

УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ

**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ТУРСУНОВА ДИЛДОРА АБДУСАТТАРОВНА

**ТАБИИЙ МИРАБИЛИТДАН КАУСТИК СОДА ВА СОДАЛИ
МАҲСУЛОТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2022

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

Турсунова Дилдора Абдусаттаровна Табиий мирабилитдан каустик сода ва сода маҳсулотларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш.....	3
Турсунова Дилдора Абдусаттаровна Разработка технологии получения каустической соды и содопродуктов из природного мирабилита.....	21
Tursunova Dildora Abdusattarovna Development of technology for the production of caustic soda and soda products from natural mirabilite.....	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	42

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ТУРСУНОВА ДИЛДОРА АБДУСАТТАРОВНА

**ТАБИЙ МИРАБИЛИТДАН КАУСТИК СОДА ВА СОДАЛИ
МАҲСУЛОТЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

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

Тошкент – 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/T1720 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертацияси Тошкент кимё - технология институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Эркаев Актам Улашевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий опонентлар:

Намазов Шафоат Саттарович
техника фанлари доктори, профессор, академик

Искендеров Ахмед Макседбаевич
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот

Навоний давлат кончилиқ ва технологиялар университети

Диссертация химояси Умумий ва ноорганик кимё институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «19» август 2022 йил соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (99871) 262-79-90; e-mail: ionxan@uz@mail.ru).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (17 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо-Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60.

Диссертация автореферати 2022 йил «5» август куни тарқатилди.
(2022 йил «05» августдаги 17 - рақамли реестр баённомаси).



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

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

Намазов Ш.С.
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
кошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д.,
профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бутун дунёда содали моддаларга ва улар асосидаги маҳсулотларига талабнинг юқори бўлиши кузатилмоқда. Бундай ҳолда, тармоқлари юқори технологияларга асосланган, бироқ ишлаб чиқарилган маҳсулотлар эса номенклатура бўйича арзон нархлардаги халқаро стандартларга жавоб бериши керак бўлган иқтисодни маиший кимё саноатисиз тасаввур қилиш қийин. Бунинг учун синтетик ювиш воситаларини (СЮВ) учун зарур бўлган каустик сода, тенардит, буркеит каби инградиентларни табиий сульфаттувчи минерални комплекс қайта ишлаш асосида ишлаб чиқарувчи корхоналарни хом ашё базасини маҳаллийлаштириш дастури даражасида кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқаришни модернизация қилишни талаб қилади. Бу борада, кимёвий оқартиргичларни (натрий пероксисульфат ва бошқаларни) композит таркибига киритиш йўли орқали кўп функцияли хоссаларга эга экологик тоза СЮВ олиш технологиясини жорий этиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳон миқёсида асосан барча ривожланган давлатларда СЮВ таркибига, сирт-фаол моддалардан (СФМ) ташқари сувни юмшатувчилар (натрий триполифосфат, этилендиаминтетрауксус кислотанинг натрийли тузи), оқартиргичлар (гипохлоритлар, натрий пероксикарбонати) ва бошқа турдаги органик ҳамда ноорганик ёрдамчи моддалар киритиш бўйича илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада табиий мирабилитидан тенардит, буркеит, каустик сода ва натрий пероксисульфат олишнинг самарали усулларини ишлаб чиқиш; мирабилит иштирокида кальцинирланган сода ва оҳак сутини конверсия қилиш жараёнининг мақбул технологик параметрларини ўрнатиш ҳамда компонентларнинг ўзаро нисбатлари, концентрация ва ҳароратнинг кенг оралиғида каустификация маҳсулотларни тузли чўктириш усули орқали буркеит олишга катта эътибор берилмоқда.

Республика маҳаллий хом ашёдан натрий сесквикарбонат, натрий пероксикарбонат, каустик сода, тенардит, турли композицияли СЮВ ишлаб чиқариш бўйича илмий тадқиқотлар ва саноат ишланмалари муваффақиятларга эришилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясининг учинчи йўналишида «... миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлашга қаратилган саноат сиёсатини амалга оширишни давом эттириш, ялпи ички маҳсулотда саноатнинг улушини ошириш ва саноат ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 баробарга ошириш...»¹ каби вазифалар белгилаб берилган. Бу борада оҳак сути, табиий мирабилит ва «Кўнғирот сода заводи» МЧЖ ҚК да ишлаб чиқариладиган кальцинирланган сода асосида каустик сода, тенардит, буркеит каби импорт ўрнини босувчи сода маҳсулотлари олишнинг такомиллаштирилган кам чиқиндилли ва хавфсиз технологиярини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сон «2022-2026 йилларда Янги Ўзбекистонни тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28-январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони ҳамда 2019 йил 3-апрелдаги ПҚ-4265-сон «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибadorлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 28-декабрдаги ПҚ-4937-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2021-2023 йилларга мўлжалланган инвестиция дастурини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ва 2021 йил 13-февралдаги ПҚ-4992-сон «Кимё саноати корхоналарини янада ислоҳ қилиш ва молиявий соғломлаштириш, юқори қўшимча қийматга эга бўлган кимё маҳсулотлари ишлаб чиқаришни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари, шунингдек мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга 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.

Жаҳон илмий-техник адабиётларида турли шароитларда турли бошланғич материаллар асосида каустик сода, пероксид бирикмалари ва бошқа сода маҳсулотларини ишлаб чиқариш ва уларнинг физик-кимёвий ҳамда ювиш хусусиятлари бўйича тадқиқот ишлари кенг ёритилган Анорбоев А.А., Головки Д.А., Молдабеков Ш.М. (Қозоғистон), Касянов В.К. (Россия), Koch Hans-Dieter, Zollner Heinz (Германия), Козлова В.К., Пух И.Р., Махановский Я.Е. (Россия), Kosmatka S.H. (Польша), Маронич Е.Е., Парасип Э.М., Пеклер А.И., Шайхет Б.А., Уэхара М., Тимашев В.В., Бутт Ю.М., Сычев М.М., Ратинов В.Б., Пащенко А.А., Юнг В.Н., Будников П.П. (Россия), Kari E.H., Yan Yun (Хитой), Титова, Зайцев И.Д., Copenhafer W.C., Thomas H. Neuman, Raulindo R. Luna, Robin Rhinney (АҚШ). Ушбу муаллифларнинг илмий ишлари асосан электрокимёвий ва феррит усуллари билан каустик сода олишга қаратилган; трикальций гидроалюминатни каустификация қилиш; натрий карбонат, бикарбонат ва гидроксиди асосида сесквикарбонат ва натрий пероксикарбонат олишга қаратилган.

Ўзбекистонда металлургия, кимё, шиша ва иқтисодиётнинг бошқа тармоқларида ишлатиладиган каустик сода ва сода маҳсулотларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва саноатга жалб қилиш бўйича тадқиқотлар Якубов Р.Я., Эркаев А.У., Кучаров Б. Н., Рамбергенов А. К., Каипбергенов А. Т., Кошанова Б. Т. ва бошқа олимлар томонидан олиб борилган. Улар томонидан аммоний карбонатини Қорақалпоғистоннинг сульфат тузлари, шу жумладан натрий сульфат билан конверциялаш орқали буркеит ва аммоний сульфат олиш тадқиқотлари олиб борилган.

СЮВ олишнинг анъанавий технологияси полифосфат тузлари ва комплексонлардан фойдаланган ҳолда амалга оширилади, бу нафақат маҳсулот таннариhini оширади, балки атроф-муҳитга ҳам жиддий зарар еткази.

Каустик сода, тенардит, буркеит ва натрий пероксисульфатларни табиий мирабилит хом ашёсини комплекс қайта ишлаш асосида фосфатсиз ва экологик хавфсиз СЮВ ни Ўзбекистон шароитида олиш бўйича маълумотлар мавжуд эмас.

Диссертация мавзусининг диссертация иши бажарилган олий ўқув юртидаги илмий-тадқиқот ишлари билан ўзаро боғлиқлиги. Диссертация иши Тошкент кимё-технология институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ИТД-6-117 рақамли "Мирабилит ва аммоний карбонатидан кальцинациялаган сода ва аммоний сульфатини олиш учун ресурс тежамкор технологиясини ишлаб чиқиш" ва ОТ-А12-24-рақамли «Қорақалпоғистон сульфат тузлари асосида буркеит олиш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзуларидаги амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Табиий мирабилитни сода маҳсулотлари ва натрий пероксисульфатга қайта ишлашнинг физик-кимёвий асослаш ва технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

25 ва 100°C ҳароратларда 2Na^+ , $\text{Ca}^{2+}/2\text{OH}^-$, CO_3^{2-} (H_2O), 2Na^+ , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} 2OH^- (H_2O) уч- ва тўрт компонентли тизимнинг эрувчанлик изотермаси ёрдамида натрий сульфати ва карбонатини оҳакли сутдаги конверциялаш жараёнини тадқиқ қилиш технологик омиллар оралиғини танлаш;

табиий мирабилитни айланма карбонат-сульфат эритмаси иштирокида тозалаш жараёнини ўрганиш;

сульфат, сульфат-сода ва содасульфат эритмаларининг конверсия жараёнининг аналитик кўрсаткичларига киритиладиган технологик параметрларининг таъсири хусусиятини аниқлаш;

Na^+ $1/2 \text{SO}_4^{2-}$, $1/2 \text{CO}_3^{2-}$, OH^- (H_2O) тизимда аниқланган технологик параметрларни ўзгариш оралиқларида сульфатсодали ва сода-сульфатли тўйинган эритмаларни буғлатиб тенардит, буркеит ва каустик сода олиш жараёнини тадқиқ қилиш;

оралиқ босқичларда ҳосил бўлган суспензияларнинг реологик хоссаларини ва қаттиқ чўкмаларнинг минералогик ҳамда маҳсулотларнинг таркибини замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари ёрдамида аниқлаш;

натрий пероксисульфат олишнинг мақбул шароитларини аниқлаш;

синтетик ювувчи воситалар мақбул композицион таркибини аниқлаш;

табиий мирабилитни қайта ишлаб тенардит, буркеит, натрий гидроксиди ва натрий пероксисульфат олишнинг чиқиндисиз технологиясини синовдан ўтказиш;

тавсия этилаётган маҳсулот технологик схемасини ишлаб чиқиш, моддий балансини тузиш ва техник-иқтисодий ҳисобларни ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Гумрюк кони мирабилити, «Кўнғирот сода заводи» МЧЖ ҚҚ кальциринланган содаси, оҳактош, каустик сода,

натрий пероксисульфат, буркеит, кальций карбонат, водород пероксиди, суюқ шиша, СФМлар - натрий лауретсульфати (SLES), натрий лаурилсульфати (SLS), алкил бензол сульфон кислотаси (LABSA), карбонат ангидрид, кокамид, ДЭА (SDEA ёки 6501), бўёқлар ва хушбўй моддалардан фойдалиниланган.

Тадқиқотнинг предмети табиий мирабилитни конверсион ва тузли чўктириш усуллари ёрдамида тенардит, буркеит, каустик сода ва натрий пероксисульфат олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Кимёвий, рентгенографик, электрон микроскоп, дифференциал-термик ва визуал-политермик таҳлил усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

табиий мирабилитдан тенардит, буркеит ва каустик содани олишда компонентларнинг ўзаро таъсирлашувини $2\text{Na}^+//\text{SO}_4^{2-}$, CO_3^{2-} 2OH^- - H_2O эрувчанлик тизимида илмий асосланган;

сульфат, карбонат ва сульфат тутувчи тўйинган эритмаларни тозалашнинг мақбул шароити аниқланган;

табиий натрий сульфат эритмасини қайта ишлаб тенардит, буркеит ва каустик сода олиш билан кечадиган жараёнга $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ нисбат ўзгартириши билан кечадиган технологик параметрларнинг таъсири аниқланган;

натрий пероксисульфатни натрий сульфатга водород пероксидини қўшиб тузли чўктириш билан олишнинг мақбул технологик шароитлари аниқланган;

СЮВ таркиби ва хоссалари орасидаги боғлиқлик ювувчи компонентларнинг ва фаол қўшимчаларнинг ҳар хил оғирлик нисбатларида аниқланган;

маиший аҳамиятга эга СЮВ синтези учун натрий пероксисульфат олишнинг технологик схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

табиий мирабилитдан ювувчи воситалар ва шиша саноатида кенг фойдаланиладиган маҳсулотлар таннархини пасайтирадиган тенардит, буркеит ва каустик сода олиш технологияси ишлаб чиқилган;

буркеит ва натрий пероксисульфатни маиший мақсадда қўллаш учун яхши хоссаларга эга кукунсимон ювувчи композиция яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Кимёвий ва физик-кимёвий (рентгенографик, дифференциал-термик, электрон-микроскопик, визуал-политермал) таҳлиллар натижалари лаборатория тажрибалари ва тажриба синовлари билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқотнинг илмий аҳамияти табиий мирабилит эритмасидан тенардит, буркеит, каустик сода ва натрий пероксисульфатни конверсион ва тузли чўктириш усуллари билан олиш жараёнининг асосий қонуниятларини аниқлаш ва илмий тадқиқотларини тизимлаштириш, реакцион тизимда компонентларнинг ўзаро таъсирлашуви механизми ва давомийлиги ҳамда технологик параметрларини ростлаш билан асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, табиий мирабилитни комплекс қайта ишлаб республика маиший кимёсининг сульфат ва сода маҳсулотларига бўлган талабни қондирувчи тенардит, буркеит, каустик сода ва натрий пероксисульфатларни олиш технологиясини ишлаб чиқишга хизмат қилади. Натижада СЮВ ишлаб чиқариш учун зарур бўлган ингредиентларни импорти бартараф этишга ва экспорт имкониятлари очишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Табиий мирабилитдан тенардит, буркеит, каустик сода ва натрий пероксисульфатларни конверсион ва тузли чўктириш усуллари билан олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

табиий мирабилит асосида натрий сульфати олиш технологияси «Қўнғирот сода заводи» ОАЖ нинг 2022-2030 йилларда амалга ошириладиган ишланмалар рўйхатига киритилган («O'zkiyosanoat» АЖ нинг 2021 йил 5 ноябрдаги 23-3-4025-сон маълумотномаси). Натижада маҳаллий хомашё асосида маиший кимё ва шиша саноати учун муҳим бўлган ва таннарҳи арзон бўлган маҳсулот олиш технологияси имконини берган.

натрий сульфатни водород пероксид билан бириктириш орқали фаол кислород миқдори бўлган натрий пероксисульфат олиш технологияси «Қўнғирот сода заводи» ОАЖ нинг 2022-2030 йилларда амалга ошириладиган ишланмалар рўйхатига киритилган («O'zkiyosanoat» АЖ нинг 2021 йил 5 ноябрдаги 23-3-4025-сон маълумотномаси). Натижада маҳаллий хомашё асосида кенг ассортиментли сифатли синтетик ювувчи воситалар олиш учун сода маҳсулотларини ишлаб чиқариш технологияси имконини берган.

Тадқиқот натижаларини апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш чоп этилган, жумладан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссияси томонидан чоп этиш тавсия этилган журналларда 2 та республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқотни ўтказишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, объект ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, илмий янгилиги ва натижаларининг амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларининг амалиётга жалб қилиш даражаси кўрсатилган, диссертация тузилиши ва чоп этилган илмий ишлар бўйича маълумотлар келтирилган.

Биринчи бобда «**Натрий сульфатнинг дунё ва Ўзбекистондаги конлари. Ҳар хил маҳсулотларни ишлаб чиқаришда қўллаш усуллари**»,

натрий сульфати ва гидроксидининг жаҳон миқёсида ишлаб чиқарилиш ҳолати, шунингдек қўлланилиш соҳаси бўйича адабиётлар шарҳи келтирилган. Натрий сульфатни конверсион усулда олиш, натрий гидроксидни эса электролиз усулда олиш кўриб чиқилган.

Натрий гидроксидни ҳар хил усуллар билан олиш бўйича ҳорижий ва маҳаллий олимларнинг охириги йиллардаги патент маълумотлари таҳлил қилинган. Чоп этилган адабиётлар таҳлили асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазибалари шакллантирган.

Диссертациянинг «**Дастлабки материалларнинг хусусиятлари, физик-кимёвий тадқиқот усуллари ва тажрибаларни конверсион усулда олиб бориш услуби**» деб номланган иккинчи боби ишда тажрибаларда ишлатиладиган хом ашё ва реактивлар, намуналарни кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил қилиш усуллари ҳақида маълумотлар берилган.

Синтетик ювиш воситаларининг ювиш қобилятини икки нурли спектрометр (Shimadzu SM-2600) ёрдамида аниқлаш усули ишлаб чиқилган.

Диссертациянинг учинчи боби «**Мирабилитдан каустик сода, буркеит ва тенардит олиш жараёнини ўрганишининг физик кимёвий асослари**» NaOH , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 дан иборат суюлтирилган эритмани қайта ишлаш усулини топиш учун бир катионли тўрт компонентли $\text{Na}^+ // \text{OH}^-$, $1/2\text{CO}_3^{2-}$, $1/2\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ тизим ва унинг ташкил қилувчи $\text{Na}^+ // \text{OH}^-$, $1/2\text{CO}_3^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+ // \text{OH}^-$, $1/2\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$; $2\text{Na}^+ // \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ қисмларининг назарий графоаналитик таҳлил натижалари келтирилган. Тенардит, буркеит ва каустик сода олиш жараёнларини қоплаб турувчи оҳак сутининг табиий мирабилит ва кальцинирланган сода аралашмалари билан ўзаро таъсири жараёни $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1,0:0,1$ нисбатининг кенг оралиқларида ўрганилди: $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,1:0,9$; $0,4:0,6$ ÷ $0,6:0,4$ ва $0,95:0,05$ ÷ $0,8:0,2$ нинг тегишли оралиқлари аниқланди. Кальцинирланган соданинг табиий мирабилит иштирокидаги каустификация жараёни ўрганилди. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, кальцинирланган соданинг натрий сульфат билан каустификация жараёнининг дастлабки компонентлар нисбати ва жараённинг ҳароратига боғлиқ равишда амалда деярли кальций ва магний ионларидан тозаланган NaOH , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 эритмалари ҳосил бўлади.

1-жадвал

Натрий карбонати ва сульфатининг оҳак сути билан аралашмасининг каустификация жараёни кўрсаткичларига технологик параметрларнинг таъсири

Намуналар рақами	$\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ нисбати	Компонентлар миқдори, масс. %			
		Ca^{2+}	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	NaOH
Са(ОН) ₂ меъёрининг натрий карбонати ва сульфати йиғиндисига нисбати - 100%					
1	1:0	0,04	-	2,62	6,42
2	0,9:0,1	0,02	1,17	1,20	6
3	0,8:0,2	0,02	2,40	0,58	4,49
4	0,5:0,5	0,02	4,64	0,57	2,6
5	0,2:0,8	0,02	6,84	0,29	0,77
6	0,1:0,9	0,04	10,1	0,34	0,44
7	0:1	0,09	10,4	0,35	0,09
Са(ОН) ₂ меъёрининг натрий карбонати ва сульфати йиғиндисига нисбати - 90%					
8	1:0	0,009	0,83	1,6	7,9

9	0,9:0,1	0,0195	2,01	0,58	8,2
10	0,8:0,2	0,029	2,20	0,58	6,6
11	0,5:0,5	0,029	5,71	0,58	3,7
12	0,2:0,8	0,038	8,69	0,29	1,74
13	0,1:0,9	0,039	10,0	0,11	0,77
14	0:1	0,099	10,7	0,23	0,02

*оҳақли сут концентрацияси – 18%

**жараён ҳарорати-90⁰С

***жараён давомийлиги -90мин.

Са(ОН)₂ нинг 90% ли меъёри билан каустификация пайтида суюқликни тиниқлик даражаси 60% га ошади ва Са(ОН)₂ нинг 10% ортиқча меъёрда эса, тиниқлик даражаси Na₂CO₃:Na₂SO₄-1:0 ва 0,8:0,2 нисбатларда Са(ОН)₂ заррачаларининг секин чўкиши туфайли 5 соат ичида 40% гача камаяди (1-жадвал). Каустификация жараёнида тизимдаги С:Қ нисбат (9-1,39): 1 оралиғида ўзгаради, фильтрация тезлиги эса 40-120 кг/м²·соатдан ошмайди (2-жадвал). Филтрлаш тезлигининг паст бўлишининг сабабларидан бири бу С:Қ нинг қиймати юқорилиги ва турли диаметрли заррачаларнинг мавжудлиги бўлиб, улардан кичик заррачалар сезиларли даражада паст тезликда чўкишидир.

2-жадвал

Бўтқа филтрлаш тезлигига технологик параметрларнинг таъсири

№	Na ₂ CO ₃ :Na ₂ SO ₄ нисбати	С:Қ	Филтрланиш тезлиги, кг/м ² ·с		Чўкма намлиги, %
			каттик фаза бўйича	суюқ фаза бўйича	
1	1:0	2:1	419	1264	20
2		4:1	332	1119	20
3		7:1	204	1107	22
4		10:1	128	849	23
5		13:1	119	658	23
6	0,8:0,2	2:1	501	1424	20
7		4:1	286	1293	21
8		7:1	248	1098	22
9		10:1	153	1103	24
10		13:1	99,6	805,7	24
11	0,5:0,5	2:1	244	663,5	24
12		4:1	175	554	25
13		7:1	85	499	26
14		10:1	48	484	29
15		13:1	36	431	33

Суспензиянинг С:Қ нисбати реологик хоссаларга ва филтрлаш тезлигига катта таъсир кўрсатади. Тажрибаларда суспензиянинг С:Қ нисбати ва ҳарорати мос равишда 2-13:1 ва 30-90⁰С оралиқларида ўзгартирилди.

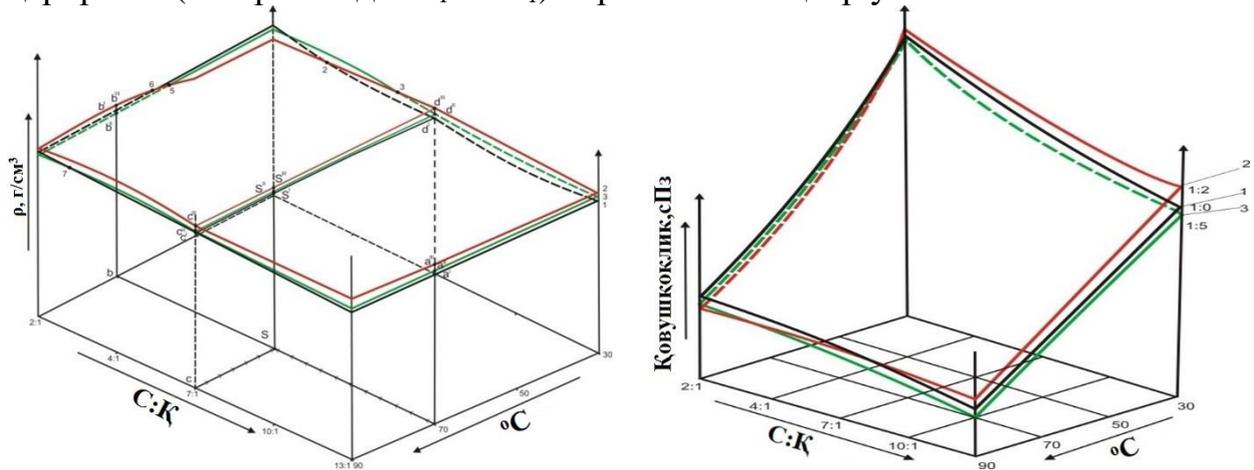
Филтрлаш тезлиги Na₂CO₃:Na₂SO₄=1:0 нинг С:Қ-(2-13):1 оралиқларида айланма эритмадан фойдаланилмаган ҳолатда 119-411 кг/м²·соат оралиқларида ўзгариб туради.

Na₂CO₃:Na₂SO₄=0,8:0,2 нисбатлардаги фильтрация тезлиги Na₂CO₃:Na₂SO₄= 1:0 га қараганда 25 - 82 кг/м²·соат юқори. Бирок, С:Қ = 13:1 бу кўрсаткич 19 кг/м²·соатга камдир. Шуни таъкидлаш лозимки, Na₂CO₃:2Na₂SO₄ нисбати 0,5:0,5 га тенг бўлган ҳолатда филтрлаш тезлиги

С:Қ =2-13:1 ораликларидаги1:0;0,8:0,2 нисбатларга караганда деяри 2-4 марта кам бўлади.

Технологик параметрларнинг ўзгариш ораликларида суспензиянинг зичлиги ва қовушқоқлиги 1.090-1.218 г/см³ ва 2.21-13.90 сПз оралиғида ўзгариб туради.

Олинган маълумотлар ҳажмий номограмма шаклида ҳам 1-расмда тасвирланган бўлиб, бунда киритиладиган технологик параметрларга боғлиқ равишда суспензиянинг реологик хусусиятларини олдиндан аниқлашга имкон беради. Масалан, 70°С ҳароратда С:Қ = 7:1 нисбатдаги суспензиянинг реологик хоссаларини аниқлаш учун b ва с нуктадан С: Қ нисбатга ва ҳароратга (мос равишда вв₁ва сс₁) параллел чизиклар ўтказамиз.



1-расм. Каустификация пайтида ҳосил бўлган суспензиянинг реологик хоссаларининг тизим ҳароратига ва С:Қ нисбатига боғлиқ равишда аниқлашнинг номограммалари

bb₁ нуктадан сс₁ гача зичлик (қовушқоқлик) 1,2,3 текислиги билан кесишгунча перпендикуляр чизамиз ва b^I, b^{II}, b^{III}, c^I, c^{II}, c^{III} и c^I, c^{II}, c^{III} кесишиш нукталаридан симметрик ёрдамчи эгри чизиклар чизамиз. bb ва сс тўғри чизикларнинг кесишиш нуктасида фигуратив S нуктасини топамиз. s^I, s^{II}, s^{III} нукталарда ёрдамчи симметрик эгри чизиклар билан кесишишадиган перпендикуляр чизамиз. ss^I, ss^{II}, ss^{III} кесмалари берилган шароитда суспензия зичлигининг қийматларини кўрсатади. Графоаналитик усулда аниқланган зичлик қийматининг хатолик даражаси тажриба қийматларидан ±2% га фарқ қилади.

Кучсиз эритмада NaOH миқдорини 8,2% га ошириш мақсадида каустификация жараёни таркибида NaOH нинг 3,7 ва 11% концентрацияли айланма эритмаси билан олиб борилди (3-жадвал).

Айланма эритмада NaOH миқдори ортиши билан филтрлаш тезлиги Na₂CO₃:Na₂SO₄ нинг барча танланган нисбатларида камаяди ва 103,8-318,0 кг/м²·соат ораликларида ўзгаради, энг юқори тезлик Na₂CO₃:Na₂SO₄ = 0,8:0,2 нисбатда намоён бўлади. Ушбу нисбатларда NaOH нинг айланма эритмадаги концентрациясининг ўрганилган ораликлардаги филтрлаш тезлиги 215-318 кг/м²·соатгача ўзгаради, чўкманинг намлиги суспензиянинг С:Қ 7-8:1 га тенг

бўлганида 8-28% ни ташкил қилади. OH^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} ионларининг миқдори (оғир.%): мос равишда 3.30-6.70, 2.1-2.4 ва 0,11-0,64 га тенг.

Кейинчалик каустификация пайтида $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:0$; $0,8:0,2$; $0,5:0,5$ нисбатларида ҳосил бўлган сульфат-карбонат-натрий суюлтирилган эритмаларини буғлатиш жараёнини ўрганиб чиқдик. Буғланиш жараёнини амалга ошириш учун кальцинирланган содани 95°C ҳароратда, 18% ли оҳакли сутнинг 100% ли меъёрида жараён давомийлиги – 2 соатда ва атмосфера босимида каустификациялаш жараёнида, кўрсатилган нисбатдаги компонентлардан иборат суюлтирилган эритма тайёрланди.

3-жадвал

Натрий карбонати ва сульфатининг оҳат сути билан аралашмасининг каустификация жараёни аналитик кўрсаткичларига технологик параметрларнинг таъсири

Намуна рақамлари 1-жадвалдаги рақамларга мос келади	$\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ нисбати	NaOH нинг айланма эрит- мадаги миқ-дори, %	Компонентлар миқдори масс%			
			Ca^{2+}	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	OH^-
8.1	1:0	3	0,019	0,81	2,50	9,92
8.2		7	0,04	0,71	2,01	13,4
8.3		11	0,04	0,60	1,60	17,4
10.1	0,8:0,2	3	0,03	2,4	0,64	7,76
10.2		7	0,04	2,30	0,60	12,0
10.3		11	0,02	2,1	0,51	15,7
11.1	0,5:0,5	3	0,04	4,65	0,54	6,54
11.2		7	0,02	4,60	0,50	10,5
11.3		11	0,03	4,30	0,49	14,5

*оҳакли сут концентрацияси – 18%

**жараён ҳарорати- 90°C

***жараён давомийлиги -90мин.

Тажриба маълумотлари (4-жадвал) шуни кўрсатдики, $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ нисбатнинг 1:0 дан 0,5:0,5 гача камайиши ва буғланиш даражасининг 60 дан 80% гача ортиши билан қаттиқ фаза ҳосил қилади. $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:0$; $0,8:0,2$; $0,5:0,5$ нисбатларидаги қаттиқ фаза миқдори мос равишда 1,97-4,68 дан 3,66-5,78 ва 8,05-12,67 кг гача ортади. $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=0,5:0,5$ нисбатда қаттиқ фаза буғланиш даражаси 40% дан пастроқда ҳам ҳосил бўлади. Қаттиқ фазанинг максимал 8,05-12,67 кг миқдори бошланғич компонентларнинг нисбати 0,5:0,5 ва буғланиш даражаси 60-80% бўлганда ҳосил бўлади.

Буғланган тизимларда суюқ ва қаттиқ фазанинг нисбати 0,6:1-38:1 гача, филтрлаш тезлиги $65-415 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{соат}$, филтрланган чўкмаларнинг намлиги 4,80-27,40% оралиғида ўзгаради. Шуни таъкидлаш керакки, буғланиш даражасининг нисбатан кичик қийматларида (40%), натрий сульфатнинг миқдори, С:К нисбати ва чўкма намлиги, буғланиш даражаси юқори (80%) бўлганга қараганда юқори бўлиб чиқди. Суспензияларни тиниқлашиш даражаси юқори бўлиб, 15-30 дақиқадан сўнг ҳам 70% ни ташкил этди.

Тиниклашиш натижасида С:Қ =2:4 да яхшироқ филтрланадиган ва ювишни таъминлайдиган зич чўкма ҳосил бўлади.

Кимёвий таҳлил натижалари шуни кўрсатдики, буғланиш даражаси 80% га ошиши билан суюқ фазада ОН⁻ ионлари миқдори (5-жадвал) аста-секин 28,29; 19,07 ва 28,67% га ортади. Дастлаб SO₄²⁻ ва CO₃²⁻ ионларининг таркиби буғланиш даражаси 40% га етгунга қадар ортади, сўнгра Na₂CO₃:Na₂SO₄=1:0; 0,8:0,2 ва 0,5:0,5 нисбатларда ҳамда 80% буғланиш даражаси 1,01;0,92 ва 0,45 га тенг бўлган қийматларда камаяди.

4-жадвал

Тизимнинг агрегат тизими ва ҳосил бўладиган чўкманинг филтрлаш хоссасига буғланиш даражасининг таъсири

№	Na ₂ CO ₃ : Na ₂ SO ₄ нисбати	Буғла- ниш дара- жаси,%	Қаттиқ фаза- нинг дастлабки умумий массага нисбати, %	Буғлатиш жараёни- даги С:Қ нисбат	Филтрлаш тезлиги кг/м ² ·соат	Чўкма намлиги, %	NaOH, миқдори. %
1	1:0	-	Шаффоф суюқлик				16,75
2		40	Шаффоф суюқлик				22,3
3		60	1,97	19:1	180	27,4	35,2
4		80	4,68	3,5:1	280	10,29	87,01
5	0,8:0,2	20	Шаффоф суюқлик				15,24
6		40	Шаффоф суюқлик				20,12
7		60	3,66	10:1	227	23,74	33,24
		65	3,96	9:1	246	25,71	45,21
8		80	5,78	3:1	415	8,30	84,00
9	0,5:0,5	20	Шаффоф суюқлик				13,1
10		40	1,60	38:1	65	17,24	21,32
11		60	8,05	4:1	374	12,50	39,12
12		80	12,67	0,6:1	971	4,80	88,02

Технологик параметрларнинг ўрганилган чегаралар ичида ўзгаришида ёпишқоқлик ва зичлик мос равишда 4,1-156,3 сПз ва 1,170-1,415 г/см³ оралиғида ўзгаради. Шуни таъкидлаш лозимки, 30°С да буғланиш даражаси 60% дан ошиши билан Na₂CO₃:Na₂SO₄ нинг ҳар учала нисбатида қовушқоқликнинг кескин ортиши кузатилади, бироқ, ҳарорат 60°С дан ошиши билан буғланиш даражасининг таъсири (эритма концентрацияси) текисланади. 20 ва 80% буғланиш даражасида (30°С да) қовушқоқликнинг фарқи 8,9 дан 2,1 сПз гача (90°С да) ва 30°С га нисбатан 4 мартадан кўп камаяди. Олинган натижалар шаффоф филтратларни насослар ёрдамида узатиш 60°С дан паст бўлмаган ҳароратда амалга ошириш мақсадга мувофиқ эканлигини кўрсатди.

Каустификация жараёнида олинган суюқэритмаларнинг буғланиш жараёни, таркибида 3-11% NaOH бўлган айланма эритмалардан фойдаланган ҳолда ўрганилди. Буғланиш даражаси 40-70% гача бўлганда 30-45% концентрацияли каустик сода эритмаси ҳосил бўлиши аниқланди. Қаттиқ фаза ўз навбатида Na₂CO₃:Na₂SO₄ =0,4:0,6÷0,6:0,4 ва 0,95:0,05÷0,8:0,2 нинг

тегишли нисбатида соф тенардит ва буркеит аралашмасидан иборат бўлади. $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=0,1:0,9$ нисбатида эса каустификация босқичига бериладиган фақат тенардит ва айланма сода-сульфат эритмаси ҳосил бўлади.

Бунда мазкур эритмани қайта ишлашнинг иккита варианты топилган:

- $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:0-0.5:0.5$ нисбатда каустификация босқичида (оғир.%): $\text{NaOH}-9.5$; $\text{Na}_2\text{SO}_4-6.10$; $\text{Na}_2\text{CO}_3-6.0$ таркибли сууюқ эритмани олиш. Ушбу эритмани буғлатгандан кейин буркеит ва концентрацияси 30% дан кам бўлмаган $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:2$ нисбатли каустик сода олиш мумкин.

- $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=0.2:0.8 - 0:1$ нисбатда каустификация босқичида (оғир..%): $\text{Na}_2\text{SO}_4-8.2$; $\text{Na}_2\text{CO}_3-6.0$ таркибли сууюқ эритмани олиш.

Мазкур эритмани буғлатгандан кейин тозаланган натрий сульфат ва концентрланган NaOH нинг етарлича миқдорини олиш мумкин. Бироқ бу жараён кўп энергия талаб қилувчи ва нотехнологик саналиб, шунинг учун буғлатишни натрий бикарбонатнинг ҳисобланган миқдорини кўшиб олиб бориш мақсадга мувофиқдир. Буғлатиш даражасининг 60% дан кам бўлмаган қийматида буркеит чўкади ва ажратилгандан кейинги тўйинган эритма жараён бошига қайтади.

Сууюқ эритмаларнинг буғланиши ва каустификацияси жараёнида ҳосил бўлган қаттиқ фазанинг минералогик таркиби замонавий физик-кимёвий таҳлил усуллари ёрдамида аниқланди. Каустификация вақтида ҳосил бўлган чўкма асосан кальций карбонат CaCO_3 ва буғланиш вақтида – тенардит Na_2SO_4 ва буркеит $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$ дан иборат эканлиги аниқланди. Технологик параметрларнинг ўзгариши танланган ораликларда оралик ва буғланган эритмаларнинг реологик хоссалари ҳам ўрганилди ва уларнинг технологик даражаси кўрсатилди. Ҳозирги кунда дунёда СЮВнинг кенг ассортименти ишлаб чиқарилмоқда, аммо улар асосан ўзи ювувчи бўлмаган триполифосфатдан иборат, яъни фақат ювиш учун сувни тайёрлайдиган модда. Қолганлари – сирт фаол моддалар (СФМ), оқартирувчилар, ферментлар ва бошқа ингредиентлар ювувчи ҳисобланади. Триполифосфат энг қиммат, шунингдек, инсон саломатлиги ва атроф-муҳит учун энг хавфли ҳисобланади. Кўпгина мамлакатларда СЮВда триполифосфатдан фойдаланиш тақиқланган.

Шунга асосланиб, оқартиргич олиш мақсадида адабиётлар маълумотларининг назарий таҳлили ўтказилди ва учала тизимдаги натрий сульфат - водород пероксид - сув ва калий карбонат – водород пероксид – сув тузларнинг ўзаро эрувчанлиги ўрганилди. Сууюқ ва қаттиқ фазаларни кимёвий таҳлил қилиш аналитик кимёнинг маълум усуллари билан амалга оширилди. Тизимлардаги фаза мувозанати доимий аралаштириш билан ўрнатилди. Сууюқ ва қаттиқ фазалар таркибини кимёвий таҳлил қилиш асосида бу тизимларнинг 0, 10 ва 20°C да изотермик эрувчанлик диаграммалари тузилди.

Натрий сульфат-водород пероксид-сув тизимида 20°C да $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ таркибли янги бирикма ҳосил бўлади. Натрий сульфат – водород пероксид – сув тизимининг ўрганилаётган ҳароратда эрувчанлик диаграммасининг ликвидус эгри чизиғи дастлабки компонентларнинг кристалланишининг учта тармоғи ва композициянинг янги бирикмаси - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ мавжудлиги

билан тавсифланади. Ўрганилган системада ҳосил бўлган бирикмалар кимёвий усул билан аниқланган. Бирикмани олиш учун Na_2SO_4 -40,0%, и H_2O_2 - 40,0% таркибли эритма тайёрланиб, у 35°C да 20 минут давомида аралаштирилди ва 20°C гача совутилди. Олинган қаттиқ фаза суспензиядан филтрлаш йўли билан ажратиб олинди, 60°C да ювилди ва қуритилди.

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ бирикманинг тахмин қилинган кристалланиш соҳасидан ажратиб олинган қаттиқ фазанинг кимёвий таҳлили қуйидаги натижаларни берди: % : Na – 30,42; H_2O – 5,90 топилди. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ учун: % : Na – 30,46; H_2O – 5,96 ҳисобланди.

Шунингдек, биз натрий сульфат кукуни (тенардит) ни водород пероксид билан 80, 100 ва 110% меъёردа қайта ишлаш орқали натрий пероксисульфат ишлаб чиқариш учун қаттиқ фазали усул жараёнини ўргандик. Олинган маълумотлар 5-жадвалда келтирилган.

5-жадвал

Натрий пероксисульфат сифатига технологик параметрларнинг таъсири

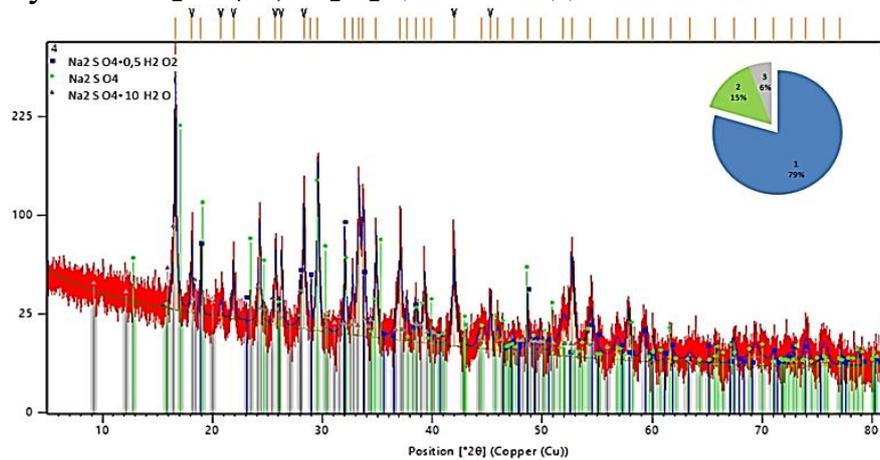
№	Водород пероксид концентрацияси, оғир, %	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$, га нисбатан водород пероксид меъёри, %	Водород пероксид йўқотилиши, оғир., %	Фаол кислород миқдори, %		Маҳсулотнинг жараёндан кейинги намлиги, %
				Нам маҳсулот	Қурук маҳсулот	
1	40	80	31,5	3,27	4,10	6,62
2	50		20,8	3,72	4,91	4,21
3	60		19,6	5,71	5,01	2,51
4	40	100	50,6	5,36	3,91	8,12
5	50		43,4	5,52	4,12	6,51
6	60		30,5	5,73	4,83	5,04
7	40	110	51,6	5,41	3,14	11,01
8	50		45,6	5,60	3,25	8,11
9	60		36,5	5,80	4,81	6,01

Жадвалдан кўриниб турибдики, нам ва қурук маҳсулотлардаги фаол кислород миқдори мос равишда 3,27-5,73 ва 3,12-5,01% оралиғида ўзгариб туришини кўрсатади. Маҳсулотнинг намлиги водород пероксид концентрацияси 40-60% оралиқларида ва 80% меъёрида 2,51-6,62% дан ошмайди. Водород пероксиднинг меъёри 100% дан 110% гача бўлган оралиқ ўзгаришларида ошиши билан намлик ҳам ортади ва миқдори мос равишда 5.04-8.12% ва 6.011-11.01% гача бўлади. Қурук маҳсулотда водород пероксид меъёрининг ошиши билан маҳсулот таркибидаги фаол кислород миқдори камаяди.

Бунинг сабаби шундаки, водород пероксид меъёрининг ошиши билан маҳсулотларнинг намлиги ошади ва эркин водород пероксиднинг намлиги мутаносиб равишда ортади, бу эса водород пероксиднинг қуритиш пайтида маҳсулотдан осонгина ажралиб чиқишини таъминлайди. Шунга кўра, меъёрнинг 80, 90 дан 110% гача ошиши ва водород пероксиднинг 40% ва 60% концентрацияларида водород пероксиднинг йўқотишлари 31,5, 20,8 ва 14,6 дан 51,6, 78,6 ва 35,5% гача ортади.

Юқорида баён қилинганларга асосланиб, концентрациянинг пасайиши ва водород пероксид меъёрининг ошиши билан пероксиднинг йўқолиши ошади ва маҳсулотнинг водород пероксидга нисбатан чиқиши 80% дан ортиқ бўлиши водород пероксиднинг 50% дан кам бўлмаган концентрациясида ва 80% меъёрларида эришилади.

Намуналарнинг минералогик таркибини аниқлаш учун рентген фазали таҳлилдан фойдаланиш (2-расм ва 6-жадвал) натижасида ҳосил бўлган маҳсулотнинг минералогик таркиби $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ва Na_2SO_4 дан иборат эканлигини кўрсатилди. Мирабилит 35°C дан юқори ҳароратларда маълум муддатдан сўнг бутунлай тенардитга айланади. Намуналарнинг асосий минерали ташкил қилувчиси миқдори 80% дан ортиқ бўлган $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ ҳисобланади.



2-расм. 4-намуна рентгенограммаси

6-жадвал

Рентгенофазали таҳлил бўйича реакция маҳсулотларининг минералогик таркиби

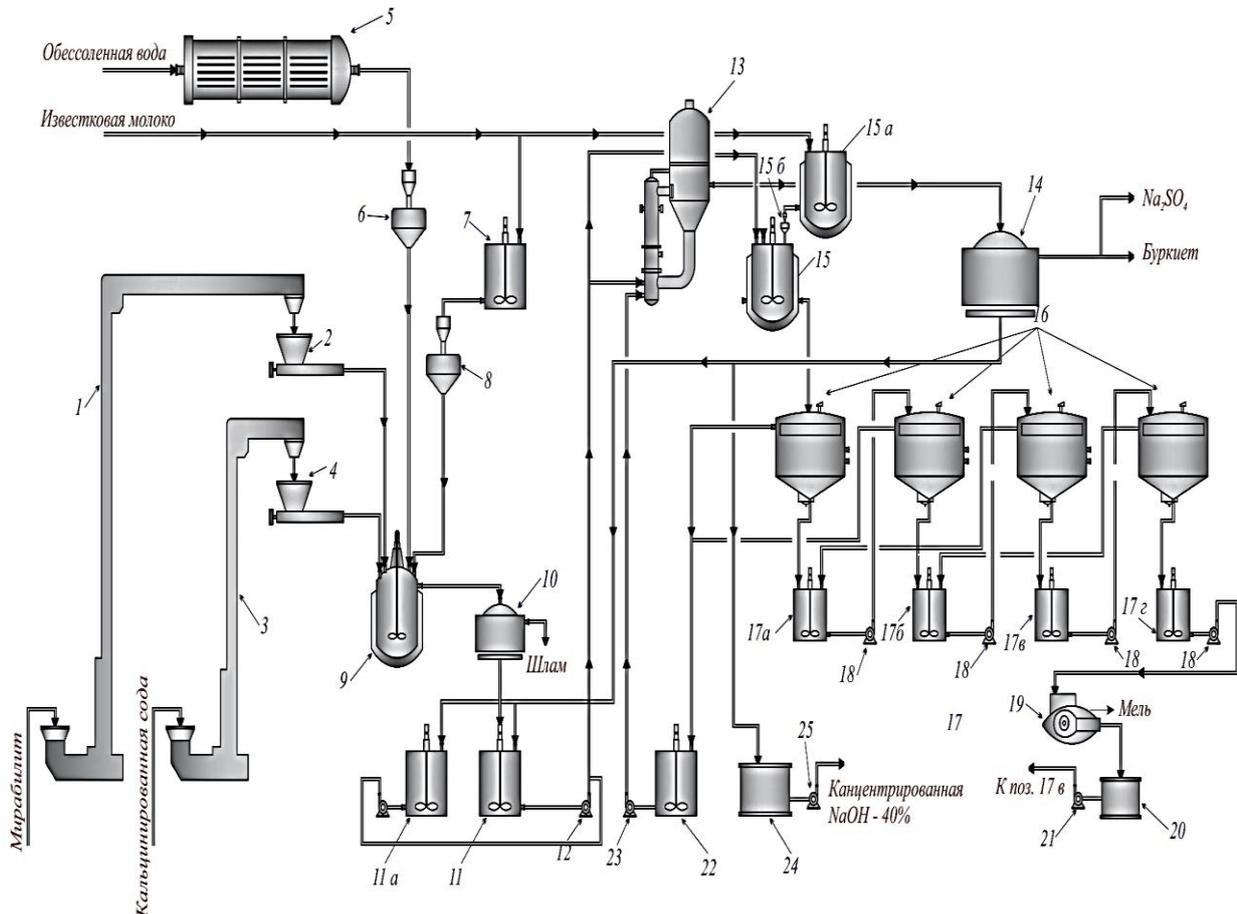
№ жадвалларга тегишли бўлган намуналар	Ref.Code	Минералларнинг номланиши	Миқдор, оғир.%
3	01-085-1732	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$	81,0
	01-086-0803	Na_2SO_4	13,1
	01-074-0937	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	7,1
4	01-085-1732	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$	79,0
	01-086-0803	Na_2SO_4	13,1
	01-074-0937	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	5,10
9	01-085-1732	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$	68,0
	01-086-0803	Na_2SO_4	18,1
	01-074-0937	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	13,9

Кейинги тадқиқотларда буркеит, натрий пероксисульфат ва каустик сода қўшимчаларининг СЮВ нинг кўрсаткичларига таъсирини ўрганиб чиқдик. Натрий лауретсульфат, бетаин, ДЭА ва LABSA сирт фаол моддалар сифатида ишлатилган. Бундан ташқари $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ нинг 4% ли эритмаси ва натрий метасиликатнинг 40% ли эритмаси ҳам қўшимча сифатида хизмат қилди.

Шундай қилиб, маълумотларга кўра, таклиф қилинган технология бўйича олинган буркеит, натрий пероксисульфат ва натрий гидроксид қўшимчалари билан маҳсулотнинг деярли товар хоссаларига тенг ва экспорт

маҳсулотларига нисбатан таннархи арзон бўлган синтетик ювиш воситаларининг композицияларини олиш мумкин.

Тўртинчи боб «Синтетик ювиш воситаларини олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва табиий мирабилитдан олинган сода маҳсулотлари қўшимчалари билан уларни ишлаб чиқаришни ташкил этишнинг техник-иқтисолий максалга мувофиқлиги» лган бобла "Кўнғирот сола



3-расм. Табиий мирабилитдан каустик сода, тенардит ва буркеит ишлаб чиқаришнинг мослашувчан технологик схемаси.

1. Табиий мирабилит учун элеватор; 2. Мирабилит учун шнекли тақсимлагич; 3. Кальцинирланган сода учун элеватор; 4. Кальцинирланган сода учун шнекли тақсимлагич; 5. Тузсизланган сув учун қиздиргич; 6. Тузсизлантирилган сув учун тақсимлагич; 7. Напор баки; 8. Оҳакли сут учун тақсимлагич; 9. Реактор эритгич; 10. Центрифуга; 11. Тозаланган сода-сульфат эритмаси учун йиғгич; 12. Ўқсимон насос; 13. Буғлатиш аппарати; 14. Центрифуга; 15. Каустификация учун реактор; 16. Тиндиргичлар; 17. Репулпаторлар; 18. Бўтқалар учун насос; 19. Барабанли вакуум филтър; 20. Ювинди сувлар учун йиғгич; 21. Ўқсимон марказдан қочма насос; 22. Суюлтирилган каустик сода учун йиғгич; 23. Ўқсимон марказдан қочма насос; 24. Конценртланган каустик сода учун йиғгич; 25. Конценртланган каустик сода учун ўқсимон насос.

Натрий пероксисульфат олишнинг принципал технологик схемаси таклиф этилди. Табиий мирабилитдан олинган натрий сульфат ва водород пероксид асосида натрий пероксисульфат ишлаб чиқариш қуйидаги асосий босқичлардан иборат :

1. Айланма совитувчи барабан сирт юзасида натрий сульфати ва водород пероксидини аралаштириш. Совутиш айланма совутилган сув билан амалга оширилади;

2. Нам маҳсулотни қуритиш;

3. Тайёр маҳсулотни қадоқлаш.

Технология "Қўнғирот сода заводи" ОАЖ даги ўрнатилган модель қурилмасида синовдан ўтказилди, бу жараёнга корхонанинг сув айланиши линиясидан қайта ишланган сув етказиб берилди ва бу ерга тозаланган натрий сульфат ва водород пероксид ҳам етказиб берилди.

Ҳар бири 5 кг миқдорида ва мос равишда 8,40-10,50% ва 3,50-4% миқдорида фаол кислородни сақлаган икки хил партиядаги маҳсулотлар олинди.

Маиший мақсадларда ишлаб чиқилган СЮВ технологияси қуйидаги босқичлардан иборат:

1. Натрий сексвикарбонат ва СФМ иборат аралашмани тайёрлаш;
2. Фаол компонентларни тайёрлаш;
3. Тайёрланган композицияларни аралаштириш;
4. Донадорлаш, қуритиш ва элаш;
5. Термикбарқарор бўлмаган қўшимчаларни совутиш ва аралаштириш.

Дастлабки компонентларнинг таннархини ҳисоблашда Интернетдаги биржа валюта нархларидан фойдаланилган (info@stroyka.uz). Ҳисоблар шуни кўрсатдики, ишлаб чиқариш ва хом ашё харажатларини ҳисобга олган ҳолда, 1 тонна натрий сульфат, буркеит ва натрий гидроксиднинг таннархи мос равишда 1513974, 244034 ва 1833340,5 сўмни ташкил этди, бу импорт қилинадиган маҳсулотларга нисбатан 1,5-2 баравар кам.

Бундан ташқари, таклиф этилаётган учинчи вариант бўйича натрий гидроксид олинганда қўшимча равишда буркеит ва кимёвий чўктирилган бўр мос равишда 78 ва 558 кг миқдорида ҳосил бўлади.

ХУЛОСА

Диссертация иши бажарилишида олинган асосий илмий ва амалий натижалар қуйидагича:

1. Назарий ва экспериментал маълумотларга асосланиб, натрий сульфат, карбонат, гидроксид, водород пероксид ва сувдан иборат тизимларда гетероген фазали мувозанатнинг политермаси тузилди. Қаттиқ фазаларнинг концентрацияси ва ҳарорат чегаралари ҳамда $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ янги бирикмаларининг мавжудлиги кимёвий, ДТА ва рентгенфазали таҳлил қилиш усуллари ёрдамида кўрсатилди.

2. Тегишли тизимларнинг изотермик эрувчанлик диаграммалари қурилди. $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaOH} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2 - \text{H}_2\text{O}$ тизимларининг эрувчанлик изотермасининг графоаналитик таҳлили ёрдамида табиий мирабилит асосида натрий карбонат, оҳак сути ва водород пероксиддан

NaOH, Na₂SO₄, Na₂CO₃·2Na₂SO₄, Na₂SO₄·0,5H₂O₂ ишлаб чиқариш учун технологик параметрларнинг ўзгариш оралиғи аниқланди.

3. Каустификация пайтида ҳосил бўлган чўкманинг минералогик таркиби асосан кальций карбонат CaCO₃ ва буғланиш пайтида – тенардит Na₂SO₄ ва буркеит Na₂CO₃·2Na₂SO₄ дан иборат эканлиги замонавий физик-кимёвий тадқиқот усуллари ёрдамида аниқланди. Оралиқ ва буғланган эритмаларнинг реологик хоссаларининг технологик монанд эканлиги исботланган.

4. Водород пероксид иштирокида натрий сульфатдан натрий пероксисульфат ишлаб чиқариш усули ишлаб чиқилган. Натрий пероксисульфат олиш учун мақбул шароит қилиб дастлабки эритмадаги H₂O₂ нинг меъёри ва концентрацияси мос равишда 80 ва 50-60% га тенг эканлиги аниқланди. Шунингдек Shimadzu CM-2600 икки нурли спектрометр ёрдамида синтетик ювиш воситаларининг ювиш қобилиятини аниқлаш усули ишлаб чиқилган.

5. Янги сода маҳсулотлари буркеит, натрий сесквикарбонат, натрий сульфат, натрий пероксисульфатларнинг СЮВ учун мақбул таркиби топилган бўлиб, бу олинган янги сода маҳсулотларига асосланган СЮВ МИФга нисбатан устундир.

6. Лаборатория тадқиқотлари натижаларига кўра табиий мирабилитни комплекс қайта ишлаш жараёнида 1 тонна натрий сульфат, буркеит, натрий гидроксид ва натрий пероксисульфат, маиший ювиш воситаларини ишлаб чиқариш учун асосий технологик схема ишлаб чиқилди ва моддий баланс тузилди.

7. Техник-иқтисодий ҳисоблар шуни кўрсатдики, ишлаб чиқариш ва хом ашё харажатларини ҳисобга олган ҳолда, таклиф этилаётган технология бўйича 1 тонна натрий пероксисульфат, буркеит ва кукунли маиший ювиш воситаларининг нархи мос равишда 5978814,00; 2440314 ва 11105262 сўмни ташкил этди, бу импорт қилинадиган маҳсулотларга нисбатан 1,5-2 баравар арзон эканлигини кўрсатди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.К/Т.35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ТУРСУНОВА ДИЛДОРА АБДУСАТТОРОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КАУСТИЧЕСКОЙ
СОДЫ И СОДОПРОДУКТОВ ИЗ ПРИРОДНОГО МИРАБИЛИТА**

02.00.13 – Технология неорганических веществ и материалов на их основе

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

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована под номером В2020.2.PhD/T1720 Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в лаборатории кафедры «Химическая технология неорганических веществ» Ташкентского химико-технологического института

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

Научный руководитель:

Эркаев Актам Улашевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Намазов Шафоат Саттарович
доктор технических наук, профессор, академик

Искендеров Ахмед Максетбаевич
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация:

Навоийский государственный горно-технологический университет

Защита состоится «19» августа 2022 года в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionxanruz@mail.ru

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за №17, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан « 05 » август 2022 года (реестр протокола рассылки №17 от «05 » август 2022 года).



Закиров Б.С.

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

Салиханова Д.С.

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

Намазов Ш.С.

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации (PhD) доктора философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире наблюдается большой спрос к содовым веществам и продуктов на их основе. В данном случае развитие экономики трудно представить без химической промышленности, отрасли которой должны быть основаны на высоких технологиях, а выпускаемая продукция по номенклатуре должна соответствовать мировым стандартам с низкой себестоимостью. Для этого требуется модернизация производство химической продукции на уровне программы локализации сырьевой базы предприятий по производству синтетических моющих средств (СМС), где необходимо получить ингредиенты таких как каустическая сода, тенардит, буркеита на основе комплексной переработки природного сульфатсодержащего сырья. В связи с этим важное значение имеет внедрение технологии получения экологически безопасных СМС с multifunctional свойствами путем введения в композитный состав химических отбеливателей (пероксисульфат натрия и др.), что приобретают огромную актуальность.

В мировом масштабе, большинство во всех развитых странах в состав СМС, за исключением поверхностно-активных веществ (ПАВ), включают умягчители воды (триполифосфат натрия, этилендиаминтетрауксусная кислота натрия) отбеливатели (гипохлориты, пероксикарбонат натрия) и другие вспомогательные органического и неорганического вещества. В этом необходимо обосновать ряд научно-технических решений: разработку эффективных способов получения тенардита, буркеита, каустической соды и пероксисульфата натрия из природного мирабилита; установление оптимальных технологических параметров процесса конверсии кальцинированной соды и известкового молока в присутствии мирабилита и получения буркеита методом высаливания продуктов каустификации в широком интервале межсоотношений компонентов, концентраций и температуры.

В Республике достигнуты успехи научных исследований и промышленных разработок по получению сесквикарбоната натрия, пероксикарбоната натрия, каустической соды, тенардита, различных композиций СМС из местных сырьевых ресурсов. В третьем направлении стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы отмечены важные задачи, направленные на «...продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и роста объема производства промышленной продукции в 1,4 раза»². Исходя из поставленных задач, разработана усовершенствованная малоотходная и безопасная технология получения импортозамещающей содопродуктов таких как каустическая сода, тенардит, буркеит на основе известкового молока, природного мирабилита и

² Указами Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

кальцинированной соды из СП ООО «Кунградский содовый завод» приобретают важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности», № ПП-4937 от 28 декабря 2020 года «О мерах по реализации инвестиционной программы Республики Узбекистан на 2021-2023 годы» и № ПП-4992 от 13 февраля 2021 года «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии VII «Химическая технология и нанотехнология».

Степень изученности проблемы. В мировой научно-технической литературе широко освещены научно-исследовательские работы по получению каустической соды, пероксидных соединений и других содопродуктов на основе различных исходных материалов в различных условиях и определены их физико-химические и моющие свойства Анорбоев А.А., Головки Д.А., Молдабеков Ш.М., Касьянов В.К., Koch Hans-Dieter, Zollner Hertz, Козлова В.К., Пух И.П., Махановский Я.Е., Kosmatka S.H., Маронич Е.Е., Парасип Э.М., Пеклер А.И., Шайхет Б.А., Уэхара М., Тимашев В.В., Бутт Ю.М., Сычев М.М., Ратинов В.Б., Пащенко А.А., Юнг В.Н., Будников П.П., Kari E.H., Yan Yun, Титова, Зайцев И.Д., Copenhafer W.C., Thomas H. Neuman, Raulindo R. Luna, Robin Rhinney. Научные работы этих авторов направлены в основном на получение каустической соды электрохимическим и ферритовым способами; каустификацией трехкальциевого гидроалюмината; сесквикарбоната и пероксикарбоната натрия на основе карбоната, бикарбоната и гидроксида натрия.

В Узбекистане исследованиями по разработке технологии получения каустической соды и содопродуктов используемых в металлургической, химической, стекольной и других отраслях экономики, созданы и внедрены в производство составы различных содопродуктов такими учеными как Якубов Р.Я., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х., Рамбергенов А. К., Каипбергенов А.Т., Кошанова Б.Т. и другие ученые. Ими было изучено получение буркеита и сульфата аммония конверсией карбоната аммония сульфатными солями Каракалпакстана, в том числе сульфатом натрия.

Традиционная технология получения СМС осуществляется с применением полифосфатных солей и комплексонов, которые не только

повышают себестоимость продукта, но и серьезно приводят большой ущерб окружающей среде.

Сведения по получению безфосфатных и экологически безопасных СМС в условиях Узбекистана на основе комплексной переработки природного сырья мирабилита на каустическую соду, тенардит, буркеита и пероксисульфата натрия отсутствуют.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование проводилось в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института по прикладным проектам ИТД 6-117 «Разработка ресурсосберегающей технологии получения кальцинированной соды и сульфата аммония из мирабилита и углекислых солей аммония» и ОТ-А12-24 «Разработка технологии получения буркеита на основе сульфатных солей Каракалпакстана».

Целью исследования является физико-химическое обоснование и разработка технологии переработки природного мирабилита в содопродукты и пероксисульфат натрия.

Задачи исследования:

исследование процесса конверсии сульфата и карбоната натрия известковым молоком с применением изотермы растворимости трех - и четырехкомпонентной взаимной системы 2Na^+ , Ca^{2+} // 2OH^- , $\text{CO}_3^{2-}(\text{H}_2\text{O})$, 2Na //, CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , $2\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})$ при температурах 25 и 100°C;

изучение процесса очистки растворов природного мирабилита в присутствии оборотных карбонат - сульфатных растворов;

определение характера влияния входных технологических параметров на аналитические показатели процесса конверсии сульфатных, сульфат-содовых и содосульфатных растворов;

исследование процесса упарки маточных сульфатно-содовых и содо-сульфатных растворов с получением тенардита, буркеита и каустической соды в интервалах варьирования технологических параметров, определенных анализом системы Na^+ // $1/2 \text{SO}_4^{2-}$, $1/2 \text{CO}_3^{2-}$, $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})$.

определение реологических свойств суспензий, образующихся в промежуточных стадиях, и минералогических составов твердых осадков и продуктов с применением современных физико-химических методов анализа;

определение оптимальных условий получения пероксисульфата натрия;

определение оптимальных составов композиции синтетических моющих средств;

апробация безотходной технологии переработки природного мирабилита с получением тенардита, буркеита, гидроксида натрия и пероксисульфата натрия;

разработка технологических схем, составление материального баланса и проведение технико-экономических расчетов предлагаемой продукции.

Объектом исследования являются природный мирабилит; кальцинированная сода ООО «Кунградский содовый завод», известняковая руда, каустическая сода, пероксисульфат натрия, буркеит, карбонаткальция, перекись водорода и жидкое стекло, ПАВы -лауретсульфат натрия (SLES), лаурилсульфат натрия (SLS), линейная алкилбензоловая сульфокислота (LABSA), диоксид углерода, кокамид ДЭА (CDEA или 6501)), красители и отдушки.

Предметом исследования является разработка технологии природного мирабилита конверсионным и высаливающим способом с получением тенардита, буркеита, каустической соды и пероксисульфата натрия.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы химического, рентгенографического, электронно-микроскопического, дифференциально-термического и визуально-политермического анализов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

научно обосновано взаимодействие компонентов по термодинамическим вероятностям и растворимости в системах $2\text{Na}^+//\text{SO}_4^{2-}$, $\text{CO}_3^{2-} - 2\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$ при получении тенардита, буркеита и каустической соды из природного мирабилита;

выявлены оптимальные условия очистки сульфатных и карбонат и сульфатсодержащих маточных растворов;

установлено влияние технологических параметров с изменением соотношения $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ на процесс переработки раствора природного сульфата натрия с получением тенардита, буркеита и каустической соды;

найжены оптимальные технологические условия получения пероксисульфата натрия высаливанием сульфата натрия с добавлением пероксида водорода;

определена зависимость между составами и свойствами СМС при различных массовых соотношениях моющих компонентов и активных добавок;

разработана технологическая схема получения пероксисульфат натрия для синтеза различных видов СМС бытового назначения;

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана технология получения из природного мирабилита, тенардита, буркеита и каустической соды, что позволяют снизить себестоимость продуктов, которые широко используются в производстве моющих средств и в стекольной промышленности;

создана композиция порошкообразных моющих средств с хорошими свойствами для бытового использования с применением буркеита и пероксисульфата натрия.

Достоверность результатов исследования. Результаты химических и физико-химических анализов (рентгенографический, дифференциально-термический, электронно-микроскопический, ИК-спектроскопический и визуально-политермический) подтверждены лабораторными опытами и опытными испытаниями.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что были выявлены основные закономерности и систематизированы научные исследования, обоснованы механизм и последовательности взаимодействия компонентов в реакционной системе и регулировании технологических параметров процессов получения тенардита, буркеита, каустической соды и пероксисульфата натрия конверсионным и высаливающим способами из растворов природного мирабилита.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии комплексной переработки природного мирабилита с получением тенардита, буркеита, каустической соды и пероксисульфата натрия, которые дают возможность удовлетворить потребность бытовой химии республики в сульфатах и содопродуктах.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии переработки природного мирабилита конверсионным и высаливающим методами на тенардит, буркеит, каустическую соду и пероксисульфат натрия:

технология получения сульфата натрия на основе мирабилита включена в перечень перспективных внедряемых разработок в 2022-2030 годах наАО «Кунградский содовый завод» (справка АО «Узкимёсаноат» от 5 ноября 2021 года № 23-3-4025 от). В результате создана возможность получения, необходимого для бытовой химии и стекольной промышленности дешёвого продукта сульфата натрия на основе местного сырья.

технология получения пероксисульфата натрия с активным содержанием кислорода путем введения пероксида водорода на сульфат натрия включена в перечень перспективных внедряемых разработок в 2022-2030 годах наАО «Кунградский содовый завод» (справка АО «Узкимёсаноат» от 5 ноября 2021 года № 23-3-4025 от). В результате создана возможность технологии получения содовых продуктов для производство качественного синтетического моющего средство широкого ассортимента на основе местного сырья.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования изложены в виде докладов и прошли апробацию на 2 международных и 6 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 14 работ. Из них 4 научные статьи, в том числе, 1 в зарубежных и 2 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, наименований использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе **«Месторождения сульфата натрия в мире и Узбекистане. Способы применения в производстве различных продуктов»** приводится обзор, в котором дано состояние мирового производства сульфата натрия и гидроксида натрия, а также области их применения. Рассмотрены методы получения сульфата натрия конверсионным методом, а гидроксида натрия - методом электролиза. Проанализированы последние патентные данные зарубежных и отечественных ученых по получению гидроксида натрия различными методами. Анализ опубликованных работ позволил сформулировать цель и задачи настоящей работы.

Во второй главе диссертации **«Характеристика исходных материалов, физико-химические методы исследования и методика проведения экспериментов конверсионным способом»** приведены данные о сырье и реактивах, использованных при выполнении экспериментов, даны методы проведения химических и физико-химического анализа образцов.

Разработана методика определения моющей способности синтетических моющих средств с применением двухлучевого спектрометра (Shimadzu CM-2600).

Третья глава диссертации **«Физико-химические основы исследования процесса получения каустической соды, буркеита и тенардита из мирабилита»** приведены результаты теоретического графоаналитического анализа однокатионной четырехкомпонентной системы $\text{Na}^+ // \text{OH}^-$, $1/2\text{CO}_3^{2-}$, $1/2\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ и его составных частей $\text{Na}^+ // \text{OH}^-$, $1/2\text{CO}_3^{2-}-\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}^+ // \text{OH}^-$, $1/2\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$; $2\text{Na}^+ // \text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ для определения способа переработки слабого раствора, состоящего из NaOH , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 . Изучен процесс взаимодействия известкового молока с смесями природного мирабилита и кальцинированной соды в широких интервалах соотношения $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1,0:0,1$, охватывающий процессы получения тенардита, буркеита и каустической соды, установлен интервал соотношений $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=0,1:0,9$; $0,4:0,6 \div 0,6:0,4$ и $0,95:0,05 \div 0,8:0,2$ соответственно.

Исследован процесс каустификации кальцинированной соды в присутствии природного мирабилита. Исследования показали, что при каустификации кальцинированной соды и сульфата натрия в зависимости от соотношения исходных компонентов и температуры процесса образуются растворы NaOH , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , практически очищенные от ионов кальция и магния.

При проведении каустификации с 90%-ной нормой $\text{Ca}(\text{OH})_2$ скорость осветления щелока увеличивается до 60%, а при 10%-ном избытке $\text{Ca}(\text{OH})_2$ она снижается до 40% в течении 5 часов за счет медленного осаждения частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и образования более мелких частиц CaCO_3 при соотношениях $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4-1:0$ и $0,8:0,2$ (таб.1).

Таблица 1

**Влияние технологических параметров на показатели процесса
каустификации смеси карбоната и сульфата натрия**

ИЗВЕСТКОВЫМ МОЛОКОМ

Номер образцов	Соотношение Na ₂ CO ₃ :Na ₂ SO ₄	Содержание компонентов, масс. %			
		Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	NaOH
Норма Ca(OH) ₂ на сумму карбоната и сульфата натрия - 100%					
1	1:0	0,04	-	2,62	6,42
2	0,9:0,1	0,02	1,17	1,20	6
3	0,8:0,2	0,02	2,40	0,58	4,49
4	0,5:0,5	0,02	4,64	0,57	2,6
5	0,2:0,8	0,02	6,84	0,29	0,77
6	0,1:0,9	0,04	10,1	0,34	0,44
7	0:1	0,09	10,4	0,35	0,09
Норма Ca(OH) ₂ на сумму карбоната и сульфата натрия - 90 %					
8	1:0	0,009	0,83	1,6	7,9
9	0,9:0,1	0,0195	2,01	0,58	8,2
10	0,8:0,2	0,029	2,20	0,58	6,6
11	0,5:0,5	0,029	5,71	0,58	3,7
12	0,2:0,8	0,038	8,69	0,29	1,74
13	0,1:0,9	0,039	10,0	0,11	0,77
14	0:1	0,099	10,7	0,23	0,02

*Концентрация известкового молока – 18%

**Температура процесса-90⁰С

***Продолжительность процесса -90мин.

При каустификации соотношение Ж:Т в системе колеблется в интервале (9-1,39): 1, а скорость фильтрации не превышает 40-120 кг/м²·ч (табл.2.). Одной из причин низкой скорости фильтрации является высокое значение Ж:Т и содержание частиц с различными диаметрами, из которых мелкие частицы осаждаются со значительно меньшими скоростями.

Таблица 2

Влияние технологических параметров на скорость фильтрации пульпы

№	Соотношение Na ₂ CO ₃ :Na ₂ SO ₄	Ж:Т	Скорость фильтрации, кг/м ² ·ч		Влажность, осадков, %
			по твердой фазе	по жидкой фазе	
1	1:0	2:1	419	1264	20
2		4:1	332	1119	20
3		7:1	204	1107	22
4		10:1	128	849	23
5		13:1	119	658	23
6	0,8:0,2	2:1	501	1424	20
7		4:1	286	1293	21
8		7:1	248	1098	22
9		10:1	153	1103	24
10		13:1	99,6	805,7	24
11	0,5:0,5	2:1	244	663,5	24
12		4:1	175	554	25
13		7:1	85	499	26
14		10:1	48	484	29
15		13:1	36	431	33

Большое влияние на реологические свойства и скорость фильтрации оказывает Ж:Т суспензии. В экспериментах соотношения Ж:Т суспензии и температуру варьировали в пределах 2-13:1 и 30-90⁰С соответственно. Скорость фильтрации в процессе без использования оборотного раствора колеблется в пределах 119-411кг/м²·ч при соотношении Na₂CO₃:Na₂SO₄ =1:0 в интервалах Ж:Т –(2-13):1. При соотношении Na₂CO₃:Na₂SO₄ = 0,8:0,2 скорость фильтрации выше на 25 – 82 кг/м² · ч чем при соотношении Na₂CO₃:Na₂SO₄= 1:0. Однако, при Ж:Т = 13:1 этот показатель на 19 кг/м² · ч ниже. Необходимо отметить, что при соотношении Na₂CO₃:2Na₂SO₄ равном 0,5:0,5 скорость фильтрации почти в 2-4 раза ниже, чем при соотношениях 1:0;0,8:0,2 в интервале Ж:Т =2-13:1.

В интервалах варьирования технологических параметров плотность и вязкость суспензии колеблется в пределах 1,090-1,218 г/см³ и 2,21-13,90 сПз. соответственно.

Полученные данные также изображены в виде объемной номограммы рис.1, которая позволяет заранее определить реологические свойства суспензии в зависимости от входных технологических параметров.

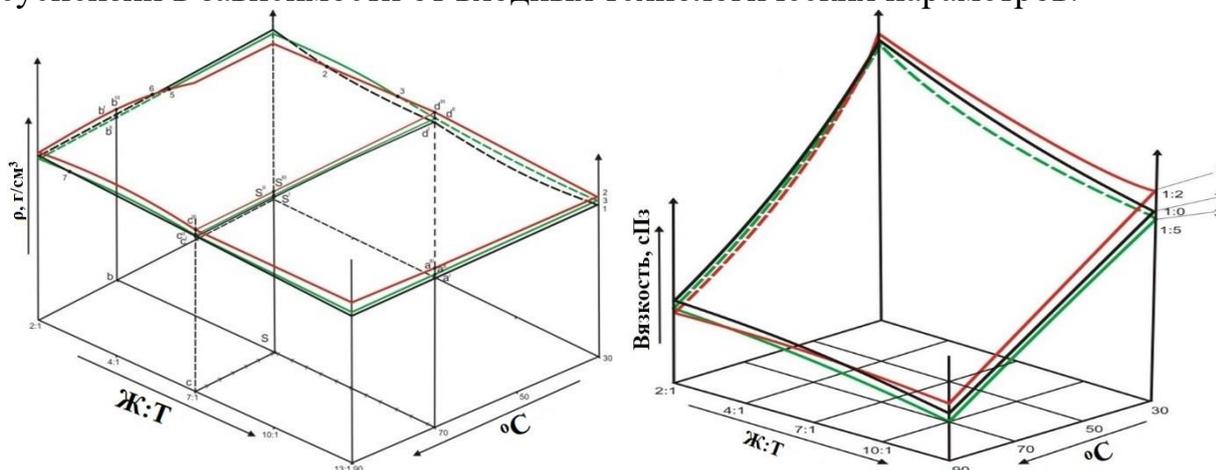


Рис.1. Номограммы определения реологических свойств суспензии, образующейся при каустификации в зависимости от температуры системы и соотношения Ж:Т

Например, для определения реологических свойств суспензии при температуре 70⁰С с соотношением Ж:Т = 7:1, от точки b и c проводим параллельные линии к соотношению Ж:Т и температуре (bb₁ cc₁ соответственно). От точки bb₁ до cc₁ проводим перпендикуляр до пересечения с плоскостью плотности (вязкости) 1,2,3 и от точек пересечения b^I, b^{II}, b^{III}, c^I, c^{II}, c^{III} и c^I, c^{II}, c^{III} проводим симбатные вспомогательные кривые. В точке пересечения прямых линии bb и cc определяем фигуративную точку S. Проводим перпендикуляр до пересечения с вспомогательными симбатными кривыми в точках s^I, s^{II}, s^{III}. Отрезки ss^I, ss^{II}, ss^{III} показывают значения плотности суспензии при заданных условиях. Ошибка значения плотности, определенной графоаналитическим методом отличается от экспериментальных значений на ±2%.

С целью повышения содержания NaOH до 8,2% в слабом щелоке процесс каустификации проводили обратным раствором с концентрацией 3,7 и 11% NaOH (табл.3).

С повышением содержания NaOH в обратном растворе скорость фильтрации снижается при всех выбранных соотношениях $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ и колеблется в интервале 103,8-318,0 кг/м²·ч, а самая высокая скорость проявляется при соотношении $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,8:0,2$. При этих соотношениях в изученных интервалах варьирования концентраций NaOH в обратном растворе скорость фильтрации колеблется в пределах 215-318 кг/м²·ч, влажность осадка составляет 8-28%, Ж:Т в суспензии равно 7-8:1. Содержание ионов OH^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} составляет (масс.%): 3,30-6,70, 2,1-2,4 и 0,11 – 0,64 соответственно.

Таблица 3

Влияние технологических параметров на аналитические параметры процесса каустификации смеси карбоната и сульфата натрия известковым молоком

Номера образ-цов соответствуют номерам табл.1	Соотношения $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$	Содержание NaOH в циркулирующем растворе масс,%	Содержание компонентов масс%			
			Ca^{2+}	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	OH^-
8.1	1:0	3	0,019	0,81	2,50	9,92
8.2		7	0,04	0,71	2,01	13,4
8.3		11	0,04	0,60	1,60	17,4
10.1	0,8:0,2	3	0,03	2,4	0,64	7,76
10.2		7	0,04	2,30	0,60	12,0
10.3		11	0,02	2,1	0,51	15,7
11.1	0,5:0,5	3	0,04	4,65	0,54	6,54
11.2		7	0,02	4,60	0,50	10,5
11.3		11	0,03	4,30	0,49	14,5

*Концентрация известкового молока – 18%

**Температура процесса-90⁰С

***Продолжительность процесса -90мин.

В дальнейшем нами изучался процесс упарки слабых растворов, образующихся при каустификации сульфат-карбонатно-натриевых растворов при соотношениях $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:0$; 0,8:0,2; 0,5:0,5. Для проведения процесса упарки были приготовлены слабые растворы с указанными соотношениями компонентов, полученных каустификацией кальцинированной соды при температуре 95⁰С, норме 18%-ного известкового молока - 100%, продолжительности процесса - 2 часа и атмосферном давлении.

Экспериментальные данные (табл.4) показали, что с уменьшением соотношения $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ от 1:0 до 0,5:0,5 и увеличением степени упарки от 60 до 80% образуется твердая фаза. Количество твердой фазы при соотношениях $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:0$; 0,8:0,2; 0,5:0,5 возрастает от 1,97-4,68 до 3,66-5,78 и 8,05-12,67 кг соответственно. При соотношении $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=0,5:0,5$ твердая фаза образуется и при более низкой степени упарки 40%. Максимальное количество твердой фазы 8,05-12,67 кг

образуется при соотношении исходных компонентов 0,5:0,5 и степени упарки 60-80%.

Соотношение жидкой и твердой фазы в упаренных системах колеблется в пределах 0,6:1-38:1, скорость фильтрации 65-415кг/м²·ч, влажность отфильтрованных осадков 4,80-27,40%. Необходимо отметить, что при более низких степенях упарки (40%) содержание сульфата натрия, соотношение Ж:Т и влажность осадков оказались больше, чем при более высоких степенях упарки (80%).

Скорость осветления суспензий была высокой и через 15-30 минут составляла 70%. В результате осветления образовывался плотный осадок с Ж:Т=2:4, что обеспечивало лучшую фильтрацию и промывку осадка.

Результаты химических анализов показали, что с увеличением степени упарки до 80% содержание ионов ОН⁻ в жидкой фазе (табл.5) постепенно повышается до 28,29; 19,07 и 28,67%. Содержание ионов SO₄²⁻ и CO₃²⁻ сначала повышается до достижения степени упарки 40% и затем при степени упарки 80% снижается до 1,01;0,92 и 0,45 при соотношениях Na₂CO₃:Na₂SO₄=1:0; 0,8:0,2; 0,5:0,5 соответственно.

Таблица 4

Влияние степени упарки на агрегатное состояние системы и фильтруемость образующихся осадков

№	Соотношение Na ₂ CO ₃ :Na ₂ SO ₄	Степень упарки, %	Количество твердой фазы, %, от общей исходной массы	Ж:Т в конце процесс упарки	Скорость фильтрации кг/м ² ·ч	Влажность осадка, %	Содержание NaOH, масс. %
1	1:0	-	Прозрачная жидкость				16,75
2		40	Прозрачная жидкость				22,30
3		60	1,97	19:1	180	27,40	35,20
4		80	4,68	3,5:1	280	10,29	87,01
5	0,8:0,2	20	Прозрачная жидкость				15,24
6		40	Прозрачная жидкость				20,12
7		60	3,66	10:1	227	23,74	33,24
		65	3,96	9:1	246	25,71	45,21
8		80	5,78	3:1	415	8,30	84,00
9	0,5:0,5	20	Прозрачная жидкость				13,10
10		40	1,60	38:1	65	17,24	21,32
11		60	8,05	4:1	374	12,50	39,12
12		80	12,67	0,6:1	971	4,80	88,02

В изученных пределах варьирования технологических параметров вязкость и плотность изменяются в интервалах 4,1-156,3 сПз и 1,170-1,415 г/см³ соответственно. Необходимо отметить, что при 30⁰С с увеличением степени упарки более 60% наблюдается резкое повышение вязкости при всех трех соотношениях Na₂CO₃:Na₂SO₄, однако с повышением температуры более 60⁰С влияние степени упарки (концентрации раствора) нивелируется. Разница вязкости при степени упарки 20 и 80% снижается от 8,9 (при 30⁰С) до 2,1 сПз (при 90⁰С) и в более чем в 4 раза при 90⁰С по сравнению с 30⁰С. Полученные результаты подсказывают, что перекачка прозрачных

фильтратов желательно проводить при температуре не ниже 60⁰С. Изучен процесс упарки полученных слабых растворов процесс каустификации при применении циркулирующих оборотных растворов с содержанием 3-11% NaOH.

Установлено, что при степени упарки до 40-70% образуется раствор каустической соды с концентрацией 30-45%. Твердая фаза состоит из чистых и/или смеси тенардита и буркеита соответственно при соотношении $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,4:0,6 \div 0,6:0,4$ и $0,95:0,05 \div 0,8:0,2$. А при соотношений $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=0,1:0,9$ образуется только тенардит и циркулирующий содо-сульфатный раствор который подаётся на стадию каустификации.

При этом установлены два варианта переработки данного раствора:

-при соотношении $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:0-0.5:0.5$ с получением в стадии каустификации слабого раствора состава (масс.%): NaOH-9.5; Na_2SO_4 -6.10; Na_2CO_3 -6.0. После упарки такого раствора можно получить буркеит и каустическую соду концентрацией не ниже 30% с соотношением $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=1:2$.

-при соотношении $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4=0.2:0.8-0:1$ с получением в стадии каустификации слабого раствора состава, (масс.%): Na_2SO_4 -8.2; Na_2CO_3 -6.0. После упарки этого раствора можно получить очищенный сульфат натрия и значительное количество концентрированного NaOH. Однако данный процесс энергоёмкий и нетехнологичный и поэтому упарку целесообразно проводить с добавками расчетного количества бикарбоната натрия. При степени упарки не более 60% выпадает буркеит, после отделения которого маточный раствор снова возвращается в начало процесса.

С применением современных физико-химических методов анализов установлен минерологический состав твёрдой фазы, образующейся при каустификации и упарке слабых растворов. Установлено, что осадок образующийся при каустификации в основном состоит из карбоната кальция CaCO_3 а при упарке – тенардит Na_2SO_4 и буркеит $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$. Также изучены реологические свойства промежуточных и упаренных растворов в подобранных интервалах варьирований технологических параметров и показана их технологичность.

В настоящее время в мире производят СМС широкого ассортимента, но они состоят, преимущественно, из триполифосфата – вещества, которое само не стирает, а только подготавливает воду к стирке. Стирает остальное – поверхностно-активные вещества (ПАВ), отбеливатели, энзимы и другие ингредиенты. Триполифосфат самый дорогой, и к тому же самый опасный для здоровья человека и окружающей среды. Во многих странах использование триполифосфата в СМС запрещено.

Исходя из этого, с целью получения отбеливателей проведен теоретический анализ литературных данных, а также изучена взаимная растворимость солей в тройных системах: сульфат натрия - перекись водорода - вода и карбонат калия– перекись водорода – вода. Химический анализ жидких твердых фаз проводили известными методами аналитической химии. Равновесие фаз в системах устанавливалось при непрерывном перемешивании. На основе химического анализа составов

жидких и твердых фаз построены изотермические диаграммы растворимости этих систем при 0, 10 и 20 °С.

В системе сульфат натрия – перекись водорода – вода при 20°С имеет место образование нового соединения состава $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$. Кривая ликвидуса диаграммы растворимости системы сульфат натрия – перекись водорода – вода при изученной температуре характеризуется наличием трех ветвей кристаллизации исходных компонентов и нового соединения состава - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$. Соединения, образующиеся в изученной системе, идентифицированы химическим методом. Для получения соединения приготовили раствор состава: Na_2SO_4 -40,0%, и H_2O_2 - 40,0%, который перемешивали при 35°С в течение 20 минуты охлаждали до 20°С. Образующуюся твердую фазу из суспензии отделяли путем фильтрации, промывали и сушили при 60°С. Химический анализ твердой фазы, выделенной из предполагаемой области кристаллизации соединения $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$, дал следующие результаты: Найдено, % : Na – 30,42; H_2O – 5,90. Для $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ вычислено, % : Na –30,46; H_2O – 5,96

Также нами изучен процесс твердофазного способа получения пероксисульфата натрия путем обработки порошка сульфата натрия (тенардит) перекисью водорода при норме 80, 100 и 110%. Полученные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Влияние технологических процессов на качество пероксисульфата натрия

№	Концентрация пероксида водорода, масс. %	Норма пероксида водорода относительно $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$, %	Потери пероксида водород, масс., %	Содержание активного кислорода, %		Влажность продукта после процесса, %
				Влажный продукт	Сухой продукт	
1	40	80	31,5	3,27	4,10	6,62
2	50		20,8	3,72	4,91	4,21
3	60		19,6	5,71	5,01	2,51
4	40	100	50,6	5,36	3,91	8,12
5	50		43,4	5,52	4,12	6,51
6	60		30,5	5,73	4,83	5,04
7	40	110	51,6	5,41	3,14	11,01
8	50		45,6	5,60	3,25	8,11
9	60		36,5	5,80	4,81	6,01

Из таблицы видно, что содержание активного кислорода во влажном и сухом продуктах колеблется в интервалах 3,27-5,73 и 3,12-5,01% соответственно. Влажность продукта не превышает 2,51-6,62% при норме пероксида водорода 80% в интервалах концентрации последнего 40-60%. С повышением нормы пероксида водорода от 100% до 110% интервалы колебания влажности повышаются и составляют 5,04-8,12% и 6,01-11,01% соответственно. В сухом продукте с повышением нормы пероксида водорода снижается содержание активного кислорода в продуктах.

Это объясняется тем, что с увеличением нормы пероксида водорода влажность продуктов увеличивается и пропорционально увеличивается влажность свободного пероксида водорода, которая при сушке легко

выделяется из продукта. Соответственно этому с увеличением нормы от 80,90 до 110% увеличиваются потери пероксида водорода от 31,5,20,8 и 14,6 до 51,6,78,6 и 35,5% соответственно при концентрации пероксида водорода 40% и 60%.

На основе вышеизложенного можно заключить, что со снижением концентрации и повышением нормы пероксида водорода потери пероксида увеличиваются и выход продукта относительно пероксида водорода достигает более 80% при норме 80% применения пероксида водорода с концентрацией не ниже 50%.

Для определения минералогического состава образцов применяли рентгенофазовый анализ (рис.2 и таб.6), который показал, что минералогический состав полученного продукта состоит из $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и Na_2SO_4 . При температуре выше 35°C мирабилит через определенный промежуток времени полностью превращается в тенардит. Основным составляющим минералом образцов является $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$, содержание которого более 80%.

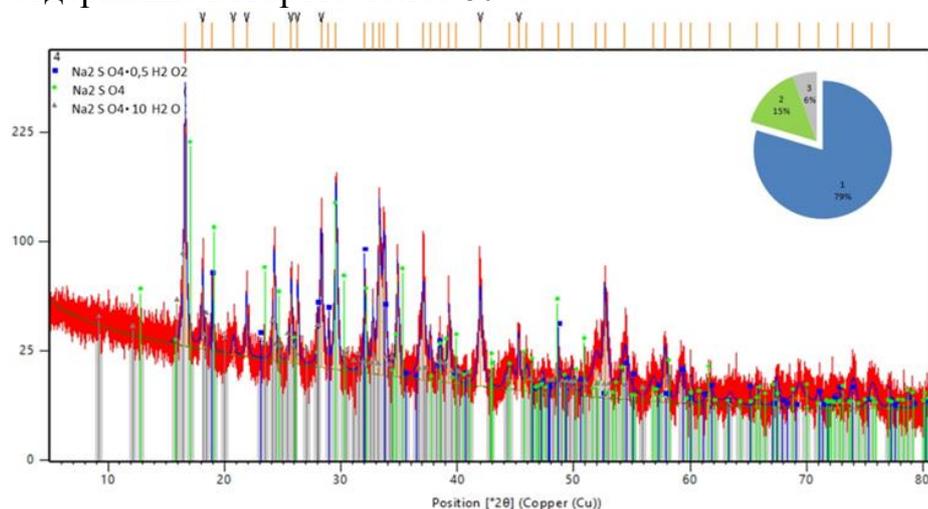


Рис.2
Рентгенограмма
образца №4

Таблица 6
Минералогический состав продуктов реакции по рентгенофазовому
анализу

№ проб соответ. номерам таблицы	Ref.Code	Наименование минералов	Содержание, масс.%
3	01-085-1732	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$	81,0
	01-086-0803	Na_2SO_4	13,1
	01-074-0937	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	7,1
4	01-085-1732	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$	79,0
	01-086-0803	Na_2SO_4	13,1
	01-074-0937	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	5,10
9	01-085-1732	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$	68,0
	01-086-0803	Na_2SO_4	18,1
	01-074-0937	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	13,9

В дальнейших исследованиях нами изучалось влияние добавок буркеита, пероксисульфата натрия и каустической соды на показатели СМС. В качестве ПАВ использовали лауретсульфат натрия, бетаин, ДЭА и LABSA. Также

добавками служили 25%-ный раствор $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и жидкое стекло в виде 40%-ного раствора метасиликата натрия.

Таким образом, как показывают данные с добавками буркеита, пероксисульфата натрия и гидроксида натрия, полученных по предложенной технологии, можно получить композиции синтетических моющих средств с практически равноценными товарными свойствами продукта и пониженной стоимостью относительно экспортных продуктов.

В четвертой главе «Разработка технологии получения синтетических моющих средств и технико-экономическая целесообразность организации их производства с добавками содопродуктов, полученными из природного мирабилита» приведены результаты разработки гибкой технологии комплексной переработки природного мирабилита испытаний на опытной установке АО «Кунградский содовый завод», предложена технологическая схема и рассчитаны материальный баланс, а также ориентировочные технико-экономические показатели процессов переработки природного мирабилита на сульфат и гидроксид натрия и буркиет.

Предложенная технология испытана на лабораторной модельной установке, данные которого подтвердили результаты лабораторных опытов. На основании проведенных исследований предложена технологическая схема (рис.3) составлена блок схема материальных потоков и рассчитаны расходные коэффициенты сырьевых материалов.

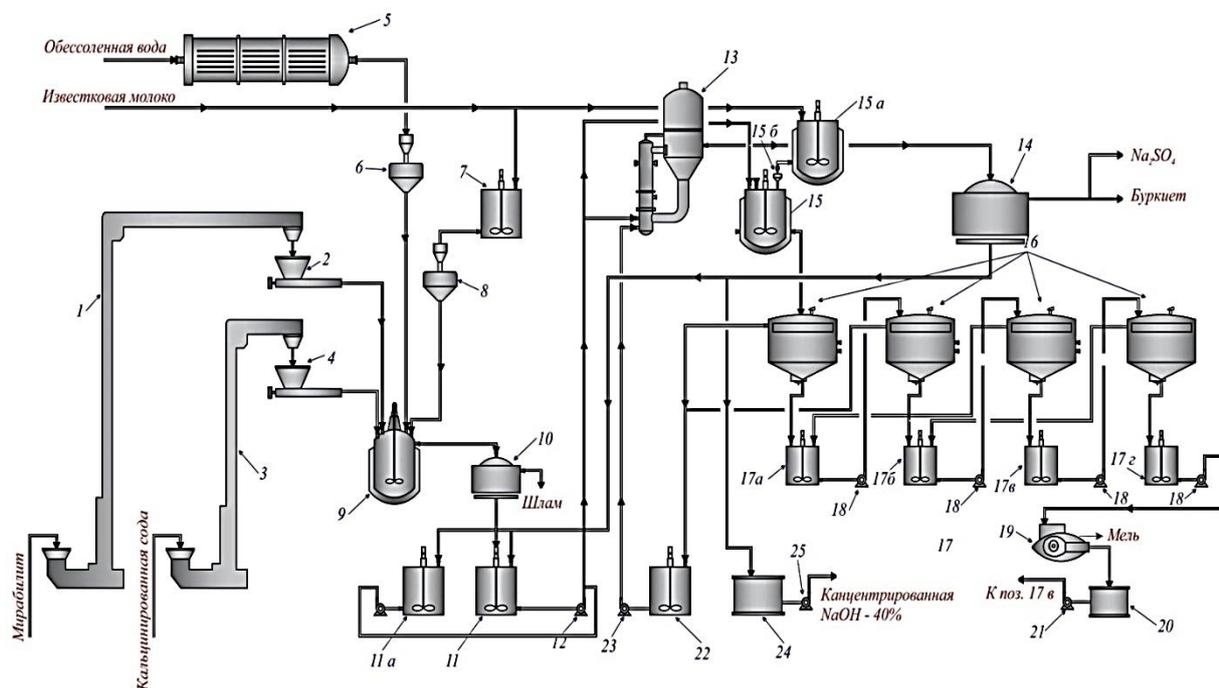


Рис.3. Гибкая технологическая схема получения каустическая сода, тенардит и буркеита из природного мирабилита.

1.Элеватор природного мирабилита; 2. Шнековый дозатор мирабилита; 3.Элеватор кальцинированная сода;4. Шнековый дозатор кальцинированная сода; 5. Обогреватель обессоленной воды; 6. Дозатор обессоленной воды; 7.Напорный бак; 8.Дозатор известкового молока; 9. Реактор растворитель; 10. Центрифуга; 11. Сборник очищенного сода – сульфатный раствор; 12. Осевой насос; 13.Выпарной аппарат; 14. Центрифуга; 15. Реактор каустификации;

16.Отстойники; 17.Репулпаторы; 18.Пульповой насос; 19.Барабанный вакуумный фильтр; 20.Сборник промывной воды; 21. Осевой циркуляционный насос; 22.Сборник слабых каустической соды; 23. Осевой циркуляционный насос; 24. Сборник концентрированная каустической соды; 25. Осевой насос концентрированная каустическая соды.

Предложена принципиальная технологическая схема производства пероксисульфата натрия.

Производство пероксисульфата натрия на основе сульфата натрия, полученного из природного мирабилита и пероксида водорода, состоит из следующих основных стадий:

1. Смешивание растворов сульфата натрия и пероксида водорода на поверхности вращающегося охлажденного барабана. Охлаждение осуществляется циркулирующей охлажденной водой;

2. Сушка влажного продукта;

3. Упаковка готового продукта.

Технология апробирована на модельной установке, смонтированной в АО «Кунградский содовый завод», оборотная вода подавалась в процесс из линии водооборотного цикла предприятия и сюда же поступали очищенный сульфат натрия и пероксид водорода.

Полученные продукты двух партий в количестве по 5 кг каждый, содержащие активный кислород в количестве 8,40-10,50 вес. % и 3,50-4% соответственно.

Также разработана технология получения СМС бытового назначения состоит из следующих стадий:

1. Приготовление смеси сесквикарбоната натрия и ПАВ.

2. Приготовление смеси активных компонентов.

3. Смешение приготовленных композиций.

4. Грануляция, сушка и рассеивание.

5. Охлаждение и смешение термонестабильных добавок.

При расчете стоимости исходных компонентов использовались биржевые цены по интернету (info@stroyka.uz). Расчеты показали, что с учетом затрат на производство и сырьевые материалы, согласно расчету, себестоимость 1 т сульфата натрия, буркеита и гидроксида натрия составило 1513974, 244034 и 1833340,5 сум соответственно, что в 1,5-2 раза ниже чем импортные продукты.

Кроме того, при получении гидроксида натрия по предложенному третьему варианту дополнительно образуется буркеит и химически осажденный мел в количестве 78 и 558 кг соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными научными и практическими результатами, полученными при выполнении диссертационной работы являются следующие:

1. На основе теоретических и экспериментальных данных построена политерма гетерогенных фазовых равновесий в системах, состоящих из сульфата, карбоната, гидроксида натрия, пероксида водорода и воды. Выявлены концентрационные и температурные пределы существования

равновесных твердых фаз и новых соединений: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$, идентифицированных методами химического, ДТА и рентгенофазового анализом.

2. Построены изотермические диаграммы растворимости соответствующих систем. Графоаналитическим методом анализ изотермы растворимости систем $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{NaOH} - \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2 - \text{H}_2\text{O}$ определен интервал варьирования технологических параметров получения NaOH , Na_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}_2$ на основе природного мирабилита, карбоната натрия, известкового молока и пероксида водорода.

3. Установлен минералогический состав осадок образующийся при каустификации современными физико-химическими методами исследования, который в основном состоит из карбоната кальция CaCO_3 а при упарки – тенардит Na_2SO_4 и буркеит $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$. Доказана технологичность реологических свойства промежуточных и упаренных растворов.

4. Разработан способ получения пероксисульфата натрия из сульфата натрия в присутствии пероксида водорода. Установлено, что оптимальными условиями получения пероксисульфата натрия являются норма и концентрация H_2O_2 в исходном растворе равном соответственно 80 и 50-60%. Также разработана методика определения моющей способности синтетических моющих средств с применением двухлучевого спектрометра Shimadzu CM-2600.

5. Найдено оптимальное содержание ПАВ, буркеита, сесквикарбоната натрия, сульфата натрия, метасиликата натрия, пероксисульфата натрия в составе СМС бытового назначения, который равноценно и/или превосходит по сравнению с МИФ на основе полученных новых содопродуктов.

6. На основе результатов проведенных лабораторных исследований разработана принципиальная технологическая схема и составлен материальный баланс производства 1 т сульфата натрия, буркеита, гидроксида натрия и пероксисульфат натрия, бытовых моющих средств, полученных при комплексной переработке природного мирабилита.

7. Техничко-экономические расчеты показали, что с учетом затрат на производство и сырьевые материалы себестоимость 1 т пероксисульфата натрия, буркеита и порошкообразных бытовых моющих средств по предложенной технологии составило 5978814,00; 2440314 и 11105262 сум соответственно, что в 1,5-2 раза ниже чем импортные продукты.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02/30.12.2019.K/T. 35.01 AT INSTITUTE OF
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

TURSUNOVA DILDORA ABDUSATTAROVNA

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF
CAUSTIC SODA AND SODA PRODUCTS FROM NATURAL
MIRABILITE**

02.00.13 – Technology of inorganic substances and materials on their basis

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

Tashkent – 2022

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 B2020.2.PhD/T1720.

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 and on the website of "Ziyonet" Information and educational portal www.ziyonet.uz.

Research supervisors:	Erkaev Aktam Ulashevich doctor of technical science, professor
Official opponents:	Namazov Shafolat Sattarovich doctor of technical science, professor, academician Iskanderov Akhmet Maksedbayevich doctor of technical science, associate professor
Leading organization:	Navoi state mining and technology university

The defense will take place "19" August 2022 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of scientific council No. DSc. 02/30.12.2019.K/T.35.01 at institute of General and Inorganic Chemistry (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60, fax: (+99871) 262-79-90, e-mail: ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under №17). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on "05" August 2022 y.

(mailing report №17 from "05" August 2022 y.).



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

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

Namazov Sh.S.
Chairman of scientific seminar at scientific council on
awarding of scientific degrees, doctor of technical sciences,
professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the physical and chemical substantiation and development of technology for processing the mirabilite of the Tumryuk deposit into soda products and sodium peroxysulfate.

The object of the research are natural mirabilite; soda ash, “Kungrad soda zavodi” LLC, limestone ore, caustic soda, sodium peroxysulfate, burkeite, calcium carbonate, hydrogen peroxide and liquid glass, surfactants - sodium laureth sulfate (SLES), sodium lauryl sulfate (SLS), linear alkylbenzene sulfonic acid (LABSA), carbon dioxide, cocamide DEA (CDEA or 6501)), dyes and fragrances.

The scientific novelty of dissertational research consists in the following:

the interaction of components in terms of thermodynamic probabilities and solubility in the $2\text{Na}^+//\text{SO}_4^{2-}$, $\text{CO}_3^{2-} - 2\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$ systems was scientifically substantiated in the production of thenardite, burkeite and caustic soda from natural mirabilite;

the optimal conditions for the purification of sulfate and carbonate and sulfate-containing mother liquors were identified;

the influence of technological parameters with a change in the $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$ ratio on the process of processing a solution of natural sodium sulfate with the production of thenardite, burkeite and caustic soda was established;

the optimal technological conditions for obtaining sodium peroxysulfate by salting out sodium sulfate with the addition of hydrogen peroxide were found;

the dependence between the compositions and properties of synthetic detergent at various mass ratios of detergent components and active additives was determined;

a technological scheme for obtaining sodium peroxysulfate for the synthesis of various types of synthetic detergent for domestic purposes was developed;

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the development of technology for processing natural mirabilite by conversion and salting out methods for thenardite, burkeite, caustic soda and sodium peroxysulfate:

mirabilite-based sodium sulfate production technology is included in the list of promising implemented developments in 2022-2030 at “Kungrad soda zavodi” JSC (certificate of Uzkiyosanoat JSC dated November 5, 2021 No. 23-3-4025 dated). As a result, it was possible to obtain a cheap product of sodium sulfate, which is necessary for household chemicals and the glass industry, based on local raw materials.

the technology for producing sodium peroxysulfate with an active oxygen content by introducing hydrogen peroxide onto sodium sulfate is included in the list of promising implemented developments in 2022-2030 at “Kungrad soda zavodi” JSC (certificate of Uzkiyosanoat JSC dated November 5, 2021 No. 23-3-4025 from). As a result, the possibility of a technology for the production of soda products for the production of a wide range of high-quality synthetic detergents based on local raw materials has been created.

The structure and volume of the thesis. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of references, applications. 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)

1. Tursunova D.A., Erkaev A.U., Kaipberganov A.T., Begimkulova K.G., Karajonova Sh.D. Studying of mineralogical composition of deposits formed by vaporization caustic soda solution. //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2019, №7-8, P.49-56.

2. Tursunova D.A., Erkaev A.U. Study of the rheological properties of the suspension formed during the production of caustic soda by the lime method.// Chemical technology. Control and management 2021, №1(97) P.20-28

3. Турсунова Д.А., Эркаев А.У., Тоиров З.К., Кучаров Б.Х., Ещенко Л.С. Получение концентрированного раствора каустической соды и буркеита из слабых растворов каустификации // Узбекский химический журнал, 2021, №2 С.26-33.

II бўлим (II часть; part II)

4. Tursunova D.A., Erkaev A.U., Toirov Z.K., Sulonov B.E. Obtaining Caustic Soda and Burkeite by Caustification of Mixture of Carbonate and Sodium Sulphate// Chemical Science International Journal 30(8) 2021; P.13-24.

5. Турсунова Д.А., Мадетов А., Норбоева Г.Д., Тоиров З.К., Бегдуллаев А., Эркаев А.У. Исходные данные для проектирования технологии производства каустической соды химическим методом// Труды XXIV – научно технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. Тошкент, 2015 с-80-81.

6. Турсунова Д.А., Алланазарова З., Эркаев А.У., Кучаров Б.Х. Растворимость в системе $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{O}$ при 20°C // Труды XXIV – научно технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата. Тошкент, 2015 с-17-18.

7. Турсунова Д.А., Эркаев А.У., Тоиров З.К., Кучаров Б.Х. Исследования процесса упарки получения каустической соды химическим методом в присутствии сульфата натрия. //2018 йил «Фан ва таълим-тарбиянинг долзарб масалалари» Республика илмий назарий ва амалий анжуман материаллари.-Нукус. -2018. -С 58-59.

8. Турсунова Д.А., Хужамбергенов А., Бегдуллаев К., Эркаев А.У. Изучение реологических свойств суспензии образующейся при получении каустической соды известковым способом. // 2018 йил «Фан ва таълим-тарбиянинг долзарб масалалари» Республика илмий назарий ва амалий анжуман материаллари. - Нукус. -2018. -С 67-69.

9. Турсунова Д.А., Бегдуллаев А.К., Эркаев А.У., Тоиров З.К. Изучения процесса упарки раствора каустической соды.//Сборник материалов 1 международной научнопрактической конференции “Актуальные проблемы

внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности в смежных отраслях”.– Фергана.-2019.-2том.–С.225-229.

10. Турсунова Д.А., Бегимкулова К.А., Тоиров З.К., Эркаев А.У., Туракулов Б.Б. Получение каустической соды из местных материалов Республики Каракалпакистан// Материалы Республиканской 16-междисциплинарной дистанционной онлайн конференции на тему «Научно-практические исследования в Узбекистане» часть-16 Тошкент 2020, С.64-65.

11. Турсунова Д.А., Эркаев А.У., Мамажонов М.М., Ещенко Л.С. Получение концентрированного раствора каустической соды и буркеита из разбавленных растворов каустификации. Инновационные материалы и технологии-2021 Материалы международной научно -технической конференции молодых ученых г.Минск, Республика Беларусь 19-21 января 2021, С.536-538.

12. Турсунова Д.А., Эркаев А.У. Изучение реологических свойств суспензии, образующейся при конверсии карбоната натрия известковым способом в присутствии сульфата натрия.// ИНТЕРНАУКА сборник статей по материалам XLV международной научно-практической конференции, Технические науки:проблемы и решения, №3(42) Февраль 2021 Москва, С.53-61.

13. Турсунова Д.А., Кошанова Б.Т., Усербаева Д., Карабаев Д., Жовлиева М.А. Твердофазный способ получения пероксида сульфата натрия // «Илм –фан ва таълимда инновацион ёндошувлар, муоммолар, таклиф ва ечимлар» кўп тармоқли 16-сонли Республика илмий-онлайн конференцияси, 2021. С.235-237.

14. Турсунова Д.А., Эркаев А.У., Кошанова Б.Т., Абдукаххоров И.А. Исследования процесса получения каустической соды и буркеита из слабых растворов каустификации// Республиканская конференция «Инновационные технологии в химической и строительной отраслях промышленности и решение актуальных экологических проблем» 23-24 ноября Ташкент – 2021, 38-39 с.

Автореферат «Ўзбекистон кимё журнали» таҳририятида
таҳрирдан ўтказилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 53/22.

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