

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

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМАДЖАНОВ ЗОКИР НЕМАТЖАНОВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ АЛЮМОСИЛИКАТЛАРНИ СУЛЬФАТ КИСЛОТАЛИ  
ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ЎРГАНИШ ВА УЛАР АСОСИДА  
КОАГУЛЯНТЛАР ОЛИШ**

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

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

**Тошкент – 2018**

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

**Мамаджанов Зокир Нематжанович**

Маҳаллий алюмосиликатларни сульфат кислотали  
қайта ишлаш жараёнларини ўрганиш ва улар  
асосида коагулянтлар олиш..... 3

**Мамаджанов Зокир Нематжанович**

Исследование процессов сернокислотной переработки местных  
алюмосиликатов и получение коагулянтов на их основе ..... 23

**Mamadjanov Zokir**

Investigation of processes of sulfuric  
acid processing of local aluminosilicates  
and obtaining coagulants on their basis ..... 43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 46

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

---

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМАДЖАНОВ ЗОКИР НЕМАТЖАОВИЧ**

**МАҲАЛЛИЙ АЛЮМОСИЛИКАТЛАРНИ СУЛЬФАТ КИСЛОТАЛИ  
ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ЎРГАНИШ ВА УЛАР АСОСИДА  
КОАГУЛЯНТЛАР ОЛИШ**

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

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

**Тошкент – 2018**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/T27 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация иши Наманган муҳандислик-қурилиш институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:**

**Шамшидинов Исраилжон Тургунович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Намазов Шафоат Саттарович**  
техника фанлари доктори, профессор, академик

**Султонов Боходир Элбекович**  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Етакчи ташкилот:**

**Фарғона политехника институти**

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «15» май 2018 йил соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (13-рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60); факс: (+99871) 262-79-90.

Диссертация автореферати 2018 йил «30» апрель куни тарқатилди.  
(2018 йил «30» апрелдаги № 13-рақамли реестр баённомаси).



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

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

**С. Тухтаев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, к.ф.д., проф., академик

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги пайтда дунёда коагулянт сифатида кенг тарқалган алюминий сульфат ишлаб чиқариш йилдан-йилга ўсиб бормоқда, у саноатдаги ишлаб чиқариш ва оқава сувларни тозалашда, ичимлик сувларини тайёрлашда, целлюлоза-қоғоз саноатида, шунингдек тери ошлашда ва матоларни бўяшда кенг миқёсда қўлланилади. Шу сабабли саноат ишлаб чиқариши турли хил тармоқларини самарадор коагулянтлар билан таъминлаш кимё саноатининг асосий масалаларидан бири ҳисобланади. Коагулянтлар нафақат оқава сувларни тозалаш самарадорлигини оширишда, балки ичимлик сув ҳавзаларидаги сувларни, ИЭС ва саноат ишлаб чиқариши учун сув тозалашда ҳам қўлланилади. Шунинг учун корхоналарни юқори сифатли коагулянтлар билан таъминлаш Ўзбекистон кимё саноатининг устувор масалалардан ҳисобланади.

Ҳозирги вақтда жаҳонда янги турдаги юқори самарадорликка эга коагулянтлар олиш ва ишлаб чиқаришни ривожлантириш бўйича изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада саноат ишлаб чиқаришига паст навли хомашё манбаларини қамраб олган ҳолда алюминий сульфат ишлаб чиқариш технологиясини яратиш ва такомиллаштириш муҳим вазифалардан ҳисобланади. Бунинг учун қуйидаги йўналишлардаги мавжуд бир қатор, жумладан қуйидаги йўналишлар бўйича илмий ечимларни асослаш лозим: алюминийли хомашёларни кислотали қайта ишлаш ва алюминий сульфат олишнинг мақбул (оптимал) технологик параметрларини аниқлаш; Ангрен кони каолин гилларини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг ресурс ва энергия тежамкор технологиясини ишлаб чиқиш.

Бугунги кунда Республикамиз кимё саноатида ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, ишлаб чиқариш корхоналари хомашё базасини кенгайтириш ва улар асосида импортбоп янги маҳсулотлар олиш бўйича чора-тадбирларни амалга ошириш натижасида сезиларли натижаларга эришилди. Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш стратегиясининг учинчи йўналишида «маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш бўйича жадал ривожлантириш<sup>1</sup>»га қаратилган муҳим вазифалар белгиланган. Бу борада, каолин гиллари конларини ўзлаштириш, уларни ишлаб чиқаришга қамраб олиш, ишлаб чиқариш корхоналарини керакли кимёвий маҳсулотлар билан таъминлашда муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш, модернизация ва диверсификация қилишни таъминлаш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида»ги, 2017 йил 2 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги

---

<sup>1</sup> «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги фармон.

Фармонлари, ҳамда 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги Қарори, шунингдек мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Илмий-техник ва патент адабиётларида алюминийли хомашё манбаларини алюминий сульфат ва бошқа бирикмаларга қайта ишлашнинг катта ҳажмдаги илмий материаллари ва усуллари келтирилган. Алюминийли хомашё ресурсларини қайта ишлаш масалалари билан Запольский А.К., Нуркеев С.С., Телеш А.Д., Смолин А.И., Дудкин Б.Н., Лоухина И.В., Римкевич В.С., Лайнер Ю.А., Салихов Ш.И., Келгинбаев А.А., Исматов А.А. ва бошқалар шуғулланишган.

Алюминийнинг хомашё ресурслари хилма-хил бўлиб, ўзига хос таркибга эга, бир-биридан нафақат алюминий миқдори бўйича, балки бошқа компонентлар миқдори бўйича ҳам фарқ қилади. Шунинг учун ҳар бир турдаги хомашё учун алоҳида илмий ва технологик ечимларни ўтказиш, ҳудудий хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда энг мос келадиган усулларни танлаш керак бўлади. Алюминий сульфат олишнинг маълум бўлган усулларини Ангрен кони каолин гилларини қайта ишлаш учун татбиқ этиб бўлмайди.

Каолин гилларининг захираси, уларни кислотали усуллар билан глинозём ва алюминийнинг бошқа бирикмаларига қайта ишлаш мумкинлиги ҳақида маълумотлар мавжуддир, лекин Ангрен кони каолин гилларидан алюминий сульфат олиш технологияси бўйича маълумотлар мавжуд эмас.

**Тадқиқот мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Наманган муҳандислик-қурилиш институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг П-9.44 «Маҳаллий алюмосиликатлардан самарали фойдаланиш» (2003-2005 йй) мавзусидаги амалий лойиҳа, ИОТ-2014-7-9 «Ангрен каолини асосида алюминий сульфат олиш технологиясини жорий этиш» (2014-2015 йй) мавзусидаги инновация тадқиқоти доирасида бажарилган.

**Тадқиқот мақсади** Ангрен кони каолин гилларини самарадор коагулянт – алюминий сульфатга қайта ишлаш жараёнларини аниқлаш ва коагулянт олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

#### **Тадқиқот вазифалари:**

Ангрен кони каолин гилларининг кимёвий ва тузли таркибини ўрганиш;  
алюминий ва темир ажралиш даражасига каолин гилларини куйдириш жараёнининг таъсирини тадқиқ қилиш;

сульфат кислота эритмалари билан алюминий ва темир ажралиш даражасига жараён технологик параметрлари таъсирини тадқиқ қилиш;

суяқ ва қаттиқ фазаларни ажратиш ҳамда шламли қолдиқни ювиш жараёнларини тадқиқ қилиш;

каолин гилларини сульфат кислотали қайта ишлаш технологик схемаларини ишлаб чиқиш, алюминий сульфат олиш моддий ва иссиқлик балансларини тузиш, технологик регламентини тайёрлаш ҳамда алюминий сульфат ишлаб чиқариш самарадорлиги бўйича техник-иқтисодий ҳисобларни амалга ошириш;

Ангрен кони каолин гилларини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг яратилган технологиясини саноат ишлаб чиқариши шароитида синовдан ўтказиш.

**Тадқиқотнинг объекти** Ангрен кони каолин гиллари, сульфат кислотаси ва алюминий сульфат ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг предмети** алюминийли хомашёларни қайта ишлаш ва алюминий сульфат олиш технологиялари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертацияда кимёвий ва физик-кимёвий, жумладан, рентгенографик ва ИК-спектроскопия усуллари қўлланилган.

**Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

Ангрен каолин гилларини кислотада эрийдиган шакллари ортишига куйдириш ҳароратини таъсири аниқланган;

илк бор каолин гилларини кислотали қайта ишлаш циклининг ўзида кальцийли реагентлардан фойдаланган ҳолда кислоталиликни камайтириш ва алюминий сульфат эритмасини темир бирикмаларидан тозалашнинг шарт-шароитлари аниқланган;

каолин гилларини концентрланган (60-98%) сульфат кислота билан қайта ишлаш ва шламни ювишнинг алюминийни максимал ажралиш даражаси таъминладиган мақбул технологик кўрсаткичлари аниқланган;

илк бор олдиндан намланган каолин ва концентрланган сульфат кислотадан фойдаланиш ҳисобига такомиллаштирилган усул бўйича маҳсулотнинг максимал унуми билан алюминий сульфат олинган;

Ангрен кони куйдирилган каолинларидан алюминийни концентрланган сульфат кислотада ажратиб олиш йўли билан коагулянт олишнинг энергетик тежамкор технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

коагулянт – алюминий сульфат ишлаб чиқаришга алюминийли маҳаллий хомашё сифатида Ангрен кони каолин гилларидан фойдаланиш имконияти яратилган;

куйдирилган каолинга сув ва концентрланган сульфат кислота билан ишлов бериш орқали Ангрен кони каолин гилларини тўғридан-тўғри сульфат кислотали қайта ишлашнинг такомиллашган технологияси ишлаб чиқилган;

«Qo'qon superfosfat zavodi» АЖда тажриба-саноат ишлаб чиқариш шароитида 5 тонна алюминий сульфат намунаси ишлаб чиқарилган, Наманган вилояти сув тозалаш иншоотларида синовдан ўтказилган ҳамда ичимлик ва оқава сувларни тозалашда коагулянт сифатида фойдаланишга тавсия этилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Кимёвий (аналитик кимё) ва физик-кимёвий таҳлил натижалари ишлаб чиқилган технологиянинг саноат ишлаб чиқариш шароитидаги қурилмаларда синовдан ўтказилганлиги билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти Ангрен каолин гилларига термик ишлов бериш, уларни концентрланган сульфат кислота билан парчалаш, бўтқалаштириш, филтрлаш, эритмани буғлатиш ва коагулянт – кристалл ҳолатдаги алюминий сульфат олишнинг мақбул шарт-шароитлари илк маротаба аниқланиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти Ангрен кони каолинларини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг такомиллашган ва энергия тежамкор технологиясини яратилиши билан изоҳланади. Технологияни ўзлаштириш ва ишлаб чиқаришда коагулянтни қўллаш бу маҳсулот импортини бартараф этиш имкониятини яратади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Ангрен кони каолинларини алюминий сульфатга қайта ишлаш бўйича олинган илмий натижалар ва техник ечимлар асосида:

алюминий сульфат олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан ихтирога патент олинган (№ IAP 05574). Натижада куйдирилган ва олдиндан намланган каолинни концентрланган сульфат кислота билан парчалаш, сув билан бўтқалаштириш, бўтқани филтрлаш, эритмани буғлатиш ва маҳсулотни кристаллантириш йўли билан коагулянт – алюминий сульфат олиш имконини берган;

Ангрен кони каолин гилларини алюминий сульфатга қайта ишлаш технологияси «Qo'qon superfosfat zavodi» АЖДа амалиётга жорий этилган («Ўзкимёсаноат» АЖнинг 2018 йил 15 мартдаги 01/3-1066/П-сон маълумотномаси). Натижада республикамиздаги маҳаллий алюминийли хомашё – Ангрен кони каолинларидан илк маротаба алюминий сульфат асосидаги самарадор коагулянт олиш имконини берган;

коагулянт – алюминий сульфат Наманган вилояти “Сувоқава” давлат унитар корхонасида ичимлик сувларини тозалашда фойдаланилган («Ўзкимёсаноат» АЖнинг 2018 йил 15 мартдаги 01/3-1066/П-сон маълумотномаси). Натижада коагуляция хусусиятига кўра импорт қилинадиган коагулянтлардан қолишмайдиган ва таннархи 2,5 марта арзон бўлган маҳсулот олиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 5 та халқаро ва 11 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 3 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган, 1 та ихтиро учун патент олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 116 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва асосий вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этиш, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Алюминий сульфат ишлаб чиқариш соҳасининг ҳозирги замондаги ҳолати**» деб номланган **биринчи бобида** паст навли алюминийли хомашё манбаларидан ҳозирги пайтдаги ва келажакдаги фойдаланиш ҳолати келтириб ўтилган. Ўзбекистондаги турли хил конлар алюминийли хомашёларига тавсиф келтирилган. Турли хил алюминийли хомашё манбаларини алюминий сульфатга қайта ишлаш масалалари кўриб чиқилган. Алюминий сульфат олиш соҳасидаги илмий-техник ва патент адабиётларининг таҳлили ўтказилган. Адабиёт материалларининг танқидий таҳлили асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг «**Тадқиқотнинг кимёвий ва физик-кимёвий усуллари**» деб номланган **иккинчи боби** ишлатиладиган Ангрен кони каолин гилларининг тавсифига бағишланган, турли хил каолинларнинг таркиби, тажрибаларни ўтказиш услублари, шунингдек тадқиқотнинг кимёвий ва физик-кимёвий таҳлил усуллари келтирилган.

«**Ангрен кони каолинларидан алюминий сульфат олиш жараёнининг тадқиқи**» деб номланган **учинчи боби** Ангрен кони каолинларини сульфат кислотали усул билан қайта ишлашга бағишланган.

Тадқиқот учун таркибида (оғ. %):  $Al_2O_3 = 21,73$ ,  $Fe_2O_3 = 1,68$ ,  $SiO_2 = 65,2$ ,  $TiO_2 = 0,4$ ,  $CaO = 0,4$ ,  $MgO = 0,65$ ,  $R_2O = 0,8$ ,  $SO_3 = 0,6$ , бошқалар = 8,5. бўлган Ангрен кони каолини ишлатилди.

Каолин  $400^{\circ}C$  дан  $800^{\circ}C$  гача ҳароратда 60-180 минут давомида куйдирилди ва оғирлик камайиши аниқланди. Куйдирилган масса 60% ли сульфат кислота билан  $80^{\circ}C$  ҳароратда 60 минут давомида ва  $Al_2O_3$  ни  $Al_2(SO_4)_3$  ҳолатида боғлаш учун сульфат кислотанинг 100% лик стехиометрик меъёрида парчalandи. 1-жадвалда  $80^{\circ}C$  ҳарорат ва жараён давомийлиги 1 соат бўлганда 60% ли сульфат кислота билан кислотанинг 100% меъёрида темир ва алюминий оксидлари ажралиш даражасига куйдириш ҳароратининг таъсири бўйича маълумотлар келтирилган.

Жадвалдан кўринадикки,  $400$  ва  $500^{\circ}C$  ли куйдириш ҳарорати Ангрен кони каолинларидаги алюминий ва темирни кислотада эрийдиган шакли микдорининг ўзгаришига амалда таъсир кўрсатмайди. Кўрсатиб ўтилган

технологик параметрларда алюминий оксиднинг максимал ажралиш даражаси куйдиришнинг 650-700<sup>o</sup>C хароратида кузатилади. Бунда ажралиш даражаси 95,8-96,2% ни ташкил этади, дашқолдаги алюминий оксиднинг қолдиқ миқдори 4,34% ни ташкил қилади, бошланғич каолиндаги темирнинг миқдорининг 1,2% ажратиб олинади.

Куйдириш хароратининг 750-800<sup>o</sup>C гача кўтарилиши алюминий ажралиш даражасининг мувофиқ ҳолда 71,7 ва 49,5% гача камайишига олиб келади.

Куйдиришда масса йўқотилиши 400<sup>o</sup>C да 2,0-2,8% дан 700<sup>o</sup>C да 9,4-9,6% гача ортади.

Куйдириш давомийлиги 30 минутдан 180 минутга узайтирилганда алюминий ажралиш даражаси 56,5% дан 96,1% гача ортади, бунда темирни ажралиш даражаси 81,8% га етади. Куйдириш давомийлигини 1 соатдан ортиқ узайтирилиши алюминий ва темир ажралиш даражасига амалда таъсир кўрсатмайди.

### 1-жадвал

#### Алюминий ва темир оксидларининг ажралиш даражаси ва кислотада эрийдиган шакли миқдorigа куйдириш харорати ва давомийлигининг таъсири

t, <sup>o</sup> C	Куйдириш вақти, минут	Масса йўқотилиши %	Кислотада эрийдиган шакли миқдори, оғ. %.		Ажралиш даражаси, %	
			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> бўйича	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> бўйича	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> бўйича	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> бўйича
400	60	2,0	1,77	0,55	10,6	42,5
400	120	2,8	2,09	0,62	12,5	48,3
500	60	5,4	12,27	0,73	48,4	56,7
500	120	6,4	13,17	0,79	52,8	61,2
550	60	7,1	15,50	0,93	78,7	71,6
600	60	7,6	15,72	1,01	94,1	78,5
600	120	8,0	15,93	1,06	95,3	81,8
650	60	9,2	16,01	1,07	95,8	83,1
700	60	9,4	16,08	0,75	96,2	57,9
700	120	9,6	15,31	0,67	91,6	52,2
750	60	9,6	11,98	0,60	71,7	46,8
800	60	9,6	8,27	0,57	49,5	44,1

Кейинги тадқиқотлар 650-700<sup>o</sup>C да 1 соат давомида куйдирилган каолинни сульфат кислота эритмалари билан парчалашга қаратилган. Алюминий ва темир оксидлари ажралиш даражасига сульфат кислота концентрацияси ва меъёрининг, парчаланиш жараёни харорати ва давомийлигининг таъсири ўрганилган.

Алюминий оксид максимал ажралиш даражаси сульфат кислотанинг 60% ли концентрациясида кузатилади. Бунда алюминийнинг ажралиш даражаси 97,1% ни, темир оксидининг ажралиш даражаси эса 82,5% ни ташкил этади.

Сульфат кислотанинг 60% ли концентрациясигача алюминий ва темирнинг ажралиш даражаси ортади. Масалан, кислота концентрацияси

40% бўлганда ажралиш даражаси алюминий учун 54,8% ни, темир учун эса 73,3% ни ташкил этади. Концентрациянинг оширилиши билан темирнинг ажралиш даражаси сезиларли даражада ортади. Лекин, сульфат кислота концентрацияси 60% дан ортганда алюминий ажралиш даражасига нисбатан темирнинг ажралиш даражаси тезроқ камаяди. Кислотанинг 60% дан юқори концентрациясида алюминий ажралиш даражасининг камайишини системанинг алюминий сульфат тузи билан тўйиниши ва унинг каолин сиртида кристалланиши натижасида хомашё заррачаларига сульфат кислотани диффузияланишига тўсқинлик қилиши орқали тушунтириш мумкин. Темир ажралиш даражасининг нисбатан кескин пасайишини темирнинг концентранган кислота билан таъсирлашуви қийинлашиши билан тушунтирилади.

Сульфат кислота концентрацияси ортиб бориши билан алюминий ва темир оксидлари ажралиш даражаси ортиб боради ҳамда мувофиқ ҳолда 78,2-99,8% ва 84,6-88,8% қийматгача этади. Лекин сульфат кислота концентрацияси 50% дан 60% гача ортганда эритмага темир оксидларининг ўтиши камаяди. Масалан, сульфат кислотанинг 100% лик меъёрида алюминий оксиднинг ажралиш даражаси 75,7 дан 97,1% гача ортади, бунда темир оксидининг ажралиш даражаси эса 83,5 дан 82,5% гача камаяди.

Парчалаш жараёни давомийлиги узайтирилиши билан темир ва алюминий оксидлари ажралиш даражаси ортади. Алюминий оксиднинг ажралиш даражаси жараён давомийлиги 30 минут бўлганда 75,5% дан 3 соат бўлганда 97,4% гача ортади.

Ҳароратнинг ортиши алюминий оксид ажралиш даражасининг ортишига олиб келади. Масалан, ҳарорат 80<sup>o</sup>C дан 110<sup>o</sup>C гача кўтарилганда алюминий оксиднинг ажралиш даражаси 97,1% дан 98,2% гача ортади. Бунда темир оксидининг ажралиш даражаси 82,5% дан 73,6% гача камаяди.

Адабиётларда берилган маълумотларга мувофиқ равишда ҳарорат 50<sup>o</sup>C гача оширилганда темир сульфатнинг эрувчанлигини ортиши ва 50<sup>o</sup>C дан бошлаб гидролизланиш бориши ҳисобига мос ҳолда темир ажралишининг кескин камайишини кузатиш мумкин. Шунинг ҳам таъкидлаш лозимки, бунда алюминий сульфат гидролизланмайди, шунинг учун ҳароратнинг ортиши билан алюминий сульфатнинг эрувчанлиги бир меъёрда ортади.

Сульфат кислота билан каолидан алюминий оксидни ажратиб олишнинг мақбул (оптимал) технологик кўрсаткичлари қуйидагича бўлади: кислота концентрацияси 60%, кислота меъёри 100%, жараён ҳарорати 80<sup>o</sup>C дан паст эмас, жараён давомийлиги 1 соатдан кам эмас.

650-700<sup>o</sup>C ҳароратда куйдирилган каолин парчалаш жараёнининг мақбул (оптимал) технологик параметрлари шароитида парчаланганда сульфат тузлари ва каолинни парчаланмай қолган қисми – шламдан иборат қийин ажраладиган масса ҳосил бўлади. Бу аралашмани ажратиш учун сув билан сувда эрийдиган қисмини эритиш ва сув улушини камайтириб борган ҳолда босқичма-босқич шламни уч босқичда ювиш амалга оширилди. Каолин:сув нинг умумий нисбати 1:10 ни ташкил этди. Эритиш ва ювишнинг биринчи босқичида бошланғич каолинга нисбатан С:Қ нисбати 1:5, иккинчи

босқичда 1:3 ва учинчи босқичда эса 1:2 нисбатни ташкил қилди. Ҳар бир босқичнинг давомийлиги 60 минутни ташкил этди. Белгиланган вақт тугагандан сўнг бўтқа филтрлаш қурилмасида  $-0,9 \text{ kgf/cm}^2$  ваакуум шароитида филтрланди.

2-жадвалда ҳар бир босқичдан сўнг олинган ювинди эритманинг кимёвий таркиби, бўтқани филтрланиш тезлиги ва алюминий оксиднинг ажралиш даражаси келтирилган.

Жадвалларни таҳлили шуни кўрсатадики, парчаланган маҳсулот Қ:С = 1:5 нисбатида сув билан бўтқалангандан сўнг таркибида 4,72% алюминий оксид, 0,33% темир оксиди бўлган асосий филтрат олинади. Алюминий оксиднинг ажралиш даражаси 79,0% ни ташкил этади. Чўкма Қ:С = 1:3,5 нисбатда ювилганда асосий филтрат таркибида 6,70%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва 0,46%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  бўлади. Алюминий оксиднинг ажралиш даражаси 78,2% ни ташкил этади. Қ:С = 1:2,5 гача суюлтирилтириш орқали таркибида 8,97%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва 0,62%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  бўлган филтрат олиш таъминланади. Олинган маълумотлардан кўриш мумкинки, Қ:С нисбатнинг камайиши асосий филтратдаги алюминий ва темир оксидлари концентрациясининг ортишига, шу билан бир вақтда каолиндан асосий филтратга алюминий оксид ажралишини камайишига олиб келади.

## 2-жадвал

### Ювинди эритманинг кимёвий таркиби, бўтқани филтрланиш тезлиги ва алюминий оксиднинг ажралиш даражасига эритиш – ювиш жараёнининг таъсири

№	Бўтқа С:Қ нисбати	Филтратнинг кимёвий таркиби, оғ. %			Филтрланиш тезлиги, кг/м <sup>2</sup> ·с			Зичлиги, г/см <sup>3</sup>	$\text{Al}_2\text{O}_3$ ажрали ш даража си, %
		$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	Бўтқа бўйича	Нам чўкма бўйича	Эритма бўйича		
Асосий филтратни олишда									
1	1:5,0	4,72	0,33	0,15	429,9	118,7	358,3	1,175	79,0
2	1:3,5	6,70	0,46	0,22	387,6	157,6	219,4	1,248	78,2
3	1:2,5	8,97	0,62	0,29	376,5	164,4	195,6	1,331	76,5
Шламни 1-ювишдан сўнг филтрат олишда									
1	1:1,71	3,03	0,21	0,10	-	-	293,7	1,108	15,5
2	1:1,68	3,27	0,22	0,10	-	-	291,1	1,109	15,7
3	1:1,70	3,46	0,24	0,11	-	-	289,4	1,115	16,5
Шламни 2-ювишдан сўнг филтрат олишда									
1	1:1,12	1,33	0,09	0,04	-	-	354,6	1,035	3,2
2	1:1,15	1,35	0,09	0,04	-	-	353,5	1,037	3,3
3	1:1,17	1,34	0,09	0,04	-	-	352,3	1,036	3,3

Чўкмани Қ:С = 1:1,7 да биринчи ювилишидан сўнг ювинди эритма таркибида 3,03-3,46%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ва 0,21-0,24%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  бўлади. Биринчи ювинди эритмага алюминий оксиднинг ўтиш даражаси 15,5-16,5% ни ташкил этади. Қ:С = 1:1,15 да иккинчи ювилишидан сўнг ювинди сув таркибида сульфат тузлари тарзида 1,33-1,35% алюминий оксид ва 0,09% темир оксид бўлади.

Эритмага ажраладиган алюминий сульфатнинг умумий унуми 96,3-97,7% ни ташкил этади. Парчалаш маҳсулоти Қ:С = 1:5 нисбатида бўтқаланганда максимал унум 97,7% кузатилади.

Бўтқа ва эритма бўйича филтрлаш тезлиги бўйича маълумотлар Қ:С нисбатининг камайиши билан улар қийматининг камайиб боришини кўрсатади. Масалан, асосий филтратнинг филтрланиш тезлиги бўтқа бўйича Қ:С = 1:5 да 429,9, Қ:С = 1:3,5 да 387,6 ва Қ:С = 1:2,5 да 376,5 кг/м<sup>2</sup>·с ни ташкил этади, эритма бўйича 358,3 дан 195,6 кг/м<sup>2</sup>·с гача камаяди. Бунда филтрда ҳосил бўладиган нам чўкма миқдори филтрнинг ҳар бир квадрат метрида соатига 118,7 кг дан 157,6 кг ва 164,4 кг гача ортади. Ювинди эритмаларнинг филтрланиш тезлиги эритма бўйича деярли бир хил ва биринчи ювишдан сўнг 289,4-293,7 кг/м<sup>2</sup>·с ни, иккинчи ювишдан сўнг эса 352,3-354,6 кг/м<sup>2</sup>·с ни ташкил этади.

Алюминий сульфат олиш учун асосий филтрат ва ювинди эритмалар бирлаштирилди ҳамда буғлатилди.

Буғланадиган сув миқдори ортиб бориши билан алюминий оксид бўйича ҳам, темир оксиди бўйича ҳам концентрация ортади. 30% сув буғлангандан сўнг алюминий оксид миқдори 12,81% ни, темир оксид миқдори эса 0,89% ни ташкил этади, алюминий сульфат бирикмасининг концентрацияси 40,44% га этади. Алюминий сульфат концентрацияси ортиб бориши билан буғлатилган эритмалар зичлиги ва қовушқоқлиги ортади. 30% сув буғлатилганда эритма зичлиги 1,326 г/см<sup>3</sup> дан 1,54 г/см<sup>3</sup> гача ва 45% гача сув буғлатилганда эса 1,680 г/см<sup>3</sup> гача ортади. Бунда эритма қовушқоқлиги мос ҳолда 2,01 дан 6,25 ва 31,53 сПз гача ортади (3-жадвал).

### 3-жадвал

#### Алюминий сульфат буғлатилган эритмаси кимёвий таркиби ва реологик хоссаларига асосий филтрат буғлатиш жараёнининг таъсири

Масса йўқотилиши, %	Буғлатилган эритма кимёвий таркиби, %			80 <sup>o</sup> С даги зичлик, г/см <sup>3</sup>	80 <sup>o</sup> С даги қовушқоқлик, сПз
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		
0	8,97	0,62	28,32	1,326	2,01
10	9,96	0,69	31,44	1,384	2,73
20	11,23	0,78	35,45	1,452	4,19
30	12,81	0,89	40,44	1,541	6,25
40	14,95	1,03	47,20	1,629	12,55
45	16,49	1,15	52,06	1,680	31,53

Олинган маълумотлар шундан далолат берадики, 650-700<sup>o</sup>С да куйдирилган Ангрен каолинини 60% ли сульфат кислота билан унинг 100% лик стехиометрик меъёрида 1 соат давомида парчалаш ва сўнгра сув билан бўтқалаштириш, парчалаш маҳсулотини С:Қ = 1:10 нисбатда уч боскичда ювиш ҳамда ҳосил қилинган эритмани буғлатиш орқали таркибида 40,44-52,06% алюминий сульфат бўлган эритма олиш мумкин.

Куйдирилган каолин сульфат кислота билан парчаланганда ва бўтқалаштирилгандан ҳамда ювилгандан сўнг эритмага 80% гача алюминий оксидни ажратиш олиш мумкин. Лекин, 50-60% ли сульфат кислотанинг 100-105% меъёрида алюминий оксид унуми озгина ортгани ҳолда эритмадаги темир оксиди камайиб бориши билан эркин сульфат кислота миқдори ортиб боради.

Эркин кислоталилик ва темир бирикмалари миқдорини камайтириш учун каолинни сульфат кислотали парчалаш маҳсулотларини бўтқалаштиришда айланма эритма билан биргаликда эркин кислоталиликни кальций сульфат ва темирни гидроксид тарзида боғлаш ҳисобидан кальций карбонат, оксид ёки гидроксид киритилди.

Кальций бирикмалари тарзида киритиладиган кальций оксид меъёри 75% дан 105% гача ортиб бориши билан сульфат кислота миқдори 0,25-0,27% дан 0,01-0,02% гача камаяди. Лекин, бунда алюминий оксид миқдори ҳам сезиларли даражада 15,02-16,45% дан 14,84-15,61% гача, темир оксид миқдори 0,36 дан 0,03-0,07% гача камаяди. Бунда алюминий оксид унуми 95,78-95,88% дан 86,82-87,19% гача камаяди. Алюминийнинг чўкиш даражаси 0,12-0,23% дан 9,18-9,56% гача ортади, темирники эса 93,15-97,55% гача етади.

Алюминий сульфат эритмасини олиш учун алюминий оксид йўқотилишини камайтириш мақсадида чўктирувчи реагент миқдорини 100% дан оширмаслик керак. Кальцийли реагент иштирок этиши парчалаш жараёни технологик кўрсаткичларига амалда таъсир кўрсатмайди.

Шламдаги алюминий оксид миқдори асосий филтрат ажратилгандан сўнг 3,24-3,45% ни, биринчи ювишдан сўнг 0,90-1,16% ни ва иккинчи ювишдан сўнг 0,38-0,58% ни ташкил этади. Иккинчи ювишдан сўнг нам шлам унуми 30,4-36,7%, қуруқ шлам унуми эса 23,4-27,3% ни ташкил қилади.

Ангрен каолинини сульфат кислотали парчалаш жараёнини мақбуллаштириш (оптималлаштириш) ва маҳсулотнинг (алюминий сульфатнинг) максимал унумини аниқлаш мақсадида тажрибани режалаштиришнинг статик усули қўлланилди.

Қуйидаги регрессия тенгламаси олинди:

$$Y = 79,1 + 4,5X_1 - 7,2X_3 + 4,0X_4 + 2,6X_3X_4$$

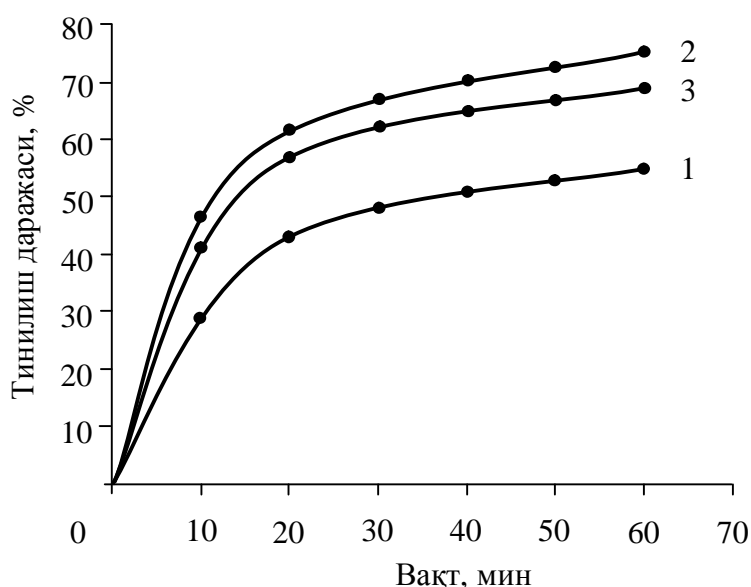
Термик қайта ишланган ( $650^{\circ}\text{C}$  да) Ангрен каолинларини сульфат кислота эритмалари билан (унинг концентрацияси 60%) 100% стехиометрик меъёрда парчалаш орқали назорат тажрибаси ўтказилди. Бунда парчалаш ҳарорати  $80^{\circ}\text{C}$  ни ташкил этди.

Тажрибада аниқланган маҳсулот унуми ( $Y$ ) 96,2% ни ташкил қилди.

Ангрен каолин гилларини сульфат кислотали парчалашда ҳосил бўладиган маҳсулот массасидан алюминий сульфатни ажратиш олиш учун сув билан  $\text{C}:\text{Қ} = 1:5$  нисбатида бўтқалаштирилди ва сувда эрийдиган тузлар эриши учун 30 минут давомида аралаштириб турилди. Ҳосил қилинган суспензия тиндиришга қўйилди. Тиндириш жараёнини тезлатиш учун 25 мл

микдордаги 0,01% дан 0,1% гача концентрацияли полиакриламиднинг (ПАА) сувли эритмасидан фойдаланилди. Суспензияни тиндириш ва полиакриламид иштирокида тиндириш бўйича олинган натижалар 1-расмда келтирилган.

1-расмдан кўринадик, бўтқаланган суспензияга полиакриламид киритилганда суспензиянинг тинилиш даражаси ортади. 0,01% концентрацияли ПАА киритилганда 0,1% концентрацияли ПАА ва ПАА иштирокисиз тиндиришга нисбатан яхши натижалар олиншини кўрсатди. Масалан, 0,1% ли ПАА эритмаси қўлланилганда суспензиянинг тинилиш даражаси 30 минутдан сўнг 62% ни, 0,01% концентрацияли ПАА қўлланилганда 69% ни ва ПАА иштирокисиз 48% ни ташкил этади. Тиндириш жараёни давомийлигини 60 минутгача узайтириш тинилиш даражасига катта таъсир кўрсатмайди. Тинилиш даражасининг ортиши 7-9% ни ташкил этади ва 55-69% дан ортмайди.



**1-расм. Суспензия тинилиш даражасига жараён давомийлигининг таъсири: 1-ПАА иштирокисиз, 2-0,01% ПАА, 3-0,1% ПАА.**

ча 295,4 дан 358,3 кг/м<sup>2</sup>·с гача, қуюқлаштирилган чўкма бўйича эса 242,1 дан 293,7 кг/м<sup>2</sup>·с гача оширади. Бу суспензия ва қуюқлаштирилган чўкмани иложи борича юқори ҳароратда ўтказиш лозимлигини кўрсатади.

Ўтказилган тадқиқотлар «Qo`qon superfosfat zavodi» АЖ марказий завод лабораторияси тажриба қурилмасида алюминий сульфат олишнинг яратилган усулини синаш учун илмий асос вазифасини ўтади.

Коагулянт – алюминий сульфат олиш технологик жараёнининг моҳияти каолин гилларини олдиндан термик қайта ишлаш, уни сульфат кислотали парчалаш, олинган суспензияни бегона ва айниқса ҳалақит берадиган қўшимчалардан тозалаш, сўнгра буғлатиш, кристаллантириш ва алюминий сульфат кристалларни ажратиб олишдан иборатдир.

Синовлар ўтказишда асосий моддани максимал ажратиб олиш даражасига етказиш учун реакторга алюминий ва темир сульфатлари ҳосил бўлиши ҳисобидан 60% концентрацияли сульфат кислота эритмаси билан

Кўрииб туриб-дики, тинилиш даражаси 70% дан ортмайди, шунинг учун суспензиянинг суюқ фазаси тез чўкадиган қисмидан декантация-лаш орқали қуюқлаштирилган чўкмадан ажратилгандан сўнг жараён ҳароратига боғлиқ ҳолда филтрлаш бўйича тадқиқотлар ўтказилди.

Ҳароратнинг 50<sup>o</sup>С дан 80<sup>o</sup>С гача ортиши декантациядан сўнг суспензияни филтрлаш тезлигини эритма бўйи-

бир пайтда 650-700<sup>0</sup>С да куйдирилган ҳисобланган миқдордаги каолин тенг тақсимланган ҳолда киритилди. Парчалаш жараёни давомийлиги 1 соатни ташкил этди. Сўнгра масса сув билан суюлтирилди, CaCO<sub>3</sub> киритилди, қаттиқ фаза суюқ фазадан ажратилди, икки қайта сув билан ювилди, асосий филтрат ва ювинди эритмалар бирлаштирилди, буғлатилди ва алюминий сульфатнинг кристалланиши амалга оширилди.

Натижада куйидаги сифат кўрсаткичи билан тавсифланадиган маҳсулотлар олинди (оғ. %): АКФ-78 (бирламчи, бойитилган) маркали каолидан – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 15,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,5; SO<sub>3</sub> = 36,7; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sub>эркин</sub> = 0,1; H<sub>2</sub>O (гигр.) = 0,63; АКС-30 (бирламчи, бойитилган) маркали каолидан – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 15,1; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,3; SO<sub>3</sub> = 36,1; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sub>эркин</sub> = 0,08; H<sub>2</sub>O (гигр.) = 0,35; АКТ-10 (бирламчи, бойитилган) маркали каолидан – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 11,4; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 3,5; SO<sub>3</sub> = 31,8; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sub>эркин</sub> = 0,15; H<sub>2</sub>O (гигр.) = 1,76; бирламчи, бойитилмаган каолидан – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 14,6; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,9; SO<sub>3</sub> = 35,7; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sub>эркин</sub> = 0,1; H<sub>2</sub>O (гигр.) = 1,51; иккиламчи, бойитилмаган каолидан – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 14,1; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1,31; SO<sub>3</sub> = 35,3; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sub>эркин</sub> = 0,1; H<sub>2</sub>O (гигр.) = 0,82.

«Qo`qon superfosfat zavodi» АЖ тажриба қурилмасида Ангрен каолинидан коагулянт – алюминий сульфат олишнинг синов натижалари Ангрен конининг турли хилдаги каолинларини алюминий сульфатга қайта ишлаш мумкинлигини кўрсатди. Олинган маҳсулотлар таркибида 11,4-15,8% алюминий оксид, 0,3-3,5% темир оксид ва 0,08-0,15% эркин сульфат кислота бўлади.

**«Ангрен кони каолинларини алюминий сульфатга қайта ишлаш бўйича технологик тадқиқотлар»** деб номланган тўртинчи боби Ангрен кони каолин гилларидан алюминий сульфат олиш технологик тадқиқотларига бағишланган.

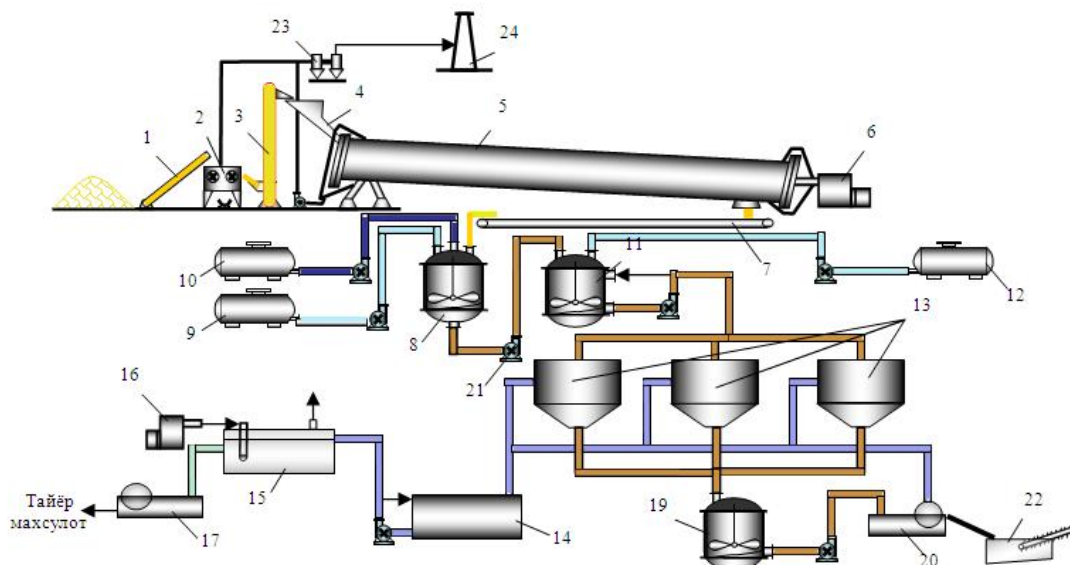
Ўтказилган тадқиқотлар, алюминий сульфат олишнинг яратилган усулини лаборатория шароитида синовдан ўтказиш Ангрен кони каолинларини алюминий сульфатга қайта ишлаш технологик схемасини ишлаб чиқиш учун асос ҳисобланади, у 2-расмда келтирилган.

Автотранспорт билан келтирилган каолин очиқ майдонга туширилади ва осма ковшли кран ёрдамида каолин омборига ўтказилади. Омбордан транспортёр лентаси (тасв. 1) ёрдамида каолинни икки валли тегирмон – тошмайдалагичга (тасв. 2) узатилади ва сўнгра элеватор (тасв. 3) ёрдамида бункерга (тасв. 4) ва куйдириш печига (тасв. 5) келиб тушади, у ерда газ-ҳаволи камера (тасв. 6) қиздирувчи газлари билан 650-700<sup>0</sup>С ҳароратда куйдирилади.

Чиқинди чанг-газли аралашма куйруқ вентилятор ёрдамида циклонларга (тасв. 23) сўриб олинади ва мўрили қувур (тасв. 24) орқали атмосферага чиқариб юборилади.

Куйдирилган руда транспортёр (тасв. 7) ёрдамида реакторга (тасв. 8) келиб тушади, у ерга 60% концентрацияли сульфат кислота келиб тушади. Реакторда каолиннинг сульфат кислота эритмаси билан таъсирлашув реакцияси 80-100<sup>0</sup>С ҳароратда 1 соат давом этади. Аралашма реактордан сўнг аралаштиргичга (тасв. 11) келиб тушади, у ерга руда:сув = 1:1, яъни. С:Қ

= 3 оғирлик нисбатида айланма эритма узатилади ва 1 соат давомида аралаштириб турилади. Бунда ҳосил бўладиган туз – алюминий сульфат сувда яхши эрийди ва эритмага ўтади. Бўтқа тиндиргичлардан (тасв. 13) бирига келиб тушади, у ерда 1 соат давомида тиндирилади.



**2-расм. Каолинни алюминий сульфатга қайта ишлаш технологик схемаси:**

1 – транспортер; 2 – тошмайдалагич; 3 – элеватор; 4 – меъёрлагич-бункер; 5 – печь; 6,16 – газ-ҳаволи камера; 7 – транспортер; 8 – реактор; 9 – сув учун идиш; 10 – сульфат кислота учун идиш; 11 – аралаштиргич; 12 – сув учун қуйиш баки; 13 – тиндиргичлар; 14 – йиғгич; 15 – барботажли буғлатиш жиҳози; 17 – кристаллагич; 18 – қадоқлаш; 19 – йиғгич; 20 – барабан филтър; 21 – насослар; 22 – ўра; 23 – циклонлар; 24 – мўрили кувур.

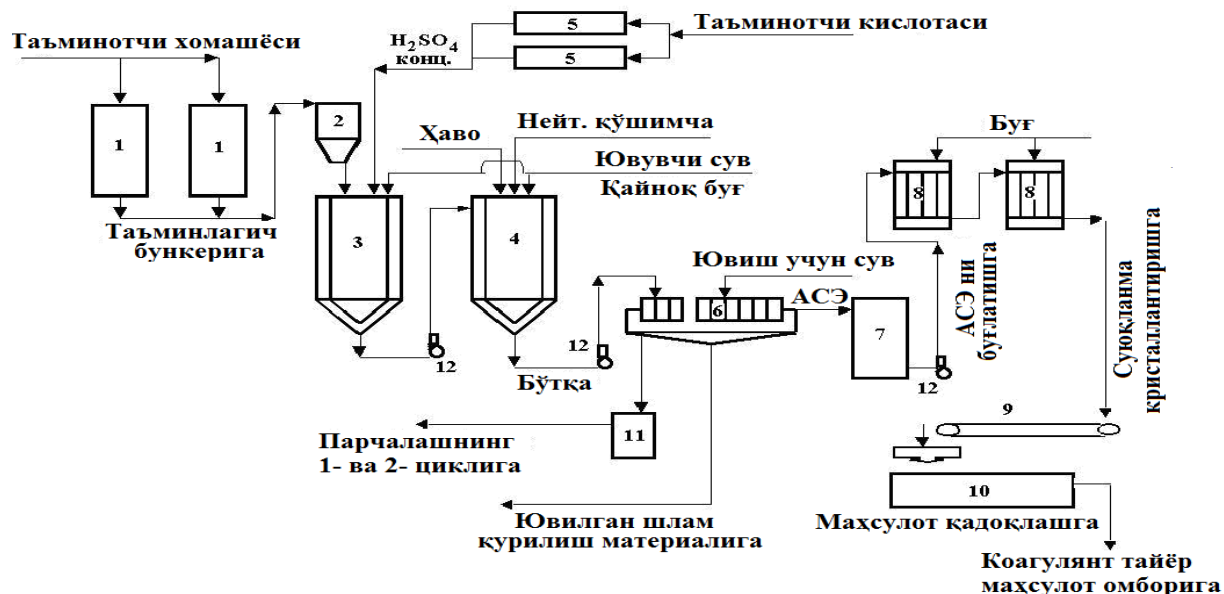
Тинилган эритма (бўтқанинг  $\frac{1}{2}$  қисми) йиғгичга (тасв. 14) қуйиб олинади, тиндиргичга эса руда:сув = 1:3 га мувофиқ келадиган миқдордаги сув қуйилади, сўнгра 1 соат ушлаб турилади ва тинилган эритма ( $\frac{1}{2}$  қисм) йиғгичга (тасв. 14) қуйиб олинади ҳамда руда:сув = 1:2 га мувофиқ келадиган миқдордаги сув қуйилади ва 2 соат ушлаб турилади. Тинилган  $\frac{1}{2}$  қисм эритма йиғгичга (тасв. 14) қуйиб олинади.

Қуйилтирилган бўтқа йиғгичга (тасв. 19) йиғилади ва насос (тасв. 21) билан барабанли филтрга (тасв. 20) узатиб берилади. Шламли чўкма филтлда сув билан икки қайта ювилади ва шлам йиғгичга юборилади. Филтрат йиғгичга (тасв. 14) юборилади ва ювинди сув аралаштиргичга (тасв. 11) бўтқалаштиришга қайтарилади.

Алюминий сульфат эритмаси йиғгичдан (тасв. 14) насос (тасв. 21) ёрдамида барботажли буғлатиш жиҳозига (тасв. 15) узатилади, у ерда эритманинг  $\frac{4}{5}$  қисми буғлатилади. Тўйинган эритма буғлатиш жиҳозида лентали кристаллантиргичга (тасв. 17) тушади. Кристаллар қадоқлашга берилади. Қадоқланган маҳсулот электрокарада омборга юборилади.

Мазкур технология бўйича алюминий сульфат ажратиш олиш учун тиндириш (декантация) жараёнида катта миқдордаги (1 тонна каолинга 5-6 тонна, яъни бошланғич каолин миқдорига нисбатан 5-6 карра кўп) сув талаб

этилади, бу эса катта ҳажмдаги (капитал харажатлар) тиндиргичлар талаб этади, жараён нисбатан узоқ (ҳар бир цикл даврий бўлиб, 1 соатдан жами 2 соат) давом этади, аралаштиришда энергетик харажатлар кўп, тиндирилган ва филтрланган эритмаларни буғлатиш учун катта ҳажмдаги буғлатиш жиҳозлари керак ва буғлатишга иссиқлик сарфи катта бўлади. Жараён барқарор эмас, чунки асосий модда унуми 85-95% чегарасида ўзгаради. Сульфат кислотани нейтраллаш ва темирни чўктириш олдиндан амалга оширилмаганлигидан фазаларда уларнинг кескин ўзгариш кузатилганлиги сабабли эритмадаги темир ва эркин сульфат кислота миқорини назорат қилиш қийин бўлади.



### 3-расм. Ангрен каолинини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг такомиллашган технологияси принципиал технологик схемаси:

1 – хомашё учун омборлар; 2 – таъминлагич-бункер (меъёрлаштиргич); 3 – реактор-сульфатлагич; 4 – реактор-нейтраллагич; 5 – концентранган сульфат кислота омбори; 6 – филтрлаш қурилмаси; 7 – алюминий сульфат эритмаси (АСЭ) йиғгичи; 8 – буғлатиш жиҳози; 9 – лентали кристаллизатор; 10 – қадоқлаш машинаси; 11 – ювинди сув йиғгичи (2-филтрат); 12 – марказдан қочма насослар.

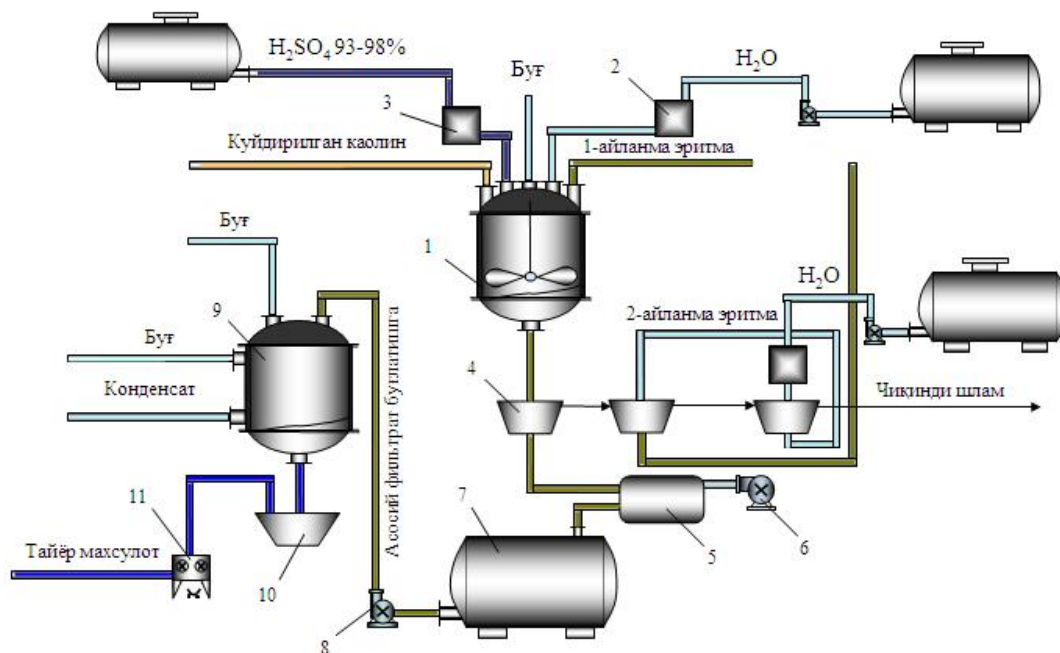
Каолин гилларини алюминий сульфатга қайта ишлаш учун жараён қурилмалар қуввати ошадиган, иссиқлик ва энергетик харажатлар камаядиган, маҳсулот сифати ошадиган, асосий модда унуми кўпаядиган ва маҳсулот сифати яхшиланадиган содалаштирилган технология бўйича амалга оширилди. Мазкур технология бўйича каолинни термик қайта ишлаш 650-700<sup>0</sup>С ҳароратда амалга оширилди, парчалаш жараёни икки босқичда ўтказилади, бунда биринчи босқичда парчалашга алюминийни боғлаш учун сульфат кислотанинг 100-107% миқдориди берилади, 45-60 минут давомида С:Қ = 1,0÷1,65 нисбатда ўтказилади, жараённинг иккинчи босқичида эса парчалаш жараёнига сульфат кислота шундай миқдорда киритиладики, бунда биринчи босқичга киритиладиган сульфат кислота билан биргаликдаги унинг умумий миқдори руда таркибидаги металл оксидларини сульфатга айланттириш учун талаб этиладиган стехиометрик миқдорга нисбатан 2,3-7%

ортиқча миқдорда бўлади, суспензия айланма эритма билан  $S:K=2,4-3,0$  нисбатида суюлтирилади,  $80-90^{\circ}\text{C}$  хароратда аралаштириб турилади. Ортиқча сульфат кислотани рН муҳити 2,4-2,5 гача нейтраллаш ва темирни чўктириш учун хаво бериш билан бир пайтда  $\text{CaCO}_3$ , ёки  $\text{CaO}$  ёхуд  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  каби нейтралловчи бирикмалар киритилади. Бунда парчалаш жараёнининг иккинчи босқичи, нейтраллаш ва чўктириш 1 соат давомида амалга оширилади.

Бунда асосий модда – алюминий сульфат унуми 90,0-97,0% ни ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  миқдори 97% кам эмас) ташкил қилади. Маҳсулот таркибида:  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14-17\%$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эркин = оз миқдорда (0,01% дан кам)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,05-0,1\%$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3 = 0,003\%$  дан кам, эримайдиган қолдиқ 0,5% дан кам бўлади.

Ангрен кони каолин гилларини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг такомиллашган технологияси принципиал технологик схемаси 3-расмда келтирилган.

Ушбу технология бўйича ҳам бўтқалаштиришга кўп миқдорда сув сарфланади. Олинадиган алюминий сульфат эритмаси жуда суюлган, бу эса иссиқлик энергияси сарфи ортишини талаб этади. Моддий ва энергия ресурсларини камайтириш учун каолин гилларини қайта ишлаш схемасига технологик жараённи қўшимча соддалаштириш киритилди.

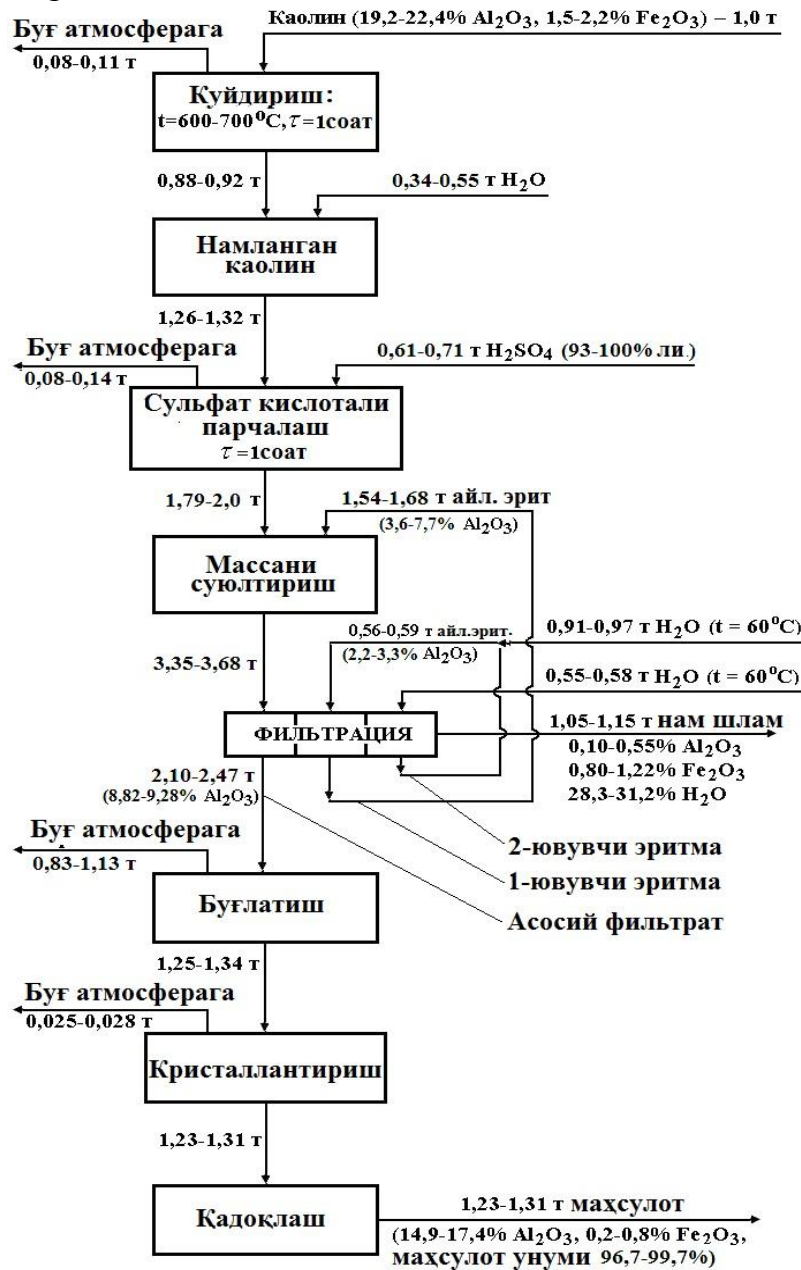


**4-расм. Ангрен кони каолин гилларидан алюминий сульфат олишнинг принципиал технологик схемаси:**

1 - реактор; 2 – сув учун меъёрлаштиргич; 3 – сульфат кислота меъёрлаштиргичи; 4 – шламни фильтрлаш ва ювиш қурилмаси; 5 - монжус; 6 - вакуум-насос; 7 – асосий фильтрат йиғгичи; 8 – эритмани узатиш учун насос; 9 – буғлатиш қурилмаси; 10 - кристаллизатор; 11 - тегирмон.

1000 кг миқдордаги каолин гили (таркибида: 19,2-22,41%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1,5-2,2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 63,4-68,6%  $\text{SiO}_2$  ва бошқалар) печга жойланади,  $650-700^{\circ}\text{C}$  хароратда 1 соат давомида куйдирилади, бунда 85-110 кг сув ажралади ва

каолин минерали кристалл панжарасида тузилиш ўзгаришлари содир бўлади (5-расм).



**5-расм. Ресурс ва энергия тежамкор технология бўйича алюминий сульфат олиш моддий оқими.**

ва қаттиқ фазалар ажралиши содир бўлади суспензияни филтёрлашнинг биринчи циклида таркибида 8,8-9,4%  $Al_2O_3$  бўлган 2105-2370 кг миқдордаги асосий филтрат ҳосил бўлади.

Филтёрлашнинг иккинчи циклида таркибида 2,2-3,3%  $Al_2O_3$  бўлган 560-595 кг миқдордаги 2-айланма эритма ва 910-970 кг оғирликдаги қайноқ сув билан шлам ювидади ҳамда таркибида 3,80-7,70%  $Al_2O_3$  бўлган 1-айланма эритма олинади. Филтёрлашнинг учинчи циклида шлам 545-580 кг оғирликдаги қайноқ сув билан ювилади ва таркибида 2,2-3,3%  $Al_2O_3$  бўлган 2-айланма эритма олинади. 2105-2370 кг (8,8-9,4%  $Al_2O_3$ ,) оғирликдаги асосий филтрат буғлатиш жиҳозига узатилади, у ерда 1180-1340 кг

Шундан сўнг 890-915 кг миқдордаги каолин 340-415 кг сув билан намланади ва реакторда 610-685 кг ( $Al_2O_3$  ва  $Fe_2O_3$  ни боғлаш учун 100% стехиометрик меъёрда) миқдордаги концентранган 93-98% ли сульфат кислота билан парчаланadi. Мунтазам аралаштириб турган ҳолда жараён давомийлиги 1 соатни ташкил этади, намланган каолин концентранган сульфат кислота билан аралаштирилганда ҳарорат  $110-120^{\circ}C$  гача ортади. Бунинг натижасида газ фазасига 80-88 кг сув буғи ажралади. 3,80-7,70%  $Al_2O_3$  бўлган 1790-1905 кг қайноқ масса 1550-1640 кг оғирликдаги 1-айланма эритма билан суюлтирилади.

3345-3545 кг оғирликдаги олинган масса филтёрлаш қурилмасига узатилади, у ерда суёқ

оғирликдаги суюқланма ҳосил бўлиши содир бўлади. Бунда 830-1080 кг сув буғи ажралиб чиқади. Кристаллизаторда суюқланманинг кристалланишидан 1160-1310 кг асосий модда – алюминий сульфат ҳосил бўлади ва бунда 23-27,5 кг сув буғланади.

Кристалланган асосий модда таркибида (оғ. %):  $Al_2O_3 = 14,8-17,4$ ;  $Fe_2O_3 = 0,2-0,8$ ;  $H_2SO_{4\text{эркин}} =$  оз миқдорда;  $As_2O_3 = 0,003$  дан кўп эмас ва бошқалар бўлади.

Асосий модда унуми 92,5-99,5% ни ташкил этади.

Мазкур технология иқтисодий самарадорлигининг ҳисоби маҳаллий хомашё ресурсларини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг юқори даражада иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқлигини кўрсатади, масалан 1 т алюминий сульфат таннархи 700000 сўмни ташкил этади, бу эса чет элдан келтириладиган маҳсулотга нисбатан 2,5 марта арзондир.

Шундай қилиб, маҳаллий каолинларни алюминий сульфатга қайта ишлашнинг яратилган усули иқтисодий жиҳатдан мақбул ҳисобланади.

Жиҳозлар материалларини танлаш ва лойиҳалаш учун олинган алюминий сульфат ( $Al_2O_3 = 15,0\%$ ;  $Fe_2O_3 = 0,2\%$ ;  $H_2SO_4 = 0,1\%$ ; э.қ. = 0,5%) коррозия фаоллигининг айрим металлар коррозияга чидамлилиги ўрганилди. Легирланган пўлат ЭИ-448 ва дюралюминий коррозиябардош эканлиги аниқланди, улардаги масса йўқотилиши мос ҳолда 0,01% ва 0,48% ни ташкил этди, пўлат-3 ва рух эса коррозияланади. Масса йўқотилиши мос ҳолда 2,97% ва 7,08% ни ташкил этди. Бу эса жиҳозларни пўлатдан, алюминий сульфат билан тўқнашишдан ажратиб турадиган лак-бўёқ ёки кислотабардош материаллар билан ҳимояланган рухдан тайёрланишини кўрсатади ёхуд коррозия ингибиторларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Олинган маҳсулотнинг (1-намуна) коагуляция хусусияти амалда фойдаланилаётган коагулянтлар (2- ва 3-намуналар) билан солиштириш жараёни ўрганилди. 1-намунанинг кимёвий таркиби, оғ. % ҳисобида:  $Al_2O_3 = 14,1$ ;  $Fe_2O_3 = 0,8$ ;  $H_2SO_4 = 0,1$ ; эримайдиган қолдиқ = 0,5%, 2- ва 3-намуналарнинг кимёвий таркиби, оғ. % ҳисобида:  $Al_2O_3 = 15,2$ ;  $Fe_2O_3 = 0,3$ ;  $H_2SO_4 = 0,1$ ; эримайдиган қолдиқ = 0,5%.

Коагулянтнинг 40 мл концентрацияли (яъни 0,23 мг-экв/л) 1-намунаси ишлатилганда сувнинг максимум шаффофликка эришилади, шаффофлик 1-намунада 9,0 см ни, 2-намунада 7,0 см ни, 0,3 мг-экв/л концентрацияли 3-намунада эса 7,0 см ни ташкил этади.

## ХУЛОСА

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

1. Ангрен каолинларини куйдириш жараёнини ўрганиш орқали каолинни олдиндан 650-700<sup>o</sup>C да 1 соат давомида куйдириш алюминийни 50-60% ли сульфат кислота эритмасига ажралиш даражасининг 78,4% дан 97,1% гача ортишига олиб келиши кўрсатиб ўтилди. Каолинни куйдириш натижасида содир бўладиган дегидратация ва кислотада эрийдиган

алюминий бирикмалари ҳосил бўлиши ундан алюминий бирикмалари ажралиш даражасининг ортишига олиб келади.

2. 650-700<sup>o</sup>C да куйдирилган каолин гилидан сульфат кислота билан алюминийни ажратиб олиш даражасига технологик кўрсаткичларининг таъсирини ўрганиш орқали жараённинг мақбул (оптимал) технологик кўрсаткичлари аниқланди: сульфат кислота концентрацияси – 60%, стехиометрияга нисбатан меъёр – 100%, ҳарорат – 80-100<sup>o</sup>C, жараён давомийлиги 1 соатдан кам эмас.

3. Куйдирилган каолинни сульфат кислотаси билан парчалаш маҳсулотларининг алюминий сульфатни ажратиб олиш бўйича технологик тадқиқотлар натижасида 90% дан кўп алюминийни эритмага ажратиб олиш таъминланадиган мақбул (оптимал) параметрлар аниқланди: парчалаш маҳсулотини айланма эритма билан Қ:С=1:5 гача суюлтириш, суюлтирилган бўтқани кальций карбонат билан рН 2-2,25 гача нейтраллаш, бўтқани филтрлаш, филтрда сув билан шламни икки қайта ювиш, тинилган эритмани унинг 4/5 массасини йўқотилгунча буғлатиш.

4. Алюминий ажралиш даражасини 95% гача ошириш ва иссиқлик энергияси сарфини камайтириш имконини берадиган Ангрен кони каолинини қайта ишлашнинг такомиллашган технологияси ишлаб чиқилди, алюминий сульфат олиш моддий баланси тузилди. Алюминий сульфат маҳсулотига техник шартлар тасдиқланди, технологик регламент ишлаб чиқилди ва ишлаб чиқаришни лойиҳалаш учун бошланғич маълумотлар топширилди.

5. Ангрен каолинини коагулянт – алюминий сульфатга қайта ишлаш технологияси маҳсулотнинг 5 т тажриба намунасини яратиш орқали тажриба-саноат ишлаб чиқариши шароитида синовдан ўтказилди ҳамда «Qo□qon superfosfat zavodi» АЖда татбиқ этилди. Маҳсулотнинг тажриба намунаси ичимлик сувини тозалашда ишлатиш учун Наманган вилояти «Сувоқава» давлат унитар корхонасига юборилди.

6. Ангрен кони каолинини алюминий сульфатга қайта ишлаш самарадорлигининг техник-иқтисодий ҳисоблари амалга оширилди. Мазкур технологиянинг иқтисодий самарадорлик ҳисоби маҳаллий хомашё манбаларини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг мақсадга мувофиқлигини кўрсатган, чунки 1 т алюминий сульфат таннари 700000 сўмни ташкил этади, бу эса импорт қилинадиган коагулянтга нисбатан 2,5 марта арзондир.

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

---

**НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**МАМАДЖАНОВ ЗОКИР НЕМАТЖАНОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕРНОКИСЛОТНОЙ  
ПЕРЕРАБОТКИ МЕСТНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ И  
ПОЛУЧЕНИЕ КОАГУЛЯНТОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

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

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

**Ташкент – 2018**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2017.1.PhD/T27.**

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно-строительном институте.

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

**Научный руководитель:**

**Шамшидинов Исраилжон Тургунович**  
доктор технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Намазов Шафоат Саттарович**  
доктор технических наук, профессор, академик

**Султонов Боходир Элбекович**  
доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:**

**Ферганский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «15» мая 2018 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.К/Т.35.01 при Институте общей и неорганической химии и Ташкентском химико-технологическом институте (Адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Административное здание Института общей и неорганической химии, 3 этаж, зал конференций. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: [ionxanguz@mail.ru](mailto:ionxanguz@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии (зарегистрирована за № 13). Адрес: 100170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Административное здание Института общей и неорганической химии, 3 этаж, зал конференций. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан «30» апрель 2018 года.  
(реестр протокола рассылки №13 от «30» апрель 2018 года).



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

**Салиханова Д.С.**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н.

**Тухтаев С.**  
Председатель Научного семинара при научном совете  
по присуждению ученой степени д.х.н., проф., академик

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире с каждым годом растёт производство сульфата алюминия, наиболее распространенного коагулянта, который находит широкое применение в промышленности при очистке производственных и сточных вод, водоподготовке, в целлюлозно-бумажной промышленности, а также при дублении кожи и крашении тканей. В связи с этим обеспечение различных отраслей промышленности эффективными коагулянтами является одной из основных задач химической промышленности. Коагулянты способствуют повышению эффективности очистки не только сточных вод, но и широко используются при очистке воды на водозаборах питьевой воды, воды для ТЭЦ и промышленных целей. Поэтому обеспечение предприятий высококачественными коагулянтами является приоритетной задачей химической промышленности Узбекистана.

В настоящее время во всем мире ведутся исследования по получению и освоению производств новых видов высокоэффективных коагулянтов. В этом отношении важной задачей является разработка и усовершенствование технологии получения сульфата алюминия с вовлечением в промышленное производство низкосортных сырьевых ресурсов. Для этого необходимо обосновать ряд существующих научных решений, в том числе по следующим направлениям: определение оптимальных технологических параметров выщелачивания алюминийсодержащего сырья и получения сульфата алюминия; разработка ресурсо- и энергосберегающей технологии переработки каолиновых глин Ангренского месторождения на сульфат алюминия.

На сегодняшний день в химической промышленности Республики, благодаря осуществлению мер по модернизации производства, локализации сырьевой базы промышленных предприятий и получению на их основе импортозамещающих новых видов продукции, достигнуты существенные результаты. В третьем направлении стратегии развития Республики Узбекистан отмечены важные задачи, направленные на опережающее «развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов<sup>1</sup>». В этом отношении освоение месторождений каолиновых глин и вовлечение их в промышленное производство имеет важное значение в обеспечении промышленных предприятий необходимыми химическими продуктами.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-4707 от 4 марта 2015 года «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы», УП-4947 от 7 февраля 2017 года

---

<sup>1</sup> Указ “О стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах”.

«Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах» и Постановлением Президента Республики Узбекистан от 23 августа 2017 года ПП-3236 «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** В научно-технической и патентной литературе приводится большое количество научных материалов и способов переработки алюминийсодержащих сырьевых источников на сульфат алюминия и другие соединения. Вопросами переработки алюминийсодержащих сырьевых ресурсов занимались Запольский А.К., Нуркеев С.С., Телеш А.Д., Смолин А.И., Дудкин Б.Н., Лоухина И.В., Римкевич В.С., Лайнер Ю.А., Салихов Ш.И., Келгинбаев А.А., Исматов А.А. и др.

Сырьевые ресурсы алюминия разнообразны, имеют свойственный только им состав, отличный один от другого не только по содержанию алюминия, но и других компонентов. Поэтому для каждого вида сырья необходимо проведение отдельных научных и технологических решений и выбор наиболее подходящих методов переработки с учетом региональных особенностей. Известные способы получения сульфата алюминия неприемлемы для переработки каолиновых глин Ангрэнского месторождения.

Имеются сведения о запасах каолиновых глин, их составе, возможности переработки их кислотными методами на глинозем и другие соединения алюминия, но совершенно отсутствуют сведения по технологии получения сульфата алюминия из каолиновых глин Ангрэнского месторождения.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Наманганского инженерно-строительного института, прикладного проекта П-9.44 «Рациональное использование местных алюмосиликатов» на 2003-2005 годы и инновационного проекта ИОТ-2014-7-9 «Внедрение в производство технологии получения сульфата алюминия на основе Ангрэнского каолина» на 2014-2015 годы.

**Целью исследования** является исследование процессов получения и разработка технологии переработки каолиновых глин Ангрэнского месторождения на эффективный коагулянт – сульфат алюминия.

**Задачи исследования:**

изучение химического и солевого состава каолиновых глин Ангрэнского месторождения;

исследование влияния процесса прокалки каолиновых глин на степень извлечения алюминия и железа;

исследование влияния технологических параметров процесса на степень извлечения алюминия и железа растворами серной кислоты;

исследование процессов разделение жидкой и твёрдой фаз и промывки шламового остатка;

разработка технологической схемы переработки каолиновых глин, составление материального и теплового баланса получения сульфата алюминия, подготовка технологического регламента и проведение технико-экономических расчетов эффективности производства сульфата алюминия;

апробация разработанной технологии переработки каолиновых глин Ангрэнского месторождения на сульфат алюминия в опытно-промышленных условиях.

**Объектом исследования** являются каолиновые глины Ангрэнского месторождения, серная кислота и сульфат алюминия.

**Предметом исследования** являются технологии переработки алюминийсодержащего сырья и получения сульфата алюминия.

**Методы исследования.** Химический и физико-химический методы анализа.

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

установлено влияния температуры прокалки на повышение кислоторастворимых форм каолиновых глин Ангрэнского месторождения;

впервые найдены условия снижения кислотности и очистки растворов сульфата алюминия от соединений железа с использованием кальцийсодержащих реагентов в едином технологическом цикле выщелачивания алюминия;

установлены оптимальные технологические параметры переработки каолиновых глин концентрированной (60-98%) серной кислотой и промывки шлама, позволяющие достичь максимальной степени извлечения алюминия;

впервые получен сульфат алюминия с максимальным выходом чистого продукта по усовершенствованному способу за счет использования предварительно увлажненного каолина и концентрированной серной кислоты;

разработана энергосберегающая технология получения коагулянта путем выщелачивания алюминия концентрированной серной кислотой из прокаленных каолинов Ангрэнского месторождения.

**Практические результаты исследования определяются** тем, что:

установлена возможность использования каолиновых глин Ангрэнского месторождения в производство коагулянта – сульфата алюминия в качестве местного алюминийсодержащего сырья;

разработана усовершенствованная технология прямой сернокислотной переработки каолиновых глин Ангрэнского месторождения путем обработки прокаленного каолина водой и концентрированной серной кислотой;

на опытно-промышленной установке АО «Qo`qon superfosfat zavodi» выпущено 5 тонн опытной партии сульфата алюминия, проведены испытания на водоочистительных сооружениях Наманганской области и рекомендован к использованию при очистке питьевых и сточных вод в качестве коагулянта.

**Достоверность результатов исследования.** Результаты химических (аналитическая химия) и физико-химических методов анализа подтверждены при проведении испытаний разработанной технологии на опытно-промышленном оборудовании.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что впервые определены оптимальные условия термообработки Ангренских каолиновых глины, разложения их концентрированной серной кислотой, распульповки, фильтрации, выпарки раствора и получения коагулянта - кристаллического сульфата алюминия.

Практическая значимость работы заключается в разработке усовершенствованной энергосберегающей технологии переработки каолинов Ангренского месторождения на сульфат алюминия. Освоение технологии и применение коагулянта в промышленности позволит отказаться от импорта этой продукции.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных данных и технических решений по переработке каолинов Ангренского месторождения на сульфата алюминия:

получен патент Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на способ получения сульфата алюминия (№ IAP 05574). В результате появляется возможность получения коагулянта – сульфата алюминия путем разложения прокаленного, увлажненного каолина концентрированной серной кислотой, распульповкой, фильтрацией, выпаркой и кристаллизацией продукта;

технология переработки каолиновых глин Ангренского месторождения внедрена на АО «Qo`qon superfosfat zavodi» (справка АО «Узкимёсаноат» от 15 марта 2018 года № 01/3-1066/П). В результате в Республике впервые получен эффективный коагулянт на основе сульфата алюминия из местного алюминийсодержащего сырья – каолинов Ангренского месторождения;

коагулянт используется при очистки питьевой воды на государственном унитарном предприятии «Сувокава» Наманганской области (справка АО «Узкимёсаноат» от 15 марта 2018 года № 01/3-1066/П). В результате получен продукт не уступающий по своим коагулирующим свойствам и 2,5 раза дешевле импортируемых коагулянтов.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 5 международных и 11 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 22 научные работы, из них 5 научные статьи, в том числе 3 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей

аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов и получен 1 патент РУз.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 116 страниц.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

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

**В первой главе** диссертации «**Современное состояние в области производства сульфата алюминия**» изложено современное состояние и перспективы использования низкосортных алюминийсодержащих сырьевых источников для получения сульфата алюминия. Дана характеристика алюминийсодержащего сырья различных месторождений Узбекистана. Рассмотрены вопросы переработки различных алюминийсодержащих источников сырья на сульфат алюминия. Проведён анализ научно-технической и патентной литературы в области получения сульфата алюминия. На основе критического анализа литературных материалов сформулированы цель и задачи исследования.

**Вторая глава** диссертации «**Химические и физико-химические методы исследования**» посвящена характеристике используемых каолиновых глин Ангренского месторождения, приведён состав различных марок каолинов, методы проведения экспериментов, а также методики химических анализов и физико-химических исследований.

**Третья глава** «**Исследование процесса получения сульфата алюминия из каолинов Ангренского месторождения**» посвящена исследованиям переработки каолинов Ангренского месторождения сернокислотным методом.

Для исследования использован каолин Ангренского месторождения состава (масс. %):  $\text{Al}_2\text{O}_3=21,73$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3=1,68$ ,  $\text{SiO}_2=65,2$ ,  $\text{TiO}_2=0,4$ ,  $\text{CaO}=0,4$ ,  $\text{MgO}=0,65$ ,  $\text{R}_2\text{O}=0,8$ ,  $\text{SO}_3=0,6$ , п.п.п.= 8,5.

Каолин прокаливали при температуре от  $400^\circ\text{C}$  до  $800^\circ\text{C}$  в течение 60-180 минут, определяя потерю веса. Спек разлагали 60%-ной серной кислотой в течение 60 минут при температуре  $80^\circ\text{C}$  и норме серной кислоты 100% от стехиометрии для связывания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . В таблице 1 приведены данные влияние температуры обжига на степень извлечения алюминия и

железа при 100% норме 60% серной кислоты, при температуре 80°C и продолжительности процесса 1 час.

Из таблицы видно, что температура прокаливания 400 и 500°C практически не влияет на изменение содержания кислоторастворимых форм алюминия и железа каолинов Ангреновского месторождения. Максимальная степень извлечения оксида алюминия при указанных технологических параметрах наблюдается при температуре обжига 650-700°C. Степень извлечения при этом составляет 95,8-96,2% а остаточное содержание оксида алюминия в шлаке составляет 4,34%, железа извлекается 1,2% от имеющегося в исходном каолине количества.

Повышение температуры прокаливания до 750-800°C приводит к снижению степени извлечения алюминия до 71,7-49,5%.

Потеря веса при прокаливании повышается с 2,0-2,8% при 400°C до 9,4-9,6% при 700°C.

Увеличением продолжительности прокаливания с 30 мин до 180 мин степень извлечения алюминия повышается с 56,5% до 96,1%, при этом степень извлечения железа составляет 81,8%. Повышение продолжительности прокаливания свыше 1 часа практически не влияет на степень извлечения оксидов алюминия и железа.

**Таблица 1**

**Влияние температуры и продолжительности обжига на содержание кислоторастворимых форм и степень извлечения алюминия и железа**

t, °C	Время обжига, минут	Потеря веса, %	Содержание кислоторастворимых форм, масс. %		Степень извлечения, %	
			по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	по Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	по Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
400	60	2,0	1,77	0,55	10,6	42,5
400	120	2,8	2,09	0,62	12,5	48,3
500	60	5,4	12,27	0,73	48,4	56,7
500	120	6,4	13,17	0,79	52,8	61,2
550	60	7,1	15,50	0,93	78,7	71,6
600	60	7,6	15,72	1,01	94,1	78,5
600	120	8,0	15,93	1,06	95,3	81,8
650	60	9,2	16,01	1,07	95,8	83,1
700	60	9,4	16,08	0,75	96,2	57,9
700	120	9,6	15,31	0,67	91,6	52,2
750	60	9,6	11,98	0,60	71,7	46,8
800	60	9,6	8,27	0,57	49,5	44,1

Дальнейшие исследования были направлены на разложение прокаленного каолина при 650-700°C в течение 1 часа растворами серной кислоты. Изучено влияние концентрации и нормы серной кислоты, температуры и продолжительности процесса разложения на степень извлечения алюминия и железа.

Максимальная степень извлечения алюминия отмечается при концентрации серной кислоты 60%. При этом степень извлечения алюминия составляет 97,1%, а железа 82,5%.

До концентрации серной кислоты 60% степени извлечения алюминия и железа возрастают. Так, при концентрации кислоты 40% степень извлечения составляет для алюминия 54,8%, а для железа 76,3%. С повышением концентрации степень извлечения железа значительно увеличивается. Однако, с повышением концентрации серной кислоты выше 60% степень извлечения железа снижается быстрее, чем степень извлечения алюминия. Снижение степени извлечения алюминия при концентрации кислоты свыше 60% объясняется насыщением системы сульфатом алюминия и кристаллизацией его на поверхности каолина, препятствующего диффузии серной кислоты к частицам сырья. Более резкое снижение степени извлечения железа объясняется тем, что взаимодействие железа с концентрированными растворами серной кислоты затрудняется.

С повышением нормы серной кислоты степени извлечения алюминия и железа возрастают и достигают значений 78,2-97,8 % и 84,6-88,8%. Однако, с повышением концентрации серной кислоты с 50% до 60% степень извлечения железа в раствор снижается. Так, при норме серной кислоты 100% степень извлечения алюминия повышается с 75,7 до 97,1, тогда как степень извлечения железа снижается с 83,5 до 82,5%.

С увеличением продолжительности процесса выщелачивания степени извлечения алюминия и железа повышаются. Алюминия с 75,5% при продолжительности процесса 30 минут до 97,4% через 3 часа. При этом степень извлечения железа повышается с 71,8% до 83,1%. Оптимальным временем выщелачивания является 60 минут.

Повышение температуры способствует увеличению степени извлечения алюминия. Так при повышении температуры с 80<sup>o</sup>C до 110<sup>o</sup>C степень извлечения алюминия повышается с 97,1% до 98,2%. При этом степень извлечения оксида железа снижается с 82,5% до 73,6%. Это согласуется со справочными данными, согласно которым растворимость сульфата железа с повышением температуры до 50<sup>o</sup>C увеличивается, а начиная с 50<sup>o</sup>C, за счет гидролиза, наблюдается заметное снижение извлечения железа. Необходимо отметить, что при этом сульфат алюминия не подвергается гидролизу, поэтому растворимость сульфата алюминия с повышением температуры монотонно увеличивается.

Оптимальными технологическими параметрами извлечения алюминия серной кислотой являются концентрация 60%, норма 100%, температура не ниже 80<sup>o</sup>C, продолжительность процесса не менее 1 часа.

При разложении каолина, прокаленного при 650-700<sup>o</sup>C, при оптимальных технологических параметрах процесса разложения образуется трудноразделяющаяся масса, состоящая из сульфатных солей и не разложенной части каолина – шлама. Для разделения этой смеси осуществляли растворение водорастворимой части водой и поэтапную промывку шлама в 3 стадии, снижая долю воды. Общее соотношение каолин:вода составляло 1:10. На первой стадии растворения и промывки соотношение Т:Ж составляет 1:5 по отношению к исходному количеству каолина, на второй – 1:3 и на третьей стадии – 1:2. Продолжительность

каждой стадии составляет 60 минут. По истечении заданного времени пульпу фильтровали на фильтрованной установке при разрежении  $-0,9 \text{ kgf/cm}^2$ .

В таблице 2 приведены данные химического состава промывных растворов после каждого этапа, скорости фильтрации и степени извлечения алюминия.

Анализ таблицы показывает, что после распульповки продуктов выщелачивания водой при Т:Ж=1:5 получается основной фильтрат, содержащий 4,72% оксида алюминия, 0,33% оксида железа. Степень извлечения алюминия составляет 79,0%. При промывке осадка при Т:Ж=1:3,5 основной фильтрат содержит 6,70%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 0,46%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , степень извлечения алюминия 78,2. Распульповка при Т:Ж=1:25 позволяет получить фильтрат с содержанием 8,97%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 0,62%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , степень извлечения алюминия 76,5%. Как видно из полученных данных, снижение соотношения Т:Ж приводит к повышению концентрации оксида алюминия и железа в основном фильтрате и, одновременно, к снижению степени извлечения алюминия из каолина в основной фильтрат.

**Таблица 2**

**Влияние процесса растворения - промывки на химический состав промывных вод, скорости фильтрации и степень извлечения алюминия**

№	Т:Ж пульпы	Химический состав фильтрата, масс. %			Скорость фильтрации, кг/м <sup>2</sup> .ч			Плотность, г/см <sup>3</sup>	Степень извлечения $\text{Al}_2\text{O}_3$ , %
		$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	По пульпе	По влажному осадку	По раствору		
При получении основного фильтрата									
1	1:5,0	4,72	0,33	0,15	429,9	118,7	358,3	1,175	79,0
2	1:3,5	6,70	0,46	0,22	387,6	157,6	219,4	1,248	78,2
3	1:2,5	8,97	0,62	0,29	376,5	164,4	195,6	1,331	76,5
При получении фильтрата после 1-промывки шлама									
1	1:1,71	3,03	0,21	0,10	-	-	293,7	1,108	15,5
2	1:1,68	3,27	0,22	0,10	-	-	291,1	1,109	15,7
3	1:1,70	3,46	0,24	0,11	-	-	289,4	1,115	16,5
При получении фильтрата после 2-промывки шлама									
1	1:1,12	1,33	0,09	0,04	-	-	354,6	1,035	3,2
2	1:1,15	1,35	0,09	0,04	-	-	353,5	1,037	3,3
3	1:1,17	1,34	0,09	0,04	-	-	352,3	1,036	3,3

После первой промывки осадка при Т:Ж=1:1,7 промывные воды содержат 3,03-3,46%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и 0,21-0,24%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Степень перехода оксида алюминия в первый промывной раствор составляет 15,5-16,5%. После второй промывки при Т:Ж=1:1,15 промывные воды содержат 1,33-1,35% оксида алюминия и 0,09% оксида железа в виде сульфатных солей. Общий выход алюминия в раствор составляет 96,3-97,7%. Максимальный выход 97,75 наблюдается при распульповке продуктов выщелачивания при Т:Ж=1:5.

Данные по скорости фильтрации по пульпе и раствору указывают на их снижение одновременно со снижением Ж:Т. Так, скорость фильтрации при Т:Ж=1:5 основного фильтрата составляет по пульпе 429,9, при Т:Ж=1:3,5

387,6 и при Т:Ж=1:2,5 376,5 кг/м<sup>2</sup>.ч, по раствору - снижается с 358,3 до 195,6 кг/м<sup>2</sup>.ч. При этом количество влажного осадка, образующегося на фильтре, повышается со 118,7 кг до 157,6 кг и 164,4 кг с каждого квадратного метра фильтра в час. Скорости фильтрации промывных вод примерно одинаковы по раствору и составляют 289,4-293,7 кг/м<sup>2</sup>.ч после первой промывки и 352,3-354,6 кг/м<sup>2</sup>.ч после второй промывки.

Для получения сульфата алюминия основной фильтрат и промывные растворы объединяли и подвергали выпарке. С увеличением количестве испаряемой воды повышается концентрация как алюминия, так и железа. При испарении 30% воды содержание оксида алюминия составляет 12,81%, оксида железа 0,89%, содержание сульфата алюминия достигает концентрации 40,44%. С увеличением концентрации сульфата алюминия повышаются плотности и вязкость упаренных растворов. Плотность повышается с 1,326 г/см<sup>3</sup> до 1,54 г/см<sup>3</sup> при испарения 30% воды и до 1,680 г/см<sup>3</sup> при испарения 45% воды. Вязкость при этом повышается с 2,01 до 6,25 и 31,53 сПз соответственно (таблица 3).

**Таблица 3**

**Влияние процесса выпарки основного фильтрата на химический состав и реологические свойства упаренных растворов сульфата алюминия**

Потеря массы, %	Химический состав упаренного раствора, масс. %			Плотность при 80 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Вязкость при 80 <sup>0</sup> С, сПз
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		
0	8,97	0,62	28,32	1,326	2,01
10	9,96	0,69	31,44	1,384	2,73
20	11,23	0,78	35,45	1,452	4,19
30	12,81	0,89	40,44	1,541	6,25
40	14,95	1,03	47,20	1,629	12,55
45	16,49	1,15	52,06	1,680	31,53

Полученные данные свидетельствуют о том, что путем разложения прокаленного при 650-700<sup>0</sup>С Ангренского каолина 60% серной кислотой при её норме 100% от стехиометрии в течение 1 часа и последующей распульповкой и промывкой продуктов разложения водой при объем Т:Ж=1:10 в 3 стадии можно получить растворы, содержащие 40,44-52,06% сульфата алюминия.

При разложении каолина серной кислотой и последующей распульповкой и промывкой можно извлечь в раствор до 80% алюминия. Однако, при норме 50-60% серой кислоты 100-105% со снижением содержания железа в растворе увеличивается количество свободной серной кислоты при незначительном повышении степень извлечения алюминия.

Для снижения содержания свободной кислотности и соединений железа при распульповке продуктов разложения каолина серной кислотой вместе с обратным раствором вводили карбонат, оксид или гидроксид кальция из

расчета на связывание свободной серной кислоты в сульфат кальция и железа в гидроксид.

С повышением нормы вводимого оксида кальция с 75% до 105% в виде соединений кальция снижается содержание серной кислоты с 0,25-0,27% до 0,01-0,02%. Однако, при этом заметно снижаются и содержания оксидов алюминия с 15,02-16,45% до 14,84-15,61%, железа с 0,36 до 0,03-0,07%. При этом выход алюминия снижается с 95,78-95,88% до 86,82-87,19%. Степень осаждения алюминия повышается с 0,12-0,23% до 9,18-9,56%, а железа достигает 93,15-97,55%.

Для получения раствора сульфата алюминия необходимо не превышать норму осаждающего реагента 100%, чтобы избежать потерь алюминия. Происхождение кальцийсодержащего реагента практически не влияет на технологические параметры процесса выщелачивания.

Содержание окиси алюминия в шламе составляет 3,24-3,45% после отделения основного фильтрата, 0,90-1,16% после первой промывки и 0,38-0,53% после второй промывки. Выход влажного шлама после второй промывки составляет 30,4-36,7, сухого 23,4-27,3%.

С целью оптимизации процесса разложения Ангреного каолина серной кислотой и установления максимального выхода продукта (сульфата алюминия) использован статический метод планирования эксперимента.

Получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 79,1 + 4,5X_1 - 7,2X_3 + 4,0X_4 + 2,6X_3X_4$$

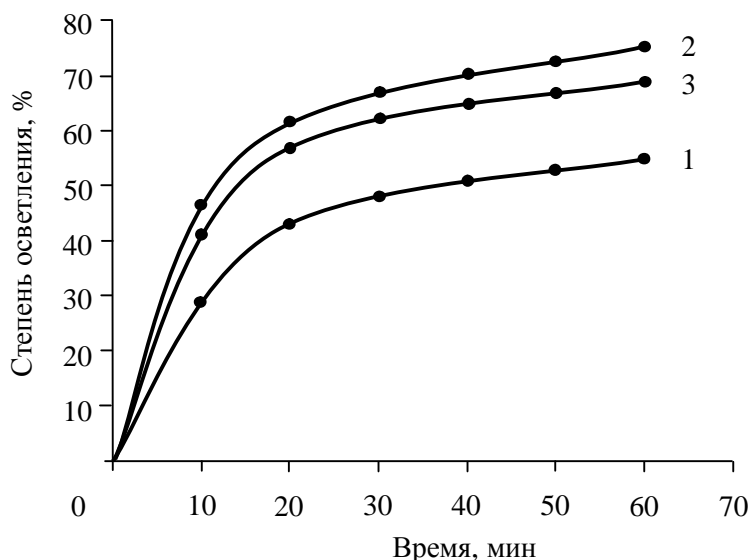
Проведен контрольный эксперимент разложения термообработанного (при 650<sup>o</sup>C) Ангреного каолинитов растворами серной кислоты (концентрацией 60%) при стехиометрической норме 100%. Температура разложения при этом составляет 80<sup>o</sup>C. Экспериментально установленный выход продукта (Y) составляет 96,2%.

Для выделения сульфата алюминия, образующуюся массу продуктов разложения Ангреного каолиновых глин серной кислотой, распульповывали в воде при Т:Ж=1:5 и перемешивали в течение 30 минут для растворения водорастворимых солей. Образующуюся суспензию подвергали отстаиванию. Для ускорения процесса отстаивания использовали также водной раствор полиакриламида с концентрацией от 0,01% до 0,1% в количестве 25 мл. Полученные результаты по осветлению суспензии в присутствии полиакриламида приведены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что введение полиакриламида при отстаивании распульпованной суспензии повышает степень осветления суспензии. При введении ПАА с концентрацией 0,01% показатели лучше, чем при использовании концентрации ПАА 0,1% и без ПАА. Так, степень осветления суспензии с применением 0,1% раствора ПАА через 30 минут составляет 62%, при применении ПАА с концентрации 0,01% составляет 69% и без ПАА – 48%.

Увеличение продолжительности процесса отстаивания до 60 минут не оказывает существенного влияния на степень осветления. Повышение степени осветления составляет 7-9% и не превышает 55-69%.

Ввиду того, что степень осветления не превышает 70%, были проведены исследования по фильтрации жидкой фазы суспензии, после отделения быстро оседающей части декантацией, и сгущенного осадка, после отстаивания, в зависимости от температуры процесса.



**Рис.1. Влияние продолжительности процесса на степень осветления суспензии: 1-без ПАА, 2-0,01% ПАА, 3-0,1% ПАА.**

Повышение температуры с 50<sup>0</sup>С до 80<sup>0</sup>С увеличивает скорость фильтрации суспензии после декантации по раствору с 295,4 до 358,3 кг/м<sup>2</sup>·ч, а сгущенного осадка с 242,1 до 293,7 кг/м<sup>2</sup>·ч. Это указывает на то, что фильтрацию суспензии и сгущенного осадка желательно проводить при возможно высокой температуре.

Проведенные исследования послужили научной основой для испытания разработанного способа получения сульфата алюминия на лабораторной установке в центральной заводской лаборатории АО «Qo`qon superfosfat zavodi».

Сущность технологического процесса получения коагулянта - сульфата алюминия заключается в предварительной термообработке каолиновых глин, их разложении серной кислотой, очистке полученных суспензий от сопутствующих и, особенно, от мешающих примесей, с последующей упаркой, кристаллизацией и выделением кристаллического сульфата алюминия.

При проведении испытаний для достижения максимальной степени извлечения основного вещества в реактор в расчетном количестве равномерно подавали каолин, прокаленный при 650-700<sup>0</sup>С, одновременно с раствором серной кислоты концентрацией 60% из расчета образования сульфатов алюминия и железа. Продолжительность процесса разложения составляла 1 час. Далее суспензию разбавляли водой, вводили CaCO<sub>3</sub>, отделяли твердую фазу от раствора, дважды промывали водой, основной фильтрат и промывные воды объединяли, упаривали и осуществляли кристаллизацию сульфата алюминия.

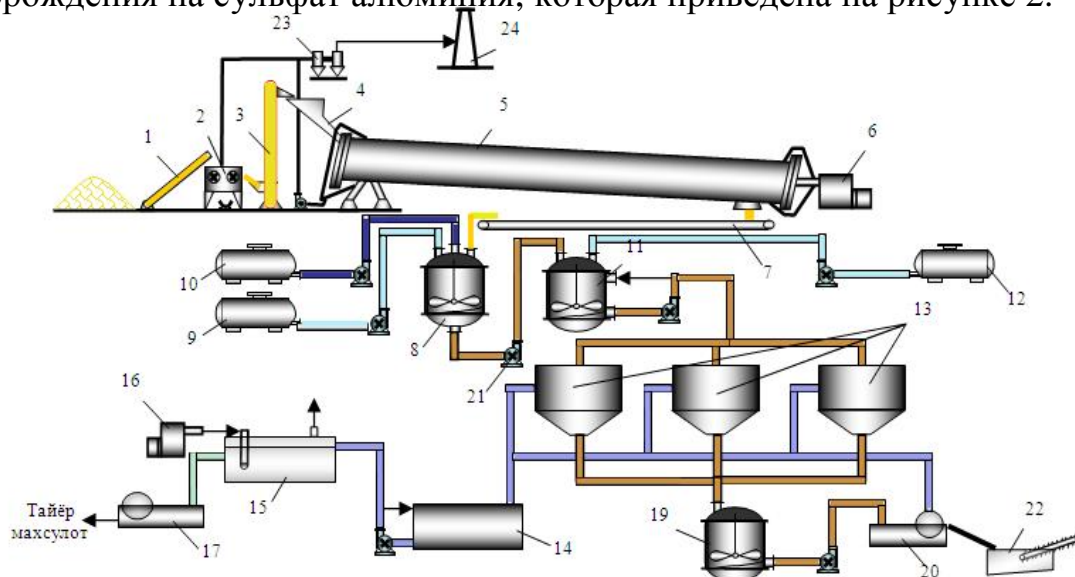
В результате получены продукты, характеризующиеся следующими показателями качества (масс.%): из каолина марки АКФ-78 (первичный,

обогащенный) –  $Al_2O_3 = 15,8$ ;  $Fe_2O_3 = 0,5$ ;  $SO_3 = 36,7$ ;  $H_2SO_{4\text{своб}} = 0,1$ ;  $H_2O$  (гигр.) = 0,63; из каолина марки АКС-30 (первичный, обогащенный) –  $Al_2O_3 = 15,1$ ;  $Fe_2O_3 = 0,3$ ;  $SO_3 = 36,1$ ;  $H_2SO_{4\text{своб.}} = 0,08$ ;  $H_2O$  (гигр.) = 0,35; из каолина марки АКТ-10 (первичный, обогащенный) –  $Al_2O_3 = 11,4$ ;  $Fe_2O_3 = 3,5$ ;  $SO_3 = 31,8$ ;  $H_2SO_{4\text{своб.}} = 0,15$ ;  $H_2O$  (гигр.) = 1,76; из каолина первичного, необогащенного –  $Al_2O_3 = 14,6$ ;  $Fe_2O_3 = 0,9$ ;  $SO_3 = 35,7$ ;  $H_2SO_{4\text{своб.}} = 0,1$ ;  $H_2O$  (гигр.) = 1,51; из каолина вторичного, необогащенного –  $Al_2O_3 = 14,1$ ;  $Fe_2O_3 = 1,31$ ;  $SO_3 = 35,3$ ;  $H_2SO_{4\text{своб.}} = 0,1$ ;  $H_2O$  (гигр.) = 0,82.

Результаты испытаний получения коагулянта - сульфата алюминия из Ангренских каолинов на лабораторной установке АО «Qo`qon superfosfat zavodi» показали возможность переработки каолинов Ангренского месторождения различных видов на сульфата алюминия. Полученные продукты содержат 11,4-15,8% оксида алюминия, 0,3-3,5% оксида железа и 0,08-0,15% свободной серной кислоты.

**Четвертая глава «Технологические исследования по переработке каолинов Ангренского месторождения»** посвящена технологическим исследованиям получения сульфата алюминия из каолиновых глин Ангренского месторождения.

Проведенные исследования, апробация разработанного способа получения сульфата алюминия в лабораторных условиях явились основой для разработки технологической схемы переработки каолинов Ангренского месторождения на сульфат алюминия, которая приведена на рисунке 2.



**Рис 2. Технологическая схема переработки каолина на сульфат алюминия.**

1 – транспортер; 2 – камнеуловитель; 3 – элеватор; 4 – бункер-дозатор; 5 – печь; 6,16 – ГВК; 7 – транспортер; 8 – реактор; 9 – емкость для воды; 10 – емкость для серной кислоты; 11 – смеситель; 12 – напорный бак для воды; 13 – отстойники; 14 – сборник; 15 – барботажный выпарной аппарат; 17 – кристаллизатор; 18 – фасовка; 19 – сборник; 20 – барабанный фильтр; 21 – насосы; 22 – яма; 23 – циклоны; 24 – выхлопная труба.

Каолин, доставленный автотранспортом, выгружается на открытую площадку и с помощью подвешного ковшового крана подается в хранилище

каолина. Из хранилища с помощью транспортера (поз. 1) каолин подается на двухвальную дробилку – камнеуловитель (поз. 2) и далее с помощью элеватора (поз. 3) поступает в бункер (поз. 4) и прокалочную печь (поз. 5), где осуществляется обжиг топочными газами и ГВК (поз. 6) при температуре 650-700<sup>0</sup>С.

Отходящая пыле-газовая смесь с помощью хвостового вентилятора отсасывается в циклоны (поз. 23) и через выхлопную трубу (поз. 24) выбрасывается в атмосферу.

Прокаленная руда с помощью транспортера (поз. 7) поступает в реактор (поз. 8) (двухвалный, имеющий 2 шнека, работающих в противоположных направлениях), куда поступает серная кислота с концентрацией 50-60%. В реакторе происходит взаимодействие каолинита с серной кислотой при температуре 80-100<sup>0</sup>С в течение 1 часа. Смесь после реактора поступает в смеситель (поз. 11), куда подается обратная вода в весовом соотношении руда:вода = 1:1, т.е. Ж:Т = 3 и перемешивается в течение 1 часа. При этом образовавшаяся соль – сульфат алюминия хорошо растворяется и переходит в раствор. Пульпа поступает в один из отстойников (поз.13), где выдерживается в течение 1 часа.

Осветленный раствор (<sup>1</sup>/<sub>2</sub> часть пульпы) сливается в сборник (поз. 14), а в отстойник заливают воду в количестве, соответствующем соотношению руда:вода = 1:3, затем выдерживают 1 час и осветленный раствор (<sup>1</sup>/<sub>2</sub> часть) сливают в сборник (поз. 14) и заливают воду в количестве, соответствующем соотношению руда:вода = 1:2 и выдерживают в течение 2 часов. Осветленную <sup>1</sup>/<sub>2</sub> часть сливают в сборник (поз. 14).

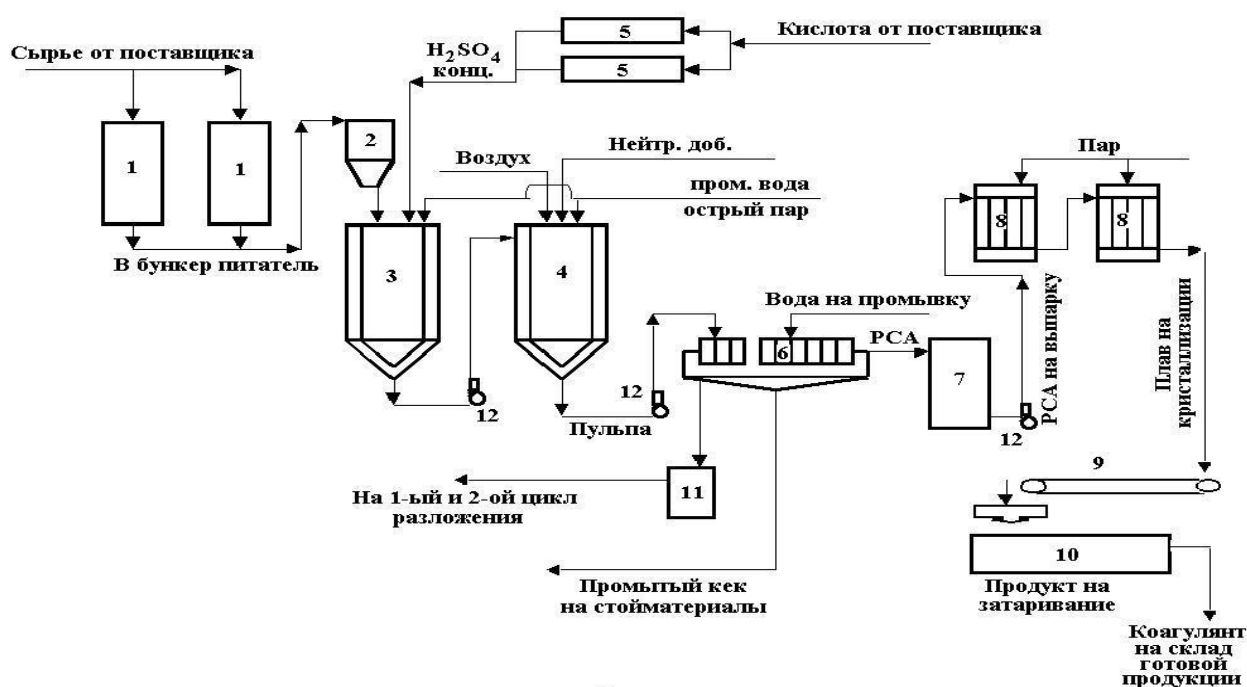
Сгущенная пульпа собирается в сборнике (поз. 19) и насосом (поз. 21) перекачивается на барабанный фильтр (поз. 20). Шламовый осадок дважды промывается водой на фильтре и направляется в шламонакопитель. Фильтрат и промывные воды возвращаются на распульповку в смеситель (поз. 11) и сборник (поз. 14).

Из сборника (поз. 14) раствор сульфата алюминия с помощью насоса (поз.21) подается в барботажный выпарной аппарат (поз. 15), где выпаривается <sup>4</sup>/<sub>5</sub> части раствора. Пересыщенный раствор из выпарного аппарата поступает на ленточный кристаллизатор (поз. 17). Кристаллы подаются на фасовку. Фасованный продукт на электрокаре отправляют на склад.

По данной технологии для извлечения сульфата алюминия затрачивается большое количество воды (5-6 тонн на 1 тонну каолина, т.е. в 5-6 раз больше, чем исходное количество каолина) в процессе осветления (декантации), что требует больших объемов (капитальных затрат) отстойников. Процесс довольно длителен (каждый цикл прерывный по 1 часу, всего 2 часа), происходят значительные энергетические затраты при перемешивании, возникает необходимость в использовании больших объемов выпарных аппаратов для осветленных и отфильтрованных растворов, отмечаются значительные тепловые затраты на выпарку. Процесс неустойчив, так как выход основного продукта колеблется в интервале 85-

95%, трудность контролирования содержания железа и свободной серной кислоты в растворе, из-за чего без предварительной нейтрализации серной кислоты наблюдается ее проскок в жидкую фазу.

Для переработки каолиновых глин на сульфат алюминия процесс осуществлен по упрощенной технологии, повышающей производительность установки, позволяющей снизить тепло- и энергозатраты, улучшить качество продукта, увеличить выход основного продукта и снизить его себестоимость. По данной технологии термообработку каолина осуществляют при температуре 650-700<sup>0</sup>С, выщелачивание проводят в 2 стадии, причем на первой стадии выщелачивания серную кислоту подают в количестве, необходимого для связывания оксида алюминия, в течение 45-60 минут при соотношении Ж:Т =1,0÷1,65, а на второй стадии процесса выщелачивания серную кислоту вводят в таком количестве, чтобы в совокупности с серной кислотой, введенной на первой стадии, ее избыток составлял 2,3-7% от стехиометрического количества, необходимого для перевода в сульфаты, содержащихся в руде оксидов металлов. Суспензию разбавляют обратным раствором при соотношении Ж:Т=2,4-3,0, перемешивают при температуре 80-90<sup>0</sup>С. Для нейтрализации избыточной серной кислоты и осаждения железа вводят нейтрализующие соединения, такие как CaCO<sub>3</sub>, или CaO, или Ca(OH)<sub>2</sub> до рН среды 2,4-2,5, с одновременной подачей воздуха. Вторую стадию процесса выщелачивания, нейтрализацию и осаждение проводят в течение 1 часа.



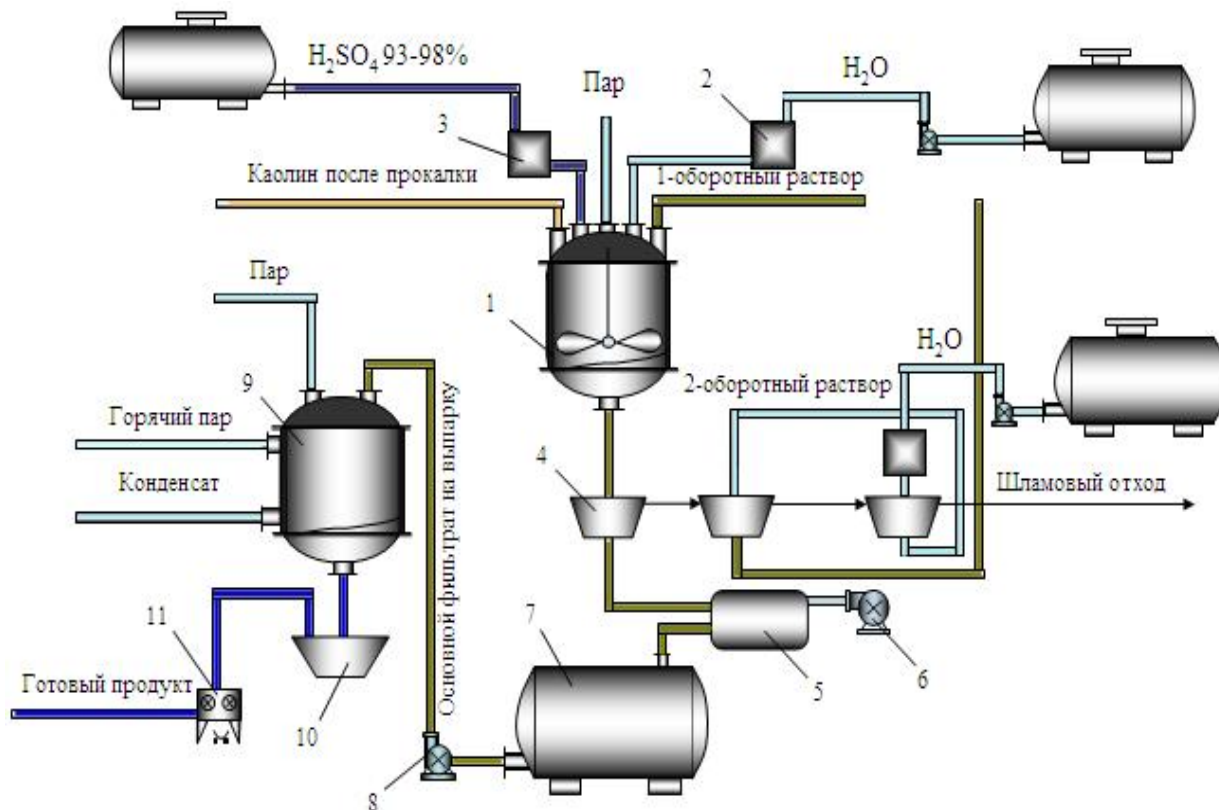
**Рис. 3 Принципиальная технологическая схема переработки Ангреного каолина на сульфат алюминия:**

- 1 – силосы для сырья; 2 – бункер-питатель (дозатор); 3 – реактор-сульфатизатор; 4 – реактор-нейтрализатор; 5 – склад концентрированной серной кислоты; 6 – фильтрующее устройство; 7 – сборник раствора сульфата алюминия (РСА); 8 – выпарной аппарат; 9 – ленточный кристаллизатор; 10 – затарочная машина; 11 – сборник промывных вод (2-фильтрат); 12 – центробежные насосы.

Выход основного вещества – сульфат алюминия составляет 90,0-97,0% (содержание  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  не менее 97%). Продукт содержит  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14-17\%$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{своб.}} = \text{следы}$  (менее 0,01%)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,05-0,1\%$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$  не более 0,003%, нерастворимый остаток не выше 0,5%.

Технологическая схема усовершенствованной технологии переработки каолиновых глин Анренского месторождения на сульфат алюминия приведена на рисунке 3.

По данной технологии также очень большой расходу воды на распульговку. При этом образуется сильно разбавленный раствор сульфата алюминия, что требует увеличения расходов тепловой энергии.



**Рис. 4. Принципиальная технологическая схема получения сульфата алюминия из каолинов из глин Анренского месторождения:**

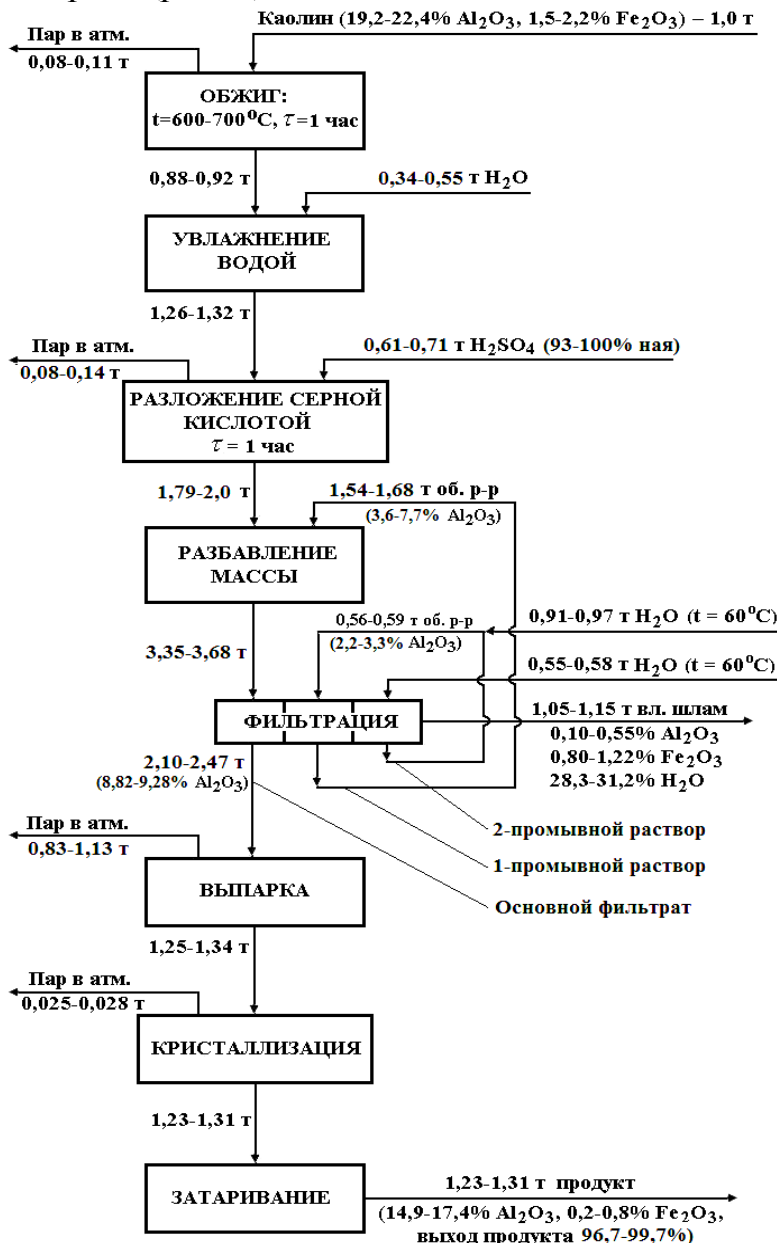
1 - реактор; 2 - дозаторы для воды; 3 - дозатор серной кислоты; 4 - установка для фильтрации и промывки шлама; 5 - монжус; 6 - вакуум-насос; 7 - сборник для основного фильтрата; 8 - насос для передачи раствора; 9 - выпарная установка; 10 - кристаллизатор; 11 - дробилка.

С целью дополнительного упрощения технологического процесса, сбережения энергетических и материальных ресурсов, снижения себестоимости продукции, повышения производительности основного оборудования и увеличения выхода сульфата алюминия введены дополнительные изменения в усовершенствованную ранее технологию. Сущность изменений заключается в использовании концентрированной серной кислоты, без предварительного разбавления кислоты, которую вводят в предварительно увлажненный водой каолин. Это позволяет отказаться от

использования пара, а температура 100-120<sup>0</sup>С поддерживается энергией, выделяющейся при введении серной кислоты в увлажненный каолин.

Существенные изменения введены и на стадию промывки. Принципиальная технологическая схема получения сульфата алюминия из каолиновых глин Ангренского месторождения приведена на рисунке 4.

Каолиновую глину в количестве 1000 кг (состав 19,2-22,41 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,5-2,2 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 63,4-68,6 SiO<sub>2</sub> и др.) помещают в печь, прокаливают при температуре 650-700<sup>0</sup>С в течение 1 часа, при этом выделяется 85-110 кг воды и происходят структурные изменения кристаллической решетки каолинового минерала (рис. 5).



**Рис. 5. Материальный баланс получения сульфата алюминия по ресурсо- и энергосберегающей технологии**

Полученную суспензию массой 3345-3545 кг подают на фильтровальную установку, где происходит отделения жидкой и твердой

После этого, каолин в количестве 890-915 кг увлажняют водой в количестве 340-415 кг и разлагают в реакторе 93-98%-ной серной кислотой в количестве 610-685 кг (норма кислоты для связывание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 100% от стехиометрии). Продолжительность процесса разложения при постоянном перемешивании составляет 1 час. При перемешивании увлажненного каолина концентрированной серной кислотой температура повышается до 110-120<sup>0</sup>С. В результате этого в газовую фазу выделяется 80-88 кг водяного пара. 1790-1905 кг горячей массы, содержащей 3,80-7,70% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, разбавляют 1-оборотным раствором массой 1550-1640 кг.

фаз. В первом цикле фильтрации суспензии образуется основной фильтрат в количестве 2105-2370 кг, содержащий 8,8-9,4%  $Al_2O_3$ , Во втором цикле фильтрации шлам промывают 2-оборотным раствором в количестве 560-395 кг состава 2,2-3,3%  $Al_2O_3$  и горячей водой массой 910-970 кг и получают 1-оборотный раствор, содержащий 3,80-7,70%  $Al_2O_3$ . В третьем цикле фильтрации шлам промывают горячей водой массой 545-580 кг и получают 2-оборотный раствор, содержащий 2,2-3,3%. Основной фильтрат массой 2105-2370 кг (8,8-9,4%  $Al_2O_3$ ,) подают в выпарную установку, где происходит образование плава массой 1180-1340 кг, из которого выделяется 830-1080 кг водяного пара. При кристаллизации расплава в кристаллизаторе происходит образование 1160-1310 кг основного продукта – сульфата алюминия и при этом испаряется вода в количестве 23-27,5 кг.

В составе кристаллизованного основного продукта содержится (в масс. %):  $Al_2O_3 = 14,8-17,4$ ;  $Fe_2O_3 = 0,2-0,8$ ;  $H_2SO_{4\text{своб}} = \text{следы}$ ;  $As_2O_3 = \text{не более } 0,003$  и соответствует TS 10200090-02:2015. Выхода основного продукта составляет 92,5-99,5%.

Расчет экономической эффективности данной технологии показал высокую экономическую целесообразность переработки местных сырьевых ресурсов на сульфат алюминия, так как себестоимость 1 т сульфата алюминия составляет около 700000 сум, что в 2,5 раза дешевле по сравнению с импортируемым продуктом.

Таким образом показано, что разработанный нами способ переработки местных каолинов на сульфат алюминия является экономически выгодным.

Для проектирования и выбора материала оборудования изучена коррозионная активность полученного сульфата алюминия ( $Al_2O_3 = 15,0\%$ ;  $Fe_2O_3 = 0,2\%$ ;  $H_2SO_4 = 0,1\%$ ; н.о. = 0,5%) на коррозионностойкость некоторых металлов.

Установлено, что коррозионностойкими являются нержавеющая сталь ЭИ-448 и дюралюминий, потеря веса которых составляет 0,01% и 0,48%, соответственно, а сталь-3 и цинк поддаются коррозии. Потеря веса составляет 2,97% и 7,08% соответственно. Это указывает на необходимость изоляции оборудования из стали и цинка от соприкосновения с сульфатом алюминия путем покрытия лакокрасочными или кислотостойкими материалами или же использовать ингибиторы коррозии.

Коагулирующую способность полученного нами продукта (образец №1) изучали по сравнению с коагулянтами используемыми на практике, поставляемыми из-за рубежа (образцы №2 и №3). Химический состав образца №1 в масс. %:  $Al_2O_3 = 14,1$ ;  $Fe_2O_3 = 0,8$ ;  $H_2SO_4 = 0,1$ ; нерастворимые остатки = 0,5%, а образца №2 и №3:  $Al_2O_3 = 15,2$ ;  $Fe_2O_3 = 0,3$ ;  $H_2SO_4 = 0,1$ ; нерастворимые остатки = 0,5%.

При использовании коагулянта образца №1 при концентрации 40 мл (т.е. 0,23 мг-экв/л) достигаемый максимум прозрачности воды составляет 9,0 см, для образца №2 7,0 см, а образца № 3 при концентрации 0,3 мг-экв/л составляет 7,0 см.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Изучением процесса прокалики каолинов Ангренского месторождения показано, что предварительный обжиг каолинов при 650-700<sup>0</sup>С и выдержка при этой температуре в течение 1 часа приводит к увеличению степени извлечения алюминия в раствор 50-60% серной кислоты с 78,4% до 97,1%. Повышение степени извлечения алюминия из каолинов вызвано изменениями фазового состава каолинов при прокалике, происходящими в результате дегидратации и образования кислоторастворимых соединений алюминия.

2. Путём изучения влияния технологических параметров на степень извлечения алюминия из каолиновых глин, прокаленных при 650-700<sup>0</sup>С, серной кислотой установлены оптимальные технологические параметры процесса: концентрация серной кислоты 60%, норма 100% от стехиометрии, температура 80-100<sup>0</sup>С, продолжительность процесса не менее 1 часа.

3. Технологическими исследованиями по выделению сульфата алюминия из продуктов разложения прокаленных каолинов серной кислотой установлены оптимальные параметры, позволяющие выделить в раствор более 90% алюминия: распульповка продуктов разложения обратными растворами до Т:Ж=1:5, нейтрализация распульпованной пульпы карбонатом кальция до рН 2-2,25, двухкратная промывка шлама водой на фильтре, упарка осветленного раствора до удаления  $\frac{4}{5}$  от исходной массы.

4. Разработана усовершенствованная технология переработки каолинов Ангренского месторождения, позволяющая повысить степень извлечения алюминия до 95% и уменьшить расход тепловой энергии. Составлен материальный баланс технологического процесса получения сульфата алюминия. Утверждены технические условия на сульфат алюминия, разработан технологический регламент и выданы исходные данные для проектирования опытного производства.

5. Технология переработки каолинов Ангренского месторождения на коагулянт – сульфата алюминия апробирована в опытно-промышленных условиях путём выпуска опытной партии в количестве 5 т и внедрена на АО «Qo`qon superfosfat zavodi». Опытная партия передана государственному унитарному предприятию «Сувокава» Наманганской области для использования при очистке питьевой воды.

6. Произведен технико-экономический расчет эффективности переработки каолинов Ангренского месторождения на сульфат алюминия. Расчеты экономической эффективности данной технологии показали экономическую целесообразность переработки местных сырьевых ресурсов на сульфат алюминия, так как себестоимость производства 1 т сульфата алюминия, по предлагаемой технологии составляет 700000 сум, что в 2,5 раза дешевле, по сравнению с ввозимыми из-за рубежа коагулянтами.

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

---

**NAMANGAN ENGINEERING CONSTRUCTION INSTITUTE**

**MAMADJANOV ZOKIR NEMATJANOVICH**

**INVESTIGATION OF PROCESSES OF SULFURIC ACID PROCESSING  
OF LOCAL ALUMINOSILICATES AND OBTAINING COAGULANTS ON  
THEIR BASIS**

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

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

**Tashkent – 2018**

**The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.PhD/T27.**

Dissertation was carried out at Namangan Engineering Construction Institute.

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

**Research supervisors:** **Shamshidinov Israiljon Turgunovich**, doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Namazov Shafolat Sattarovich**  
doctor of technical sciences, professor, academician  
**Sultanov Bokhodir Elbekovich**  
doctor of technical science

**Leading organization:** **Fergana polytechnical institute**

The defense will take place «15» may 2018 at 14<sup>00</sup> o'clock at the meeting of scientific council No. DSc.27.06.2017.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry, Tashkent Chemical Technological Institute, (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under No.13). 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 «30» april 2018 y.  
(mailing report No. 13 on «30» april 2018 y.).



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

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

**S. Tukhtaev**  
Chairman of scientific seminar at scientific council on  
awarding of scientific degrees, d.ch.s., professor, academician

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is the development of scientific foundations and technology for processing caolin clays of the Angren deposit to effective coagulant - aluminum sulphate.

**The object of the research** is the caolin clays of the Angren deposit, sulfuric acid, aluminum sulphate.

**The scientific novelty of dissertational research** consists in the following: the original, energy-saving method for processing caolins from the Angren deposit into aluminum sulphate was developed for the first time;

the effect of preliminary calcination on the degree of extraction of aluminum and iron from caolin has been established;

the influence of technological parameters of the process on the degree of extraction of aluminum and iron is revealed;

for the first time technological solutions have been found that allow to save energy resources and to increase the degree of extraction of aluminum from caolin and the output of aluminum sulfate.

**Implementation of the research results.** On the basis of the obtained scientific data and technical solutions for the processing of caolins from the Angren deposit to aluminum sulphate:

the positive decision of the Agency of Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan on the method of obtaining aluminum sulphate was received (No. IAP 05574). As a result, it becomes possible to obtain coagulant - aluminum sulphate by decomposition of calcined moistened caolin with concentrated sulfuric acid, pulverization, filtration, evaporation and crystallization of the product;

technology of processing of caolin clays from the Angren deposit was phased in approbation and introduced to JSC «Qo`qon superfosfat zavodi» (the reference from Uzkimyosanoat JSC dated March 15, 2018 y № 01/3-1066/II). As a result, for the first time in the Republic, an effective coagulant was obtained on the basis of aluminum sulfate from local aluminum-containing raw materials - caolin of the Angren deposit, which is used in drinking water purification at the state unitary enterprise «Suvokava» of the Namangan region (the reference from Uzkimyosanoat JSC dated March 15, 2018 y № 01/3-1066/II).

**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 116 pages.

## ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

### Список опубликованных работ

### List of published works

#### I бўлим (I часть; part I)

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

1. Shamshidinov I.T., Turaev Z., Mamadjanov Z.N. Technology of production of aluminum sulphate from secondary kaolin in industrial environments (Технология производства сульфата алюминия из вторичных каолинов в промышленных условиях) // European Applied Sciences. – Germany, 2015. – N 6. – P. 87-90. (02.00.00. №4).

2. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамадалиев А.Т., Ахунов Д.Б. Ангрен каолинларига термик ишлов бериш жараёнини саноат шароитида ўзлаштириш // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2014 йил. – № 4. – Б. 78-80. (05.00.00. №20).

3. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Юлдашев А.А. Ангрен иккиламчи каолин гилларидан коагулянт-алюминий сульфат ишлаб чиқариш технологияси // ФарПИ илмий-техника журнали. – Фарғона, 2015 йил. – № 3. – Б. 141-144. (05.00.00. №20).

4. Мамаджанов З.Н., Шамшидинов И.Т., Ёкубжанова Ё.Г. Изучение коагулирующую способность сульфата алюминия при очистке речных и подземных вод Наманганской области // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2018. – № 1. – С. 225-228. (05.00.00. №20).

5. Мамаджанов З.Н., Шамшидинов И.Т. Исследование процесса выщелачивания алюминия из каолиновых глин Ангренского месторождения // Universum: технические науки. – 2018. – №. 3 (48). – С. 29-32. (02.00.00. №1).

6. Патент № IAP 05574 UZ. Способ переработки каолина на сульфат алюминия / Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Усманов И.И. (UZ) / Опуб. 28.04.2018. – Бюллетень № 4.

#### II бўлим (II часть; part II)

7. Шамшидинов И.Т., Мамадалиев А.Т., Мамаджанов З.Н. Optimization of the process of decomposition of aluminosilicate of clays with sulfuric acid // «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. – Vienna (Austria): The First International Conference on Eurasian scientific development, Austria, 2014, 11th April. – P. 269-275.

8. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамадалиев А.Т. Изучения коагулирующей способности сульфата алюминия полученного из Ангренского каолина // «Наука XXI века: теория, практика, перспективы», Россия, г.УФА, Сборник статей. РИО МЦИИ «ОМЕГА САЙНС», 2014. – С. 48-54.

9. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамуров Б.А. Переработка алюмосиликатных глин на коагулянт – сульфат алюминия и разработка технического стандарта продукции // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы классификации и сертификации товаров на основе химического состава», – Андижан: АнГУ, 2015. – С. 249-251.

10. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н. Переработка бентонитовых глин на сульфат алюминия // «Теоретические и практические вопросы развития научной мысли в современной мире» Сборник статей. УФА РИЦ – БашГУ, 2013. – С. 161-163.

11. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Ганибоева Г.К. Переработка алюмосиликатных глин на коагулянт – сульфат алюминия // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы отраслей химической технологии». – Бухара: БухИТИ, 10-12 ноября 2015 г. – С. 116-117.

12. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамадалиев А.Т. Технология переработки местных алюмосиликатов на коагулянт – сульфат алюминия // Олий ўқув юрти талабаларида мустақил таълим ўқув фаолияти кўникмаларини ривожлантириш муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган: НамМПИ, 2013 й., 22-23 ноябрь. – Б. 254-255.

13. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамадалиев А.Т., Тураев З. Ангрен каолин гилларидан коагулянт – алюминий сульфат олиш // «Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари» IV Республика илмий-амалий анжумани илмий мақолалари тўплами. – Термиз: ТерДУ, 2014 й., 1-3 май. – I-қисм, – Б. 56-58.

14. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамадалиев А.Т., Абдуллаев М.Т., Ахунов Д.Б. Саноат ишлаб чиқариш шароитида Ангрен каолин гилларига термик ишлов бериш ва ундан коагулянт – алюминий сульфат олиш // «Иқтидорли ёш кадрлар келажак пойдевори, уларни тарбиялаш, тайёрлаш тажрибалари ва истиқболлари» мавзусидаги Республика ёш олимлар, магистрантлар ва иқтидорли талабалар илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. – Наманган: НамМПИ, 2014 й., 5-6 июнь. – Б. 191-192.

15. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамадалиев А.Т., Исматов А. Ангрен каолинларидан коагулянт – алюминий сульфат олиш технологияси // Ёш олимлар ва талабаларнинг «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остидаги ҳудудий илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. – Наманган: НамДУ, 2014 йил, 6-7 июнь. – III-қисм. – Б. 545-548.

16. Мамаджанов З.Н. Ангрен каолинларидан коагулянт – алюминий сульфат олиш технологияси // Ёш олимлар ва талабаларнинг «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остидаги Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. – Бухоро: БухДУ, 2014 йил, 19-20 ноябрь. – Б. 336-340.

17. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Юлдашев А.А. Получение сульфата алюминия из алюмосиликатных глин // «Биорганик кимё муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари. – Наманган: НамДУ, 2014 й., 20-21 ноябрь. – III-қисм. – Б.92-93.

18. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Махкамова Д. Ангреник иккиламчи каолинларидан саноат ишлаб чиқариш шароитида коагулянт – алюминий сульфат олиш // «Таълим сифатини таъминлашда устоз-шогирд тизимини ўрни: тажриба ва истиқболлар» мавзусида вазирлик миқёсидаги илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Наманган: НамМПИ, 2015 йил. – Б. 69-70.

19. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н., Мамадалиев А.Т. Саноат ишлаб чиқариш шароитида иккиламчи каолинлардан алюминий сульфат олиш // «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остидаги ҳудудий илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган: НамДУ, 2015 йил. – Б. 419-120.

20. Шамшидинов И.Т., Тураев З., Мамаджанов З.Н. Усовершенствованная технология переработки каолина на сульфат алюминия // «Ноананавий кимёвий технологиялар ва экологик муаммолар» Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами – Фарғона: ФарПИ, 2015 йил. – Б. 38-39.

21. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н. Каолин гилини алюминий сульфатга қайта ишлашнинг такомиллаштирилган технологияси // «Таълим тарбия самарадорлигини оширишда инновацион ахборот ва таълим технологияларининг роли ва аҳамияти» мавзусидаги вазирлик миқёсидаги ишлмий амалий анжуман материаллари тўплами. – Наманган: НамМПИ, 2016 йил 21-22 апрель. – Б. 63-66.

22. Шамшидинов И.Т., Мамаджанов З.Н. Получения коагулянт – сульфат алюминия из Ангреникского каолина и разработка технического стандарта продукции // «Озиқ-овқат ва кимё саноатида чиқиндисиз ва экологик самарадор технологияларни қўллаш» мавзусидаги Республика миқёсидаги ишлмий амалий анжуман материаллари тўплами. – Наманган: НамМПИ, 2017 йил, 4 март. – Б. 9-10.

Автореферат «Ўзбекистон кимё журналы» тахририяида  
тахрирдан ўтказилди.

Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. «Times New Roman» гарнитураси. Офсет усулида босилди.  
Шартли босма табағи 3,25. Адади: 100. Буюртма: №23 .

«ЎзР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилди.  
100170, Тошкент, Зиёлилар кўчаси, 13 уй

