазе составляет более 99,62% и с повышением мольного соотношения незначительно снижается.

Исследования отдельной аммонизации и карбонизации показали, что до соотношения Na<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub> = 1:1,20 образование твердой фазы не происходит. С повышением содержания в растворе хлористого калия снижаются и соотношения до 1:1,30 и 1:1,50. С повышением доли аммиака в жидкой фазе снижаются содержания хлоридов натрия и калия. С увеличением соотношения с 1:0,80 до 1:2,50 количество хлористого натрия снижается с 23,29% до 20,24%, а хлористого калия с 3,01% до 1,69%. При этом содержание аммиака повышается с 5,41% до 15,50 %, а pH с 11,50 до 12,21.

Состав образующейся твердой фазы также существенно изменяется. Доля хлористого натрия снижается с 87,75% при соотношении NaCl:NH<sub>3</sub>=1:1,20 и до 50,80% при соотношении 1:2,50. Соответственно, доля хлористого калия возрастает с 12,25% до 49,20%. Степень осаждения

хлористого калия возрастает с 3,60% до 43,11% до соотношения  $\text{NaCl}:\text{NH}_3 = 1:1,20$ , а затем снижается до 38,53%, что указывает на то, что с увеличением содержания аммиака в жидкой фазе выше 12,85% происходит обратный процесс растворения хлористого калия.

Аналогичная закономерность в изменениях составов жидкой и твердой фаз наблюдается и для остальных образцов.

Исследования по карбонизации аммонизированных растворов показали, что с увеличением соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  с 1:0,8:0,8 до 1:1,30:1,30 степень конверсии  $\text{NaCl}$  в  $\text{NaHCO}_3$  повышается до определенного предела. Так, для образца № 1 это степень конверсии 80,84%, для образца № 2 это 81,75%, для образца № 5 это 82,20% и для образца № 8 это 82,80% при соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$ . Это указывает на то, что для получения бикарбоната натрия достаточно соблюдать соотношение  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$ . Увеличение степени аммонизации приводит к выпадению в осадок хлоридов натрия, калия, а в процессе карбонизации к перерасходу  $\text{CO}_2$ . При этом выход бикарбоната натрия составляет от 76,20% до 76,77%.

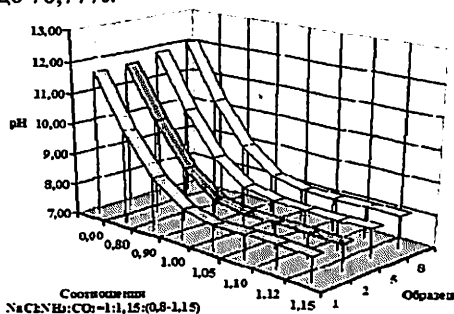


Рис. 2. Номограмма влияния pH среды на степень карбонизации аммонизированного раствора хлорида натрия при соотношении  $\text{NaCl}:\text{NH}_3=1:1,15$

Выделенный бикарбонат натрия содержит примеси  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , н.о. Влажность изменяется от 13,69% до 14,37%.

Построенная номограмма влияния pH среды на степень карбонизации аммонизированного раствора при соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3=1:1,15$  для всех образцов позволяет установить процесс завершения карбонизации при достижении постоянного значения pH (рис. 2).

В таблице 2 приведены данные химического состава гидрокарбоната натрия полученного из образцов 1, 2, 5 и 8 при мольном соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$ . Степень чистоты продукта составляет 99,76-99,78%.

Основными примесями являются хлорид калия 0,014-0,042%, хлорид натрия 0,172-0,181% и н.о. 0,026-0,027%.

Таблица 2  
Химический состав гидрокарбоната натрия, выделенного при мольном соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$

№	Образец	Химический состав, масс. %				Степень конверсии, %	Выход, $\text{NaHCO}_3$
		$\text{NaHCO}_3$	$\text{KCl}$	$\text{NaCl}$	н.о.		
1	1	99,78	0,014	0,181	0,027	80,84	76,20
2	2	99,77	0,023	0,178	0,027	81,65	76,62
3	5	99,77	0,033	0,175	0,026	82,20	76,76
4	8	99,76	0,042	0,172	0,026	82,80	76,77

Продукт по количественным и качественным показателям соответствует требованиям на пищевую соду ГОСТ 32802-2014.

Карбонат натрия, полученный из гидрокарбоната натрия, содержит 99,62-99,65% основного вещества (табл. 3).

**Таблица 3**

**Химический состав карбоната натрия полученного при мольном соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$**

№	Образец	Химический состав, масс., %				Степень конверсии, %	Выход, $\text{Na}_2\text{CO}_3$
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	KCl	NaCl	н.о.		
1	1	99,65	0,022	0,286	0,042	80,84	76,20
2	2	99,64	0,037	0,281	0,042	81,65	76,62
3	5	99,63	0,052	0,277	0,041	82,20	76,76
4	8	99,62	0,066	0,273	0,041	82,80	76,77

Содержание примесей чуть больше, чем в гидрокарбонате натрия и составляют 0,022-0,066% хлорида калия, 0,273-0,286 хлорида натрия и 0,041-0,042% н.о.

После отделения бикарбоната натрия образуются маточные растворы, содержащие хлориды натрия, калия, аммония,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  и  $\text{NH}_3$  (табл. 4).

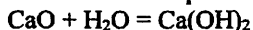
**Таблица 4**

**Химический состав маточных растворов конверсии при соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$**

№	Образец	Химический состав, масс., %					
		NaCl	KCl	$\text{NaHCO}_3$	$\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{CO}_2$	$\text{NH}_3$
1	1	4,67	3,18	1,78	18,07	3,85	2,20
2	2	4,24	4,51	1,85	17,55	3,56	2,06
3	5	3,89	7,73	1,88	16,67	3,27	1,91
4	8	3,34	11,12	1,86	15,19	2,86	1,69

Маточные растворы с содержанием 3-4,5% хлористого калия после регенерации аммиака являются отходом, а с содержанием 7,73-11,12 KCl желательно перерабатывать по следующей схеме. После регенерации аммиака маточные растворы подвергают выпарке при температуре 80°C до выделения содержащихся в маточном растворе двууглекислого газа и аммиака, находящихся в виде  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . В результате образуются растворы, содержащие соединения не подвергающиеся разложению. Основными компонентами являются хлориды калия, натрия, аммония, а также бикарбонат натрия.

Для очистки растворов от бикарбоната натрия вводили оксид кальция в количестве, необходимом для связывания бикарбоната натрия.



При этом оксид кальция взаимодействует с  $\text{H}_2\text{O}$  с образованием гидроксид кальция, который также взаимодействует с бикарбонатом натрия с образованием карбоната кальция. После отделения карбоната кальция получены растворы, содержащие только хлориды натрия, калия и аммония. В



зависимости от исходного сильвинита содержание хлорида калия изменяется от 3,43% до 11,82%, хлорида натрия составляет 4,93-6,38%, хлорида аммония 14,88 – 18,28%.

Влажные осадки карбоната кальция содержат 89,87-90,16% основного вещества, 6,73-7,29% влаги и незначительные количества хлоридов натрия, калия, аммония (табл. 5).

Таблица 5

**Химический состав осадков карбоната кальция**

№	Образец	Химический состав, масс. %				
		KCl	NaCl	NH <sub>4</sub> Cl	CaCO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
Влажный, не мытый CaCO <sub>3</sub>						
1	1	0,35	0,65	1,85	89,87	7,29
2	2	0,49	0,60	1,78	89,89	7,24
3	5	0,83	0,56	1,66	89,96	6,99
4	8	1,16	0,49	1,47	90,16	6,73
Сухой, не мытый CaCO <sub>3</sub>						
5	1	0,38	0,70	2,00	96,93	-
6	2	0,53	0,65	1,92	96,91	-
7	5	0,89	0,60	1,79	96,72	-
8	8	1,25	0,52	1,57	96,66	-

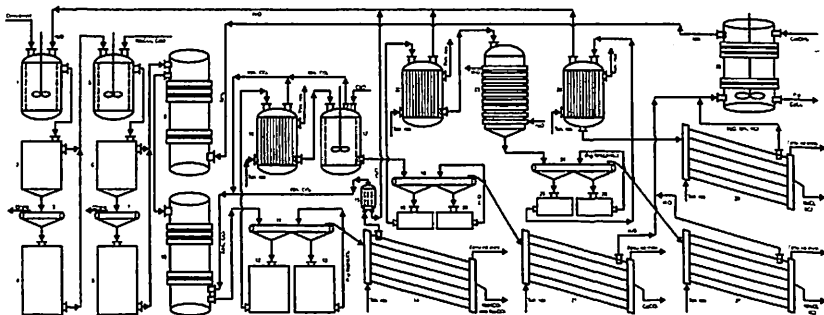
Высушенные образцы влажного карбоната кальция содержат 96,66-96,93% основного вещества и примеси хлоридов калия, натрия аммония.

Промытые осадки карбоната кальция водой после сушки содержат только карбонат кальция с чистотой не менее 99,80%.

Жидкую фазу после отделения карбоната кальция и содержащую хлориды калия, натрия и аммония подвергали выпарке. С увеличением количества испаряемой влаги содержание хлоридов калия и натрия повышается, а хлорида аммония уменьшается. На основе проведенных исследований были выбраны условия, при которых выделяется только хлористый аммоний, без примесей хлоридов натрия и калия, и получены насыщенные растворы, в которых содержание хлористого калия составляет 5,51-10,19%, хлористого натрия 9,33-10,24% и хлористого аммония 14,04-16,85%. После сушки маточных растворов и прокалки при температуре 350°C получен продукт, содержащий от 34,98% до 52,20% хлористого калия и от 47,80% до 65,02% хлористого натрия, который соответствует по содержанию высококачественному сильвиниту и может быть использована в производстве хлористого калия.

На рисунке 3 приведена технологическая схема переработки низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения и маточных растворов производства кальцинированной соды.

По другому варианту низкосортные сильвинитовые руды с низким 10-15% хлористым калием подвергали выщелачиванию насыщенным раствором, приготовленным из сильвинитовой руды с низким содержанием хлористого калия, отделяли сгущенный осадок, а жидкую фазу возвращали в производство хлористого калия.



**Рис. 3. Технологическая схема получения кальцинированной соды из низкосортных сильвинитов**

Стушенный осадок представляет собой хлористый натрий, который перерабатывают в кальцинированную соду.

Предварительные технико-экономические расчеты указывают на высокую эффективность производства кальцинированной соды с использованием низкосортных сильвинитовых руд. При выпуске 100 тыс. т кальцинированной соды из руды с содержанием 10-15% KCl экономический эффект составит 9,015 млрд. сум. При использовании более богатой (15-25% KCl) руды и переработке маточных растворов экономический эффект составит 16,624 млрд. сум.

Четвертая глава «Исследования по получению кальцинированной соды из галитовых отходов» посвящена исследованиям получения кальцинированной соды из галитовых отходов калийного производства.

Галитовые отходы содержат до 6-7% хлористого калия. Ввиду их низкого содержания разработана технология получения технического хлористого натрия, путем выщелачивания хлористого калия насыщенным раствором галитовых отходов с применением флотационной машины. Технология внедрена на ООО «Дехканабадский калийный завод» и защищена патентом. Для дальнейших исследований использовали технический хлористый натрий, полученный в промышленных условиях состава (масс. %): Na<sub>2</sub>O – 50,45; K<sub>2</sub>O – 0,35; CaO – 0,33; Cl<sup>-</sup> – 58,04; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 0,56; н.о – 3,06 из галитовых отходов состава (масс. %) Na<sub>2</sub>O – 48,54; K<sub>2</sub>O – 2,65; CaO – 0,34; Cl<sup>-</sup> – 57,59; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 0,58; н.о – 3,08 в пересчете на сухое вещество.

Исследования растворимости технического хлористого натрия в воде при изменении Т:Ж от 1:2 до 1:3 показали, что с увеличением Т:Ж с 1:3,0 до 1:2,0 содержание оксида натрия повышается с 12,71% до 14,03% при Т:Ж= 1:2,5 и затем снижется до 13,99 % при Т:Ж= 1:2. Содержание остальных компонентов с увеличением Ж:Т повышается. Так, содержание K<sub>2</sub>O повышается с 0,088 % при Ж:Т= 3:1 до 1,128 при Ж:Т = 2:1. Аналогично повышаются содержания CaO, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Анализ твердой фазы, после отделения насыщенных растворов показал, что она состоит на 97,15-97,45%

из нерастворимого в воде остатка. Содержание оксида натрия составляет 1,30-1,48%, оксида калия 0,009-0,010% при изменении Ж:Т от 2,7:1 до 3:1. При Ж:Т меньше 2,7:1 технической хлорид натрия растворяется не полностью. Насыщенные, очищенные от кальция растворы с использованием кальцинированной соды при соотношении 1:(0,9-1,05) содержат только соли натрия и калия и практически не содержат кальция. Осадок содержит 1,31%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0,008%  $\text{K}_2\text{O}$ , 7,72%  $\text{CaO}$  83,72% н.о. После фильтрация и отделения карбоната кальция из растворов, полученных при Т:Ж=1:2,80, получены растворы состава (масс. %):  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,09;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 13,47;  $\text{CaO}$  – 0,012;  $\text{Cl}^-$  – 15,40;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 0,15;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – 0,031.

При одновременной аммонизации и карбонизации в течение 60 мин, очищенных растворов хлористого натрия углеаммонийными солями выявлено, что с увеличением соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  от 1:1,12:0,80 до 1:2,11:1,50 пульпа при 20°C  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  pH медленно повышается до 7,469 при соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,12:0,80$  до 7,726 при соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:2,11:1,50$  и температуре 20°C. При 50°C повышается с 7,184 до 7,431. При достижении продолжительности процесса 60 минут и более pH среды практически не изменяется для всех соотношений. С повышением мольного отношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  с 1:1,12:0,80 до 1:2,11:1,50 степень конверсии хлорида натрия смесью карбоната и бикарбоната аммония увеличивается с 71,03% до 79,86%. Выход карбоната натрия 75,40% достигается при соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,47:1,05$ . Дальнейшее повышение мольного соотношения практически не влияет на степень конверсии. Содержание карбоната натрия в твердой фазе составляет более 99,6%.

Исследования влияния степени аммонизации на химический состав насыщенных, очищенных растворов хлористого натрия показывают, что повышение соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3$  с 1:0,80 до 1:2,11 снижает содержание в растворе  $\text{Na}_2\text{O}$  с 12,74% до 11,67%, при этом содержание хлора снижается с 14,54% до 13,32%, а содержание  $\text{NH}_3$  повышается с 5,58% до 13,48%. pH в процессе аммонизации повышается с 11,110 до 11,299 при 20°C и повышается с 10,00 до 10,087 при 50°C при увеличении соотношения с 1:0,80 до 1:2,11.

С повышением массовой доли аммиака с 0,80 до 2,00 содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  снижается с 11,11% до 9,99%. Содержание хлора снижается с 12,71% до 11,42%, двуокиси углерода повышается с 12,62% до 15,66% при соотношении 1:1,10:1,05 и далее снижается до 14,89%. Максимальное содержание окиси углерода наблюдается при соотношении компонентов 1:1,10:1,05 – 1:1,15:1,05, что соответствует соотношению компонентов в промышленных условиях.

В таблице 6 приведены данные, полученные после фильтрации, образующихся пульпы бикарбоната натрия после промывки насыщенным раствором бикарбоната натрия. С увеличением доли аммиака в соотношении  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  содержание бикарбоната натрия во влажном осадке снижается с 86,90% до 80,55%.

Таблица 6

Влияние соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  на химический состав влажного осадка бикарбоната натрия после промывки

№	$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$	Химический состав влажного бикарбоната натрия, масс., %							
		$\text{NaHCO}_3$	$\text{NaCl}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{KCl}$	$\text{NH}_3$	$\text{CO}_2$	н.о	$\text{H}_2\text{O}$
1	1:0,8:0,8	86,90	0,121	0,020	0,003	0,27	0,70	0,018	11,68
2	1:0,9:0,9	84,84	0,132	0,021	0,003	0,49	1,27	0,019	12,71
3	1:1,0:1,0	83,01	0,141	0,022	0,004	0,61	1,57	0,020	13,98
4	1:1,10:1,05	81,62	0,144	0,022	0,004	0,67	1,73	0,021	15,08
5	1:1,15:1,05	81,01	0,144	0,022	0,004	0,77	1,99	0,021	15,23
6	1:1,20:1,05	80,55	0,143	0,021	0,004	0,81	2,09	0,021	15,51

Это скорее всего объясняется увеличивающимся в осадке содержанием влаги с 11,68% до 15,51%. Повышение степени аммонизации существенно влияет на степень конверсии до соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$  и практически не влияет при дальнейшем повышении степени аммонизации. Построена номограмма влияния pH среды на степень карбонизации аммонизированного раствора хлорида натрия из технической соли для соотношений  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3=1:(1,10-1,15)$ , которая позволяет установить завершение процесса карбонизации.

В таблице 7 приведен химический состав кальцинированной соды. Содержание кальцинированной соды в готовой продукции составляет 99,635-99,710% в зависимости от исходного соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$ .

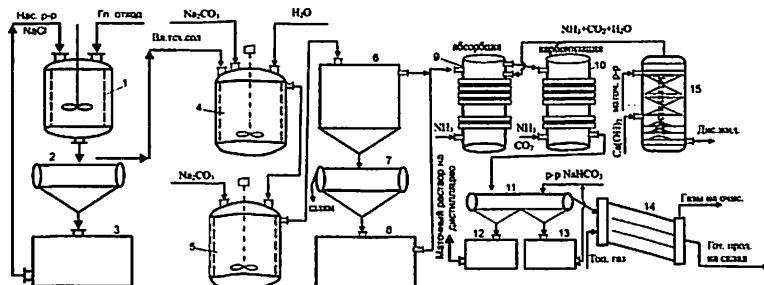
Таблица 7

Влияние соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  на химический состав кальцинированной соды

№	$\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$	Химический состав кальцинированной соды, масс., %					Степень конверсии, %	Выход $\text{Na}_2\text{O}$ , %
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{NaCl}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{KCl}$	н.о		
1	1:0,8:0,8	99,710	0,220	0,037	0,00055	0,032	73,23	68,46
2	1:0,9:0,9	99,675	0,246	0,039	0,00069	0,035	76,36	71,72
3	1:1,0:1,0	99,652	0,268	0,041	0,00080	0,038	78,82	74,20
4	1:1,10:1,05	99,640	0,279	0,042	0,00086	0,040	79,75	75,29
5	1:1,15:1,05	99,636	0,281	0,042	0,00088	0,041	79,76	75,40
6	1:1,20:1,05	99,635	0,281	0,042	0,00088	0,041	79,76	75,40

Однако, при низкой степени аммонизации, как и в случае с получением бикарбоната натрия, снижается степень конверсии и выход продукта.

Оптимальным соотношением  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2$  для получения кальцинированной соды является 1:1,15:1,05. При этом степень конверсии составляет 79,76%, выход – 75,40%. На основе проведенных лабораторных исследований по получению кальцинированной соды из галитовых отходов разработана технологическая схема и материальные балансы переработки галитовых отходов и маточных растворов (рис. 4).



**Рис. 4. Технологическая схема получения кальцинированной соды из галитовых отходов**

Предварительные технико-экономические расчеты указывают на высокую эффективность производства кальцинированной соды с использованием галитовых отходов. При выпуске 100 тыс. т кальцинированной соды экономический эффект составит 9,022 млрд. сум. Кроме того, от снижения расходов на перевозку, хранение галитовых отходов, содержание хвостохранилища и получение рассола хлористого калия дополнительная экономия составит 8,435 млрд. сум.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучены химический и фазовый составы сильвинитовой руды Тюбегатанского месторождения. Установлены оптимальные технологические параметры приготовления насыщенных растворов: из низкосортных сильвинитов Т:Ж=1:(2,15÷2,50), из галитовых отходов Т:Ж=1:(2,7-2,8), продолжительность процесса перемешивания не менее 5 часов, при атмосферном давлении и температуре окружающей среды 20-40°C. Для отделения нерастворимых в воде остатков рекомендован метод осаждения.

2. Изучены процессы очистки насыщенных растворов низкосортных сильвинитов и галитовых отходов от ионов кальция и магния известково-содовым методом с использованием гидроксида кальция и кальцинированной соды. Выявлено, что при мольном отношении MgO:CaO равном 1:1 и CaO:CO<sub>2</sub> равном 1:1,05 достигается полная очистка растворов от ионов магния и кальция.

3. Для физико-химического обоснования процесса получения бикарбоната натрия из низкосортных сильвинитов изучено взаимодействие в трехкомпонентных системах (KCl+NaCl)-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O от температуры полного замерзания до 40°C визуальным-политермическим методом. Установлены области кристаллизации льда, одноводного и безводного хлорида натрия, бикарбоната аммония. В системах в качестве самостоятельной твердой фазы образуется новое для этих систем соединение бикарбоната натрия. Показано высаливающее действие хлорида калия на выход гидрокарбоната натрия.

4. Исследованы процессы конверсии насыщенных растворов

низкосортных сильвинитов и галитовых отходов углеаммонийными солями и установлены оптимальные технологические параметры процесса: соотношение  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2 = 1:1,47:1,05$ , продолжительность конверсии не менее 60 минут при температуре окружающей среды.

5. Исследованы процессы аммонизации, карбонизации и конверсии насыщенных растворов низкосортных сильвинитов и галитовых отходов газообразным аммиаком и диоксидом углерода и установлены оптимальные технологические параметры процессов: соотношения  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3=1:1,15$ ,  $\text{Na}_2\text{O}:\text{NH}_3:\text{CO}_2=1:1,15:1,05$ , pH- 12,11-7,476. При этом степень конверсии составляет 79,76-82,80%, а выход бикарбоната натрия 75,40-76,77%.

6. Изучены реологические свойства насыщенных и очищенных от ионов магния и кальция растворов хлорида натрия, маточных и промывных растворов. Показано, что все они обладают приемлемыми реологическими свойствами и могут транспортироваться перекачивающими насосами без ограничений.

7. Исследованы процессы отделения, сушки и кальцинации бикарбоната натрия, полученного из очищенных, насыщенных растворов хлорида натрия. Установлено, что бикарбонат натрия легко отделяется от маточного раствора методом фильтрации. При этом скорость фильтрации по твердой фазе составляет 426,15-469,02  $\text{кг}/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ . Процесс сушки и кальцинации протекает при температуре 200-280°C в течение 30-60 минут. При этом образуется карбонат натрия состава (масс. %):  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  не менее - 99,60, KCl - 0,02-0,06, NaCl - 0,28-0,30 и н.о - 0,04. Физико-химические исследования подтвердили чистоту полученного карбоната натрия из низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов.

8. Результаты исследований по переработке низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения и галитовых отходов калийного производства легли в основу разработки технологических схем, схемы потоков и материальных балансов, которые прошли апробацию с выпуском опытных партий на ООО «Дехканабадский калийный завод».

9. Проведенные предварительные технико-экономические расчеты эффективности производства кальцинированной соды из низкосортных сильвинитов и галитовых отходов указывают на высокую их эффективность. При выпуске 100 тыс. т кальцинированной соды экономический эффект составит 25,64 млрд. сум, при использовании низкосортных сильвинитов и 17,46 млрд. сум при использовании галитовых отходов.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.27.06.2017.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF  
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY AND TASHKENT  
CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

---

**TASHKENT CHEMICAL TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**SODDIKOV FATKHIDDIN BURKHONIDINOVICH**

**WORKING OUT OF TECHNOLOGY OF COMPLEX PROCESSING  
HALITE WASTE AND LOW-GRADE SYLVINITES OF TYUBEGATAN  
TO CALCINATED AND BAKING SODA**

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

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

**Tashkent – 2018**

**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 B2017.3.Phd/T431.**

Dissertation was carried out at Tashkent Chemical Technological Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and on the website of "Ziyonet" Information and educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Research supervisors:** Mirzakulov Kholtura Chorievich, doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich  
doctor of technical sciences  
Kaipbergenov Atabek Tulepbergenovich  
doctor of technical sciences

**Leading organization:** Fergana Polytechnical Institute

The defense will take place "26" December 2018 at 10<sup>00</sup> o'clock at the meeting of scientific council No. DSc.27.06.2017.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry, Tashkent Chemical Technological Institute, (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60, fax (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resourse Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under No.30). (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60).

Abstract of dissertation sent out on "12" December 2018 y.  
(mailing report No. 30 on "12" December 2018 y.).



**B.S. Zakirov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees, doctor of  
chemical sciences, professor

**D.S. Salikhanova**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences

**S.A. Abdurakhimov**  
Chairman of scientific seminar at scientific council on  
awarding of scientific degrees, doctor of  
technical sciences, professor



## **INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)**

**The aim of the research work is to working out an effective technology of processing low-grade silvinites of Tyubegatan deposit and halite waste into soda ash.**

**The object of the research are the sylvinite ores of the Tyubegatan deposit, halite waste of potassium production, saturated solutions of sodium chloride, sodium bicarbonate and soda ash.**

**The scientific novelty of dissertational research consists in the following:**

**for the first time, a method of processing halite waste into technical sodium chloride with the use of flotation machine has been developed;**

**established optimum process parameters of obtaining purified from impurities saturated solution of sodium chloride from low-grade sylvinite and halite waste;**

**optimal conditions for obtaining sodium bicarbonate, drying and calcination with high yield of the finished product are revealed;**

**developed technology for processing low-grade sylvinite and halite waste to soda ash, recycling of the mother liquors of production.**

**Implementation of the research results.** On the basis of the obtained research data on working out of technology for processing low-grade sylvinite of Tubegatan deposit and halite waste of potassium production to soda ash:

**the patent of the intellectual property Agency of the Republic of Uzbekistan for the invention (№IAP 05633, 2018 year). As a result, it is possible to obtain technical sodium chloride, suitable for the production of calcined, caustic soda, magnesium chlorate.**

**the technology of processing of halite waste of potassium production into technical sodium chloride with the use of flotation machine was introduced at the “Dekhkanabad potassium factory” LLC (certificate of JSC “Uzkimyosanoat” from “09” November 2018 No. 01/3-5055/A). As a result there is the possibility of involving in industrial production of low-grade sylvinite of Tyubegatan deposits and halite waste of potassium production and obtaining food and soda ash.**

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of references and appendix. The volume of the dissertation is 120 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. Соддиков Ф.Б., Самадий М.А., Мирзакулов Х.Ч., Ёрбобоев Р.Ч., Усманов И.И. Исследование процессов получения очищенных растворов из низкосортных сильвинитов для их комплексной переработки // Журнал «Химия и химическая технология». – Ташкент, 2013. – № 3. – С. 2-8. (02.00.00 № 3).
2. Соддиков Ф.Б., Самадий М.А., Мирзакулов Х.Ч., Меликулова Г.Э. Растворимость компонентов в системе [10,0% KCl + 90,0% NaCl] – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2013. – № 5. – С. 40-42. (02.00.00 № 6).
3. Соддиков Ф.Б., Самадий М.А., Мирзакулов Х.Ч., Меликулова Г.Э. Растворимость в системе [20,0% KCl + 80,0% NaCl] – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O // Журнал «Доклады Академии наук РУз». Ташкент, 2013. – № 6. – С. 46-48. (02.00.00 № 8).
4. Соддиков Ф.Б., Самадий М.А., Меликулова Г.Э., Мирзакулов Х.Ч., Сидиков А.С. Растворимость в системе [30,0% KCl + 70,0% NaCl] – NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O // Журнал «Химия и химическая технология». – Ташкент, 2015. – № 1. – С. 3-5. (02.00.00 № 3).
5. Соддиков Ф.Б., Зулярова Н.Ш., Мирзакулов Х.Ч. Исследования по получению рассолов для производства кальцинированной соды из галитовых отходов калийного производства // Universum: Технические науки: электрон научн. журн. Соддиков Ф.Б. [и др.]. 2016 № 9 (30). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3641>. (02.00.00 № 1).
6. Соддиков Ф.Б., Усманов И.И., Набиев А.А., Мирзакулов Х.Ч., Меликулова Г.Э. Исследование процесса получения насыщенных растворов из низкосортных сильвинитов Тюбегатана // Журнал «Химия и химическая технология». – Ташкент, 2016. – № 3. – С. 67-73. (02.00.00 № 3).
7. Соддиков Ф.Б., Усманов И.И., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процессов получения и очистки насыщенных растворов из сильвинитов Тюбегатанского месторождения // Журнал «Химия и химическая технология». – Ташкент, 2017. – № 2. – С. 16-20. (02.00.00 № 3).
8. Соддиков Ф.Б., Мавлянова М.Н., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса конверсии насыщенных растворов хлорида натрия углеаммонийными солями. Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. Соддиков Ф.Б. [и др.]. 2018. № 7(52). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6130> С. 47-53. (02.00.00 № 1).
9. Патент № IAP 05633 UZ. Способ получения хлорида натрия // Мирзакулов Х.Ч., Шерматов Х.А., Усаров Р.Ш., Бойназаров Б.Т., Усманов

## II бўлим (II часть; part II)

10. Соддиков Ф.Б., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процессов получения очищенных растворов хлорида натрия из галитовых отходов // Тезисы докладов 78-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием): 3-13 февраля 2014 йил. Минск: БГТУ 2014. – С. 87.

11. Ёдгоров А.С., Ашуров Б.К., Мирзакулов Х.Ч., Соддиков Ф.Б. Исследования процесса переработки низкосортных сильвинитов на кальцинированную соду // «Умидли кимёгарлар»: Труды XXIII – научно – технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. 1 том, 29 апреля – 2 мая 2014 г. Ташкент, 2014. С. – 139-140.

12. Соддиков Ф.Б., Самадий М.А., Мирзакулов Х.Ч. Исследования процесса переработке галитовых отходов на кальцинированную соду // «Проблемы внедрения инновационных идей, технологий и проектов в производства»: Сборник материалов Республиканской научно-технической конференции. 16-17 мая 2014 йил. Жиззах, 2014. С – 358-360.

13. Соддиков Ф.Б., Джураева Г.Х., Мирзакулов Х.Ч., Шодмонов Б.Б. Получение очищенных растворов хлорида натрия из флотационных галитовых отходов // Республика илмий-амалий анжумани, “Иқтисодиётни модернизация қилиш ва технологияк янгилаш шароитида фан-таълим - ишлаб чиқариш интегра-циясини ривожлан-тириш муаммолари ва ечимлари”, ҚарМИИ, Қарши. 29-30 май, 2015. – С. 222-223.

14. Соддиков Ф.Б., Джураева Г.Х., Турсунова Д.А., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса переработки низкосортных сильвинитов на кальцинированную соду // «Актуальные проблемы отраслей химической технологии» Навои., 10-12 ноября 2015 г. – С. 175.

15. Соддиков Ф.Б., Мирзакулов Х.Ч., Шарипов Х.Т., Кабулов Б.Д. Исследование процесса переработки низкосортных сильвинитов на кальцинированную соду // Международный симпозиум “Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства”. Санкт-Петербург, РФ., 24-26 ноябр, 2015. С. 203.

16. Соддиков Ф.Б., Мирзакулов Х.Ч., Хужамбердиев Ш.М. Исследование процесса получения насыщенных растворов хлоридов натрия и калия из низкосортных сильвинитов Тюбегатана // «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». Сборник трудов международной научно-технической конференции 26-27 мая 2016. – Ташкент, 2016. – С. 372-373.

17. Соддиков Ф.Б., Сидиков А., Душамов Д.А., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процессов получения насыщенных, очищенных растворов из

сильвинитов Тюбегатана // Республиканской научно-технологической конференции Горно-металлургический комплекс: Достижения, проблемы и перспективы инновационного развития. Навои, 15-16 ноября 2016 г. С. 386.

18. Соддигов Ф.Б., Мирзакулов У.И., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса конверсии насыщенных растворов технической соли хлорида натрия углеаммонийными солями // Академик А.Ф. Ганиевнинг 85 йиллигига бағишланган “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” V-Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. 26-28 апрель 2017 йил. Термиз. 14-15 б.

19. Соддигов Ф.Б., Мирзакулов Х.Ч., Джураева Г.Х. Исследование кинетики процесса конверсии на получение кальцинированной соды из галитовых отходов // IX-Международной научно-технологической конференции: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса: Навои, 12-14 июня 2017 г. С. 425.

20. Соддигов Ф.Б., Мирзакулов Х.Ч. Исследование влияния степени аммонизации на изменение химического состава твердой фазы из насыщенных растворов сильвинитов Тюбегатанского месторождения // Международной научно-практической конференции. «Наука сегодня: факты, тенденции, прогнозы». Россия, Вологда, 27.07.2018. С. 30-32.

21. Соддигов Ф.Б., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процесса кальцинации гидрокарбоната натрия, полученного из очищенных растворов сильвинитов Тюбегатанского месторождения // Международной научно-практической конференции. «Наука сегодня: факты, тенденции, прогнозы». Россия, Вологда, 27.07.2018. С. 28-30.

**Автореферат «Ўзбекистон кимё журнали» таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди.**

**Босишга рухсат этилди: 11.12.2018 йил  
Бичими 60x84 1/16. «Times New Roman»  
гарнигурада рақамли босма усулда чоп этилди.  
Шартли босма табағи 2,9. Адади 80. Буюртма №11-12**

**«IMPRESS MEDIA» MChJ босмаҳонасида чоп этилди.  
Тошкент шаҳри, Кушбеги кўчаси, 6-уй.**