

**БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/28.02.2022.Т.101.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

ИСАҚОВ АБРОР ФАХРИДДИНОВИЧ

**КАЛИЙЛИ ЎҒИТ ИШЛАБ ЧИҚАРИШДА ФЛОТАЦИЯ ЖАРАЁНИГА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ЁНДАШУВНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари
ва аппаратлари**

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

Бухоро – 2023

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
technical sciences**

Исақов Аброр Фахриддинович

Калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация жараёнига интеллектуал
ёндашувни такомиллаштириш 3

Исаков Аброр Фахриддинович

Совершенствование интеллектуальным подходом процесса флотации
в производстве калийного удобрения..... 21

Isafov Abror Faxriddinovich

Flotation in potassium fertilizer production improving the intellectual
approach to the process..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 43

**БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/28.02.2022.Т.101.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

ИСАҚОВ АБРОР ФАХРИДДИНОВИЧ

**КАЛИЙЛИ ЎҒИТ ИШЛАБ ЧИҚАРИШДА ФЛОТАЦИЯ ЖАРАЁНИГА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ЁНДАШУВНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш жараёнлари
ва аппаратлари**

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

Бухоро – 2023

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/Т1927 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат педагогика институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.bmti.uz) ҳамда «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Насирова Шаира Нармурадovна
техника фанлари доктори (DSc), профессор

Расмий оппонентлар:

Қурбанов Жамшед Маджидович
техника фанлари доктори, профессор

Худойбердиева Назора Шарофовна
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент

Етакчи ташкилот:

Наманган муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Бухоро муҳандислик-технология институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/28.02.2022.Т.101.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2023-йил « 04 » август соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 200117, Бухоро шаҳар, Қ.Муртазоев кўчаси, 15. Тел.: (99865) 223-78-84, факс: (99865) 223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz. Бухоро муҳандислик-технология институти 1-биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Бухоро муҳандислик-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (438-рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 200117, Бухоро шаҳар, Қ.Муртазоев кўчаси, 15. Тел.: (99865) 223-78-84).

Диссертация автореферати 2023 йил « 21 » июл куни тарқатилди.
(2023 йил « 14 » июлдаги №24 рақамли реестр баённомаси).

С.Ф.Фозилов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
раиси ўринбосари, т.ф.д., профессор

Р.Р. Ҳайитов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби,
т.ф.д., кат.ил.ход.

И.Б. Исабаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори(PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда қайта ишлаш саноати соҳасидаги илмий тадқиқот ишларнинг замонавий шароитларида технологик жараёнларни моделлаштириш ва оптималлаштириш ишлаб чиқаришида юқори самарали, ишончли ҳамда иқтисодий тежамкор технологик қурилмаларни яратишда замонавий технологиялардан кенг фойдаланган ҳолда маҳсулотнинг сифатини яхшилаш ва энергия истеъмолини камайтириш ҳисобига саноат унумдорлигини ошириш имконини берди. Шу билан бир қаторда, амалиётда технологик жараёнлар учун оптимал ечимни топиш ишлаб чиқаришни оширишга, маҳсулот сифатини яхшилашга, харажатларни камайтиришга, меҳнат шароитларини энгиллаштиришга ва атроф муҳитни ҳимоя қилишга асосланган техник ривожланиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда тизимли фикрлаш ва таҳлил асосидаги жараёнлар ва қурилмаларнинг технологик автоматлаштирилган компьютер тизимларини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий асослар ишлаб чиқиш буйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада калийли рудалар флотацияси технологик жараёнлари таркибини самарали бошқариш, қимматбаҳо компонентлар концентрациясини назорат қилиш ва уларни чиқиндилар таркибида камайтириш, флотация тизимининг самарали ишлаш, энергетик харажатларни камайтириш, технологик муҳитларда зарарли моддаларни минимал даражагача камайтиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда энергия истеъмолини камайтириш ва ишлаб чиқаришнинг юқори самарадорлигини таъминлаш ва ишлаб чиқариш ва тизимларни бошқариш учун юқори самарадор технологиялар асосида технологик қурилмалар ва ускуналар унумдорлигини ошириш буйича бир қатор ишлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистонни тараққиёт стратегиясининг учинчи йўналишида «Миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлашга қаратилган саноат сиёсатини амалга оширишни давом эттириш, ялпи ички маҳсулотда саноатнинг улушини ошириш ва саноат ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 баробарга ошириш»¹ каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Шу муносабат билан технологияни такомиллаштириш, мавжуд бўлган фойдали қазилмаларни бойитиш, янги янада самарадор технологик қурилмалардан фойдаланиш, ҳамда рудаларни қазиб олишнинг экологик хавфсиз усулларини ва калийли рудалар флотациясининг бошқа технологик жараёнларини яратиш ва қўллаш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сонли «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги Фармони ва Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сонли «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида» ги Фармони

янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибдорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 28 декабрдаги ПҚ-4937-сонли «Ўзбекистон Республикасининг 2021-2023 йилларга мўлжалланган инвестиция дастурини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2021 йил 13 февралдаги ПҚ-4992-сонли «Кимё саноати корхоналарини янада ислоҳ қилиш ва молиявий соғломлаштириш, юқори кўшимча қийматли кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқаришни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Технологик лойиҳаларни компьютерли алгоритмлаштириш асосидаги бойитиш фабрикаларининг флотацион қурилмаларини такомиллаштириш бўйича дунёда Михайлов А.П., Козин В.З., Дашенко А.И., Сорокер Л.В., Хмаро В.В., Некрасов Б.Д., Гапонов Г.А., Колтунова Л.Н., Барченков В.В., Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. ҳамда мамлакатимизда Гулямов Ш.М., Артиков А.А., Баракаев Н.Р., Санакулов К.С., Насирова Ш.Н. ва бошқалар илмий тадқиқотлар олиб боришган.

Улар томонидан рудаларни бойитишда флотациянинг оптимал технологик жараёнлари ишлаб чиқилган; оптимал бошқариш учун шароитлар аниқланган; қимматбаҳо компонентлар заррачаларининг газ пуфакчаларига ёпишиб қолишини яхшилаш учун реактивлар яратилган; қурилмаларнинг яхшиланган статик ва динамик характеристикаларини амалга оширилган; флотацион қурилмаларнинг моделлари ясалган; калийли рудалар флотацияси технологик жараёнининг математик моделлари ва қурилмани, ҳамда технологиянинг ўзини такомиллаштириш усуллари ишлаб чиқилган.

Аммо, технологик жараёнларни компьютерли алгоритмлаштириш йўли билан тоғ-кон металлургия саноатида калийли рудалар флотацияси технологик жараёнларини самарадорлигини ошириш, тизимли фикрлаш ва ёндашув асосида кўп босқичли таҳлил йўли билан калийли рудаларнинг флотацияси технологик жараёнини бойитиш учун флотацион қурилмалар технологик ва мураккаб техник тизимлари синтезининг илмий асосланган методологиясини ишлаб чиқиш, флотацион қурилма учун қимматбаҳо компонентларнинг пульпадан газ фазасига ўтишининг оптимал усулини аниқлаш, флотацион комплекс объектларининг назарий-аналитик компьютерли моделлаштириш ҳамда аналитик идентификация (бир хиллаштириш) усуллари шакллантириш, бир ва кўп босқичли флотацион қурилмаларда технологик жараёнларнинг оптимал параметрларини ҳисоблаш усуллари яратиш, флотацион комплекс технологик тизимларида маҳсулотларнинг оптимал оқимини аниқлаш, флотациянинг технологик жараёнлари ва қурилмаларини такомиллаштириш

усулларини ишлаб чиқиш бўйича етарлича тадқиқотлар олиб борилмаган ва муҳим вазифа бўлиб ҳисобланади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №БВ-Ф4-024 рақамли «Мухандислик технологиясида оптимал тизимларни излаш ва моделлаштириш, тизимли фикрлаш ва таҳлилни ривожлантириш» (2017-2019 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа, ҳамда №ИЗ-20170929673 рақамли «Тюбегатен кони паст навли сильвинитларидан флотацион калий хлорид ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш ва жадаллаштириш» (2018-2019 йй.) мавзусидаги инновацион лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация жараёнини интеллектуал ёндашув билан такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

технологик жараён ва қурилмалар назарияси ва амалиёти замонавий ҳолатини таҳлил қилиш;

калийли ўғит ишлаб чиқаришдаги флотация объекти таҳлилида тизимли фикрлаш;

калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотациянинг математик ва компьютерли моделларини яратиш;

калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация технологик жараёнини аниқлаш ва оптималлаштиришнинг интеллектуал усулини ишлаб чиқиш;

калийли ўғит ишлаб чиқаришдаги флотация қурилмасида тажрибаларни режалаштириш ва ўтказиш;

калийли ўғит ишлаб чиқаришдаги саноат қурилмасининг муҳандислик ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида калийли ўғит ишлаб чиқаришдаги флотацион қурилмалар, технологик жараёнлар ва такомиллаштирилган технологик қурилмалар олинган.

Тадқиқотнинг предмети тюбегатен конининг сильвинитлари – калийли рудаларни флотацион бойитиш қонуниятларини ўрганишдан, ҳамда уларни илмий-асосланган ҳисоби, флотацион қурилмалар ва уларнинг оптимал режимларининг янги самарадор усулларни яратиш ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида флотация тизимлари элементлари ва объектлари – таҳлили ва синтези, тизимли фикрлаш усуллари, аналитик идентификациялаш усуллари, калийли рудалар флотацияси мураккаб технологик жараёнларини кўп босқичли математик моделлаштириш усуллари, математик ва компьютерли моделлаштириш, флотация объектининг квазидетерминистик тасвири усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

флотация объектини калийли ўғитлар ёрдамида ишлаб чиқаришда тизимли фикрлаш асосида унинг кўп даражали иерархик тузилишини аниқлаш билан таҳлил қилиш усули ишлаб чиқилган;

калийли ўғитлар ишлаб чиқаришда флотациянинг математик ва компьютерли моделларини тузиш усуллари ишлаб чиқилган;

калийли ўғитлар ишлаб чиқаришда флотациянинг технологик жараёнини оптималлаштириш усули ишлаб чиқилган;

калий хлорид концентрациясининг ўзгариши кириш параметрларига боғлиқлигини инобатга олиб, калийли ўғитлар ишлаб чиқаришда флотация жараёнини оптималлаштириш усули ишлаб чиқилган;

калий хлорид олишнинг оптимал технологик параметрлари ўрнатилган ва флотацион қурилмани икки ва ундан кўпроқ ячейкаларга бўлиб такомиллаштириш илмий асосланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

флюидли ва газ фазалар, ҳамда газ пуфакчалари даражасида тизимли фикрлаш асосида калийли ўғитлар рудаларини флотацион бойитиш ишлаб чиқилган, флотацион қурилма кўп босқичли тизими ва унинг технологик элементларининг оптимал параметрлари ишлаб чиқилган;

калийли ўғитлар ишлаб чиқаришда қимматбаҳо компонентларнинг флотацион қурилма газ фазали технологик жараёнига ўтишининг оптимал шароитлари аниқланган;

замонавий флотацион тизимлар ва жараёнларни моделлаштириш ва функционал тадқиқот қилиш методологияси ишлаб чиқилган бўлиб, улар асосида квази – аппарат флотацион қурилмаларининг бир ва кўп босқичларида технологик жараёнларни оптимал шароитларини ҳисоблаш усуллари яратилган;

флотацион қурилмада технологик жараёнлар боришининг оптимал шароитларини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган;

калийли ўғитлар ишлаб чиқаришдаги саноат қурилмасининг муҳандислик ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

калийли ўғит ишлаб чиқаришда тайёр маҳсулот чиқишини кўпайтириш имконини берувчи флотация қурилмаси такомиллаштирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги математик статистика усуллари, математик моделларнинг структуравий параметрик идентификацияси натижалари, моделлаштириш натижаларини таққослаш усуллари билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти технологик жараёнларни математик ва компьютерли моделлаштиришнинг назарий асосларини ишлаб чиқиш, ҳамда Тюбегатен конининг сільвинитлари – майдаланган рудалар флотациясининг мураккаб технологик жараёнларини оптимал параметрларини топиш усуллари ишлаб чиқиш учун тизимларни яратиш асосида калийли ўғит ишлаб чиқариш жараёни ва қурилмаларини оптималлаштириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти квази суюқлик (ярим суюқлик) тизим техник қарашлар, газ фазавий ва газ пүфакчалари, кўп босқичли математик ва компьютерли моделларни шакллантириш, флотацион қурилма ишлаши учун оптимал шароитни аниқлаш асосида флотацион бойитиш технологик жараёнларини ва қурилмаларини такомиллаштиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларини жорий этиш. Флотацион қурилмаларда ва компьютерли алгоритмларда флотацион бойитиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Тюбегатен конининг сильвинитли рудаларини флотацион бойитиш жараёнларини бориши учун ишлаб чиқилган оптимал шароитлар “Дехқонобод калий заводи” АЖнинг “2023-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати” га киритилган (“Дехқонобод калий завод” АЖнинг 2022 йил 08 июндаги 02-021/1520 - сонли маълумотномаси). Натижада, кўпикланиш қатлами тебраниш частотаси ва калий хлориднинг чиқаётган пульпадаги ва кўпик қатламидаги концентрациясининг четга чиқиш максимал амплитудаси камайтирилди, ҳамда кўпикли маҳсулотда калий хлорид конценцияси орттирилди, бу эса галитли чиқиндида калий хлорид миқдорининг 0,4% га камайтириш имконини беради;

флотацион бойитишнинг мукамаллаштирилган технологияси ва флотация жараёнларини математик моделлаштириш усулларини қўллаш орқали Тюбегатен конининг сильвинитларидан калий хлорид олиш технологияси “Дехқонобод калий заводи” АЖнинг “2023-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати” га киритилган (“Дехқонобод калий завод” АЖнинг 2022 йил 08 июндаги 02-021/1520 сонли маълумотномаси). Натижада, сильвинитлардан олинган калий хлориднинг тайёр маҳсулотда чиқиндини 3-5% га оширган ҳолда Тюбегатен кони сильвинитларидан калий хлорид флотацияси жараёнини автоматик бошқаришнинг мукамал тизимини ишлаб чиқиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари доклад кўринишида ифодаланган бўлиб, 4 та халқаро ва 1 та республика илмий-техник конференцияларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий ишлар чоп этилган. Шундан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий журналларида 7 та илмий мақола, жумладан 5 таси хорижий, 2 таси республика журналларида ҳамда 7 та дастурий маҳсулот учун гувоҳномалар (DGU) чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 112 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади, объекти ва вазифалари шакллантирилган, ҳамда тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги, амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти ёритиб берилган, тадқиқот натижаларининг ишлаб чиқаришга жорий этилиши тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **биринчи бобида “Технологик жараён ва қурилмалар назарияси ва амалиёти ҳозирги ҳолатининг таҳлили, калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотацияни моделлаштириш ва оптималлаштириш”** таҳлил қилинган. Илмий адабиётлардаги мавжуд бўлган жараён ва қурилмалар, калийли ўғитлар ишлаб чиқариш жараёнида флотация технологик жараёнининг моҳияти, калийли ўғит ишлаб чиқаришда сільвинитли рудалар флотацияси технологик схемалари ва флотацион қурилмалари, калийли рудалар флотацияси технологик жараёнини моделлаштириш ва оптималлаштиришнинг ҳозирги ҳолати, калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация технологик жараёни қурилмасини компьютерли моделлаштиришни мукамаллаштириш муаммоларининг қўйилганлигининг аналитик шарҳлари келтирилган.

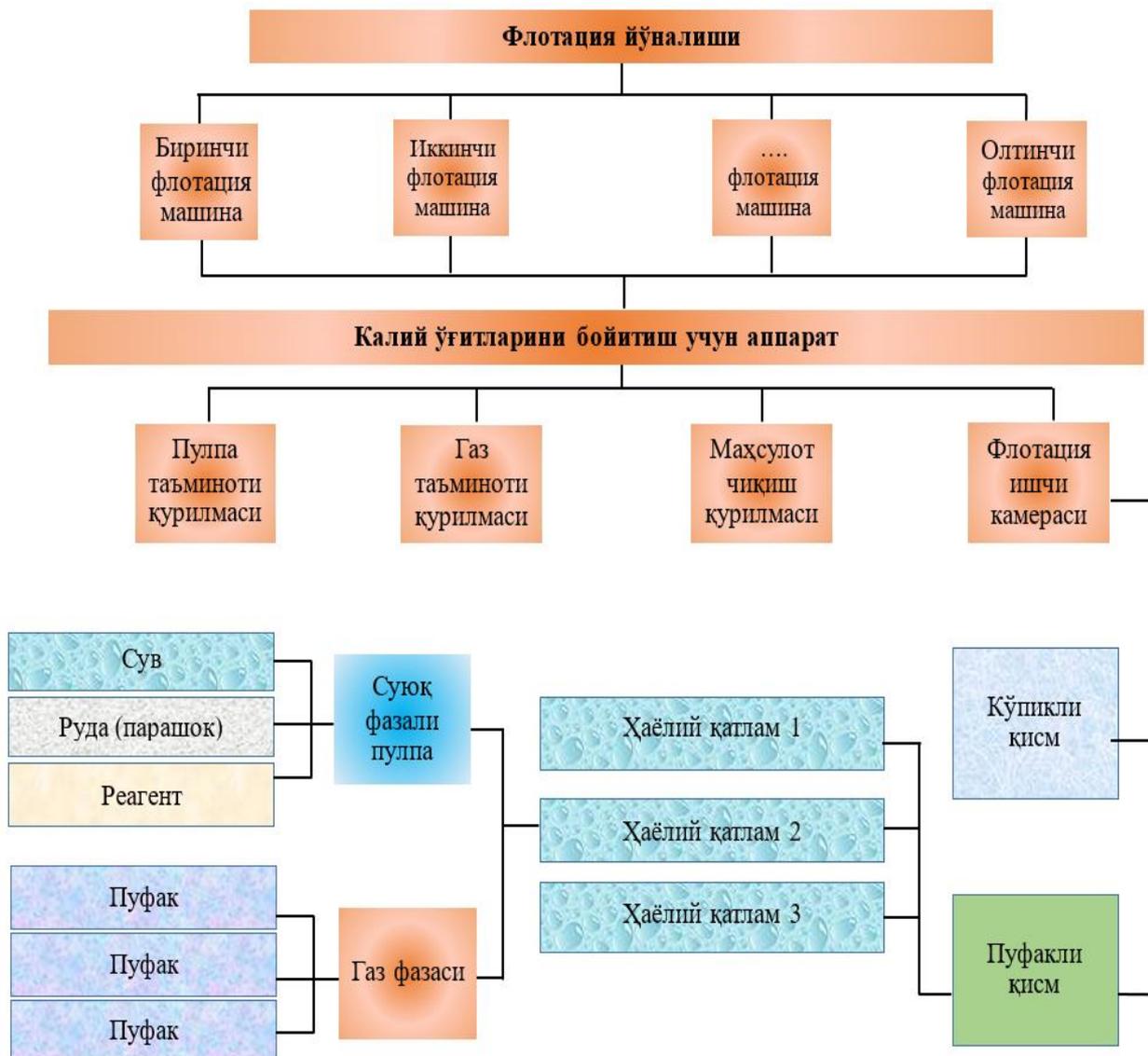
Калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация технологик қурилмалари оқимларининг тузилишини ва технологик режимларини, техник ҳолатини, ҳамда оқимларнинг ва технологик қурилмаларнинг физик ҳолатини бошқариш ва назорат қилиш вазифаларининг, режимларининг истиқболи ва зарурати кўрсатилган. Мавжуд бўлган маълумотлар таҳлили асосида ишнинг асосий мақсади ва вазифалари аниқлаб олинган.

Диссертациянинг **иккинчи боби “Флотация объектининг тизимли таҳлили, калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация технологик жараёнини компьютерли моделлаштиришни оптималлаштириш”** объектнинг, яъни флотацион қурилманинг тизимли таҳлилига бағишланган. Бу ерда иккита субстанциядан иборат бўлган объект кўриб чиқилган. Биринчиси объектнинг физик томони – бу тизим, бошқа таҳлил қилинаётган томони эса – бу тизимда борадиган жараён. Тизимли таҳлилнинг кўп босқичли усулидан муваффақиятли равишда фойдаланилган. Тадқиқотнинг бош тизими сифатида калийли руда флотацияси учун ишлатиладиган қурилмани кўриб чиқилган. Асосий базавий тизим сифатида барботажли (кўпикли) куб аниқланди – бу ишчи зона бўлиб, у элементлари олти иерархик босқичларга киритилган мос равишдаги элементларга бўлинган туб тизимлардан иборатдир. Кўп босқичли тизимли таҳлил муаллифга компьютерли моделларни, барботажли (кўпикли) зонада флотациянинг оптимал шароитини аниқлашни, тадқиқот қилинаётган объект бошқарув тизимини ишлаб чиқиш имконини берди.

Математик моделлаштириш масалалари идентификация-аналитик усул билан ҳал қилинган. Калийли руда – сільвинитлар флотацияси қурилмаси

бир қатор элементлардан ташкил топган тизим сифатида ўрганилган; флотацион қурилма элементларида борадиган жараёнлар ва ҳодисалар кўриб чиқилган ва таҳлил қилинган.

Тизимли фикрлаш асосида калийли руда флотацияси линияси таҳлили тизимли ёндашув асосида амалга оширилган (1-расм). Калийли руда флотацияси қурилмасини бир қатор элементлардан ташкил топган объект сифатида ўрганилган. Флотацион қурилма элементларида борадиган жараёнлар ва ҳодисаларни таҳлил қилинган.



1-расм. Калийли ўғитни бойитиш учун флотацион қурилманинг иерархик тизими

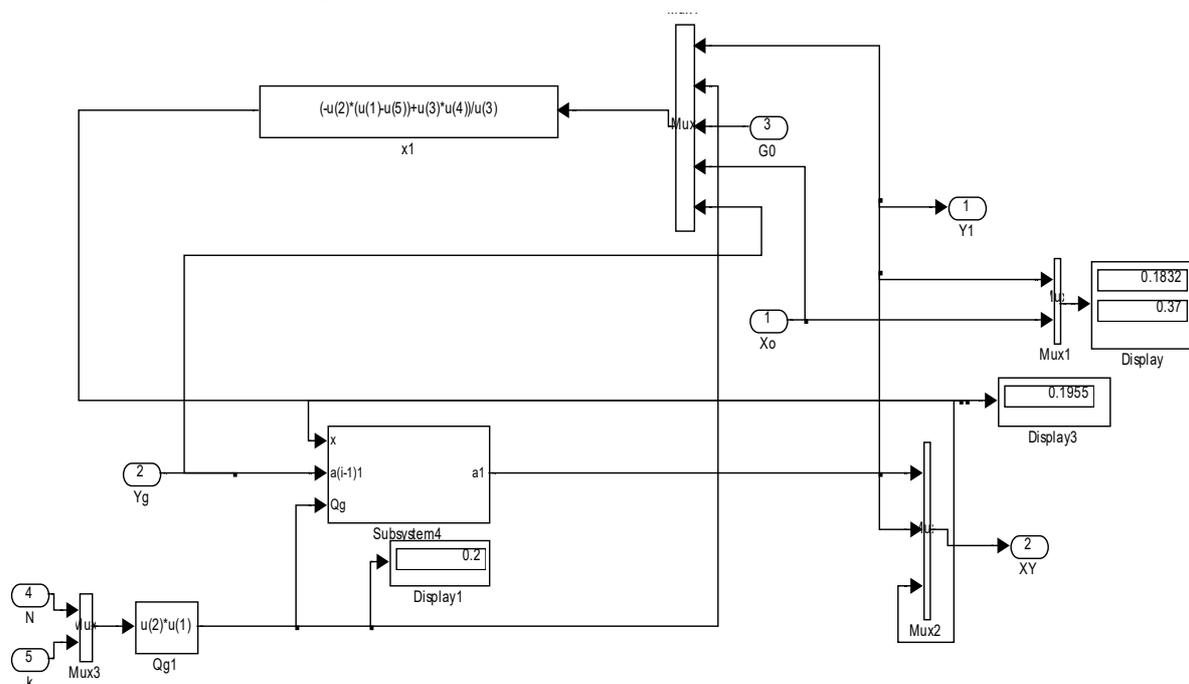
Сильвинит рудаларини бойитишда калий хлорид селектив флотацияси кўп квази қатламли қурилмаси объектининг кўп босқичли таҳлилида тизимли фикрлаш усули кўрсатилган. Объектларнинг аналитик-тажрибавий математик ва компьютерли моделларини тузишнинг кўп босқичли усули таклиф этилган.

Калийли ўғитлар флотацион жараёнини учинчи квази объектларини, сўнг иккинчи иерархик босқичларининг компьютерли моделларини кетма-

кет бирлаштириш асосида математик ва компьютерли моделларини тузиш усули ишлаб чиқилган. Флотация қурилмасидаги калийли компонентлар концентрациясининг вақт бўйича ўзгариши кўрсатилган. У суюқ фазада ҳам, газ фазасида ҳам гиперболик характерга эга.

Калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация технологик жараёнини оптималлаштиришнинг интеллектуал усули ва математик, компьютерли моделини тузиш усули ишлаб чиқилган. Квази қурилмалар жараёнларининг модели асосида калий хлорид флотацион қурилмасининг барботажли (кўпикли) кубини компьютерли модели олинган. Қуйидаги параметрлар – калий хлориднинг газ фазасидаги мувозанат концентрацияси, калий хлориднинг суюқ фазадаги концентрацияси, суюқ фазадаги концентрациянинг бошланғич қийматлари кўриб чиқилган.

Калий хлорид селектив флотацияси бир квази қурилмаси жараёнининг математик моделини MATLAB компьютерли дастурида акс эттирилиши чиқиш параметрларининг, хусусан, калийли тузларнинг суюқ ва газ фазаларидаги концентрацияларининг ўзгаришини кўриш имконини беради, буларнинг компьютерли модели 2-расмда келтирилган.

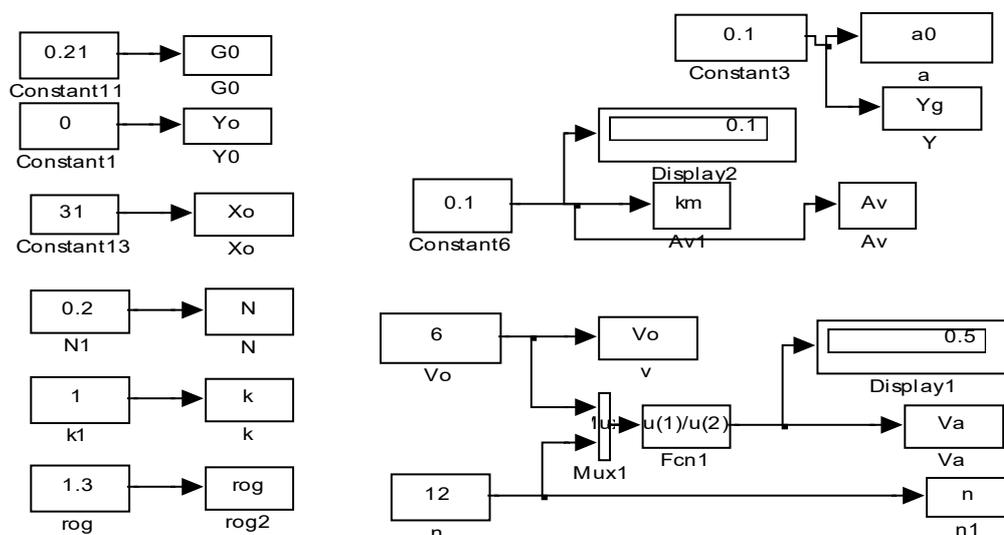


2-расм. Сильвинитли рудаларни бойитишда калийли тузлар селектив флотацияси жараёнининг бир квази қатламли компьютерли модели

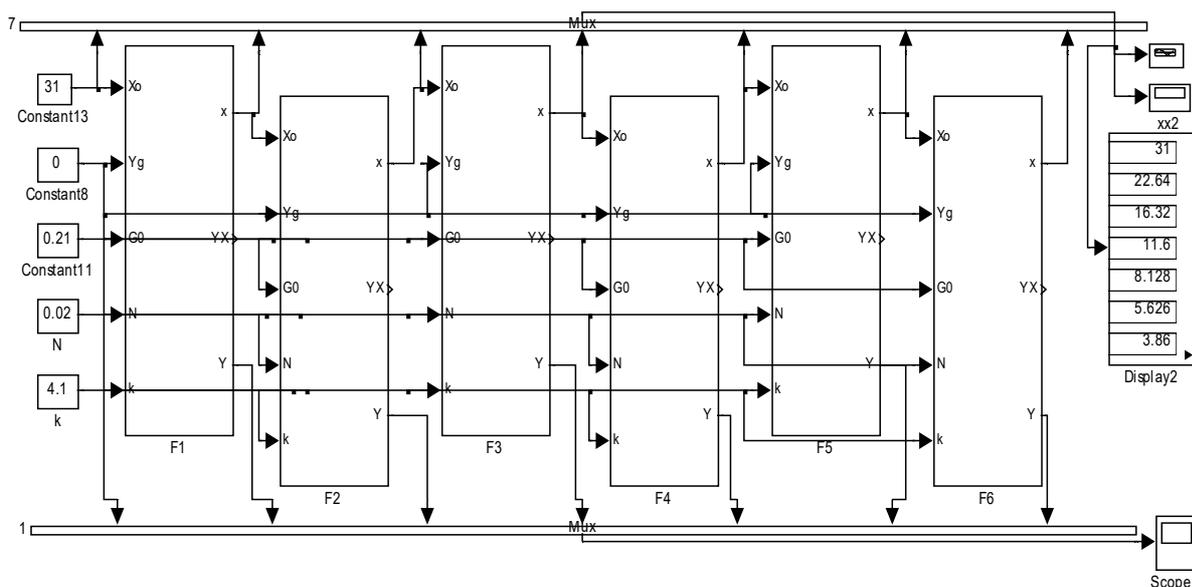
Битта флотацион қурилманинг сарфи 350-650 м³/соат дан келиб чиққан холда, сильвинитли рудаларни бойитишда калийли тузларнинг селектив флотацияси бир квази қатламли қурилмаси жараёнининг бошланғич маълумотларини киритиш орқали MATLAB амалий дастурида компьютерли модел тузилган (3-расм).

Бу ерда барботажли (кўпикли) қатламда ҳавонинг сарфига таъсир этиш орқали жараённи бошқаришни амалга ошириш режалаштирилган. Аналогик ҳолда MATLAB компьютерли дастурида акс эттирилиши орқали калийли тузлар селектив флотацияси олти корпусли қурилмасининг ўнта

ва ўн иккита квази қурилмали жараёнининг математик моделида тажрибалар ўтказилган ва тузилган (4-расм), ва параметрлар бошланғич шартларининг компьютерли кўриниши берилган.



3-расм. Флотация жараёнида олти корпусли қурилмага киритиладиган дастлабки маълумотлар



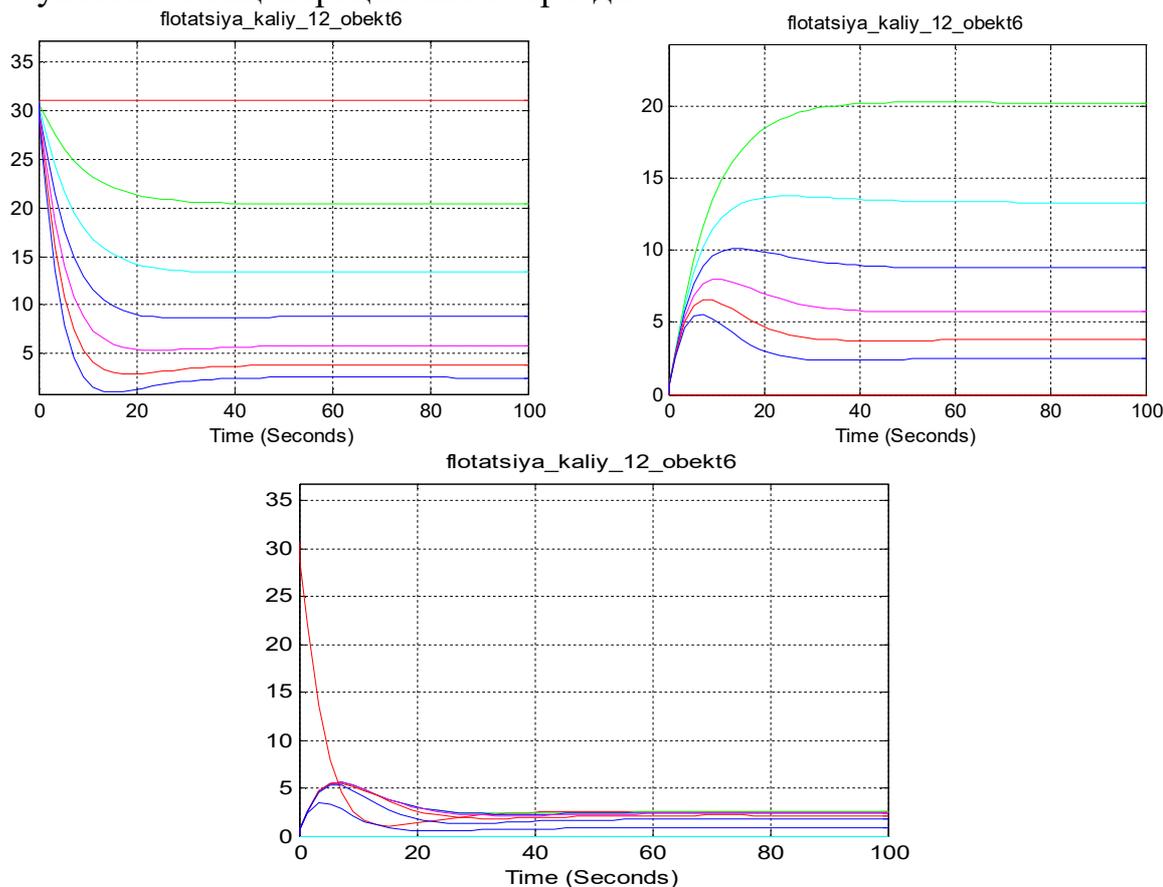
4-расм. Олти корпусли флотацион қурилмали жараёнларнинг компьютерли моделлари

Барботажли (кўпикли) кубнинг ишлаши учун жараённинг компьютерли модели ёрдамида олинган ўтиш жараёнлари 5-расмда келтирилган.

Биринчи расмда калий хлорид концентрациясининг суюқ фазадаги ҳар бир қурилмадан кейинги ўзгаришини, иккинчи расмда калий хлорид концентрациясининг газ фазасидаги ҳар бир қурилмадан кейинги ўзгаришини, учинчи расмда эса калий хлорид концентрациясининг суюқ ва газ фазаларидаги олтинчи қурилмадан кейинги ўзгаришини кўрсатилган.

Олиб борилган тажрибалар флотацион қурилмаларда борадиган жараён барқарор бўлишини кўрсатди. Чиқиш параметрлари, хусусан, суюқ фазадаги

калийли тузлар концентрацияси бошланғич қийматдан камаяди, газ фазасида эса мувозанат концентрациясигача ортади.



5-расм. Калий хлорид концентрациясининг ҳар бир қурилмадан кейинги суюқ ва газ фазаларидаги, ҳамда олтинчи қурилмадан кейинги суюқ ва газ фазаларидаги ўзгариши

Калийли тузлар концентрациясининг пульпада 31,0% дан 2.6% гача камайиши ва унинг газ фазаси ва кўпикли қатламда 0% дан мувозанат концентрациясигача ортиши кўрсатилган. Импеллерлар айланишлар сонининг ортиши ҳам барботаж (кўпикли) қатламда ҳаво сарфининг ортишига олиб келади. Бу электродвигател ($N = 10 - 30$ кВт) га узатилувчи электроэнергия орқали акс этади.

Диссертациянинг учинчи боби “Тажрибавий қисм. Калийли ўғит ишлаб чиқаришда флотация жараёнининг тадқиқоти бўйича тажрибалар” да флотациянинг тажрибавий қурилмаси ва сильвинитдан калий хлорид ишлаб чиқариш технологик схемасининг тавсифи, характеристиканинг тадқиқоти ва тажрибалар ўтказиш усуллари келтирилган.

Тадқиқот объекти сифатида Қашқадарё вилояти, Дехқонобод туманида жойлашган Тюбегатен конининг сильвинитларидан фойдаланилган. Дастлабки сильвинит рудасини қазиб олиш қуввати йилига 2100 тоннани, “Дехқонобод калий заводи” АЖнинг калийли ўғитлар йиллик қуввати эса – йилига 600 минг тоннани ташкил этади. Маҳсулотнинг сифати жорий ГОСТ 4568-95 “Калий хлорид. Техник шарт” га мос келади. КСнинг майда, 1-навли маркази ишлаб чиқарилади. Ўзбекистон ҳудудидаги Тюбегатен

конининг калийли тузлар захираси: (A+B+C₁) категорияси – KCl - 35,95% миқдори билан 215278 минг тонна, C₂ категорияси – KCl - 35,39% миқдори билан 60923 минг тонна. Дастлабки рудаларни қайта ишлов берувчи “Дехқонобод калий заводи” АЖга автотранспорт билан олиб борилади.

Тадқиқот ишларида таркиби (масс. %): KCl – 23,20-30,40; NaCl – 63,92-69,27; CaSO₄ – 1,10-1,74; MgCl₂ – 0,95-1,09; эримайдиган қолдиқ (э.қ.) - 3,25-4,95 бўлган Тюбегатен конининг сильвинитларидан фойдаланилган. Бойитиш технологияси ва Тюбегатен конининг паст навли сильвинитларини флотацион KClга қайта ишлов бериш бўйича тадқиқотларни олиб бориш учун турли таркибдаги KCl ва э.қ. ли сильвинит намуналаридан 100 кг дан ажратиб олинган, уларнинг кимёвий таркиби 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Тюбегатен кони сильвинитларининг кимёвий таркиби

Намуна	KCl, %	NaCl, %	CaSO ₄ , %	MgCl ₂ , %	э.қ., %	W, %
1	30,4	63,92	1,32	0,55	3,25	0,56
2	25,0	67,56	1,74	1,09	4,00	0,61
3	23,2	69,27	1,10	0,90	4,95	0,58

2-жадвалда эримайдиган қолдиқ ва KCl нинг лойихада келтирилган йириклик фракциялари бўйича тақсимланиши келтирилган.

2-жадвал

Фракция миқдори - 0.15 мм ~ 47% бўлганда, Тюбегатен майдаланган рудаларининг йириклик фракциялари бўйича эримайдиган қолдиқ ва KCl нинг тақсимланиши

Йириклик фракциялари, мм	Чиқиши %	қ.ф. даги миқдори, %		Фракцияда э.қ.нинг таркиби -0,15 Фракцияда э.қ.нинг таркиби +0,15 мм	Қазиб олиш, %	
		KCl	э.қ.		KCl	э.қ.
+ 0,300	52,37	30,13	1,24	4,22	49,75	17,87
- 0,300 ÷ +0,150	14,90	36,05	3,63		16,94	14,88
- 0,150 ÷ +0	32,73	32,28	7,47		33,31	67,25
- 0,150 ÷ +0,074	18,76	35,85	3,73		21,21	19,25
Итого	100,00	31,71	3,63		100,00	100,00

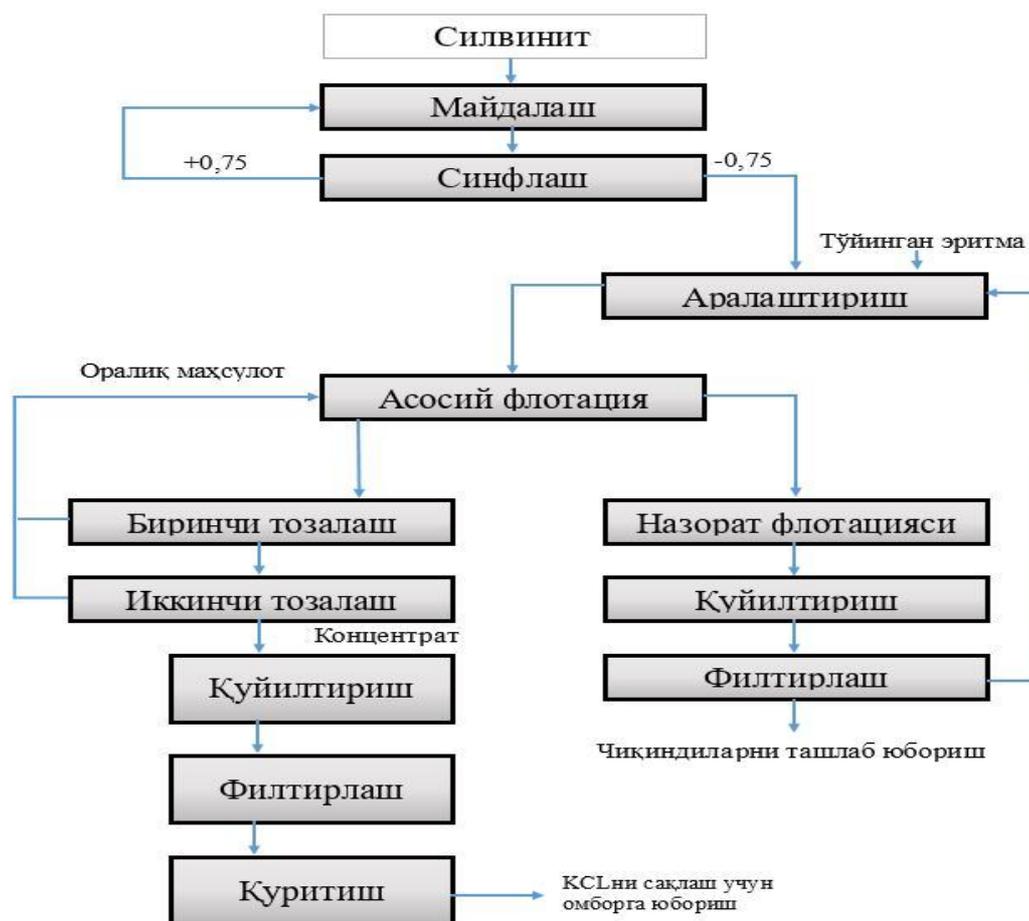
Ишлаб чиқаришда Тюбегатен конининг сильвинитлари асосида KCl олиш технологияси асосан қуйидаги босқичлардан иборат:

1. Тюбегатен конининг сильвинитларини майдалаш;
2. Майдаланган сильвинитли рудаларни шламлардан тозалаш;
3. Калий хлоридни ажратиб олиш учун реактивларни аралаштириш;
4. Калий хлорид флотацияси;
5. Тайёр маҳсулотни қадоқлаш ва сақлаш.

6-расмда Тюбегатен конининг сильвинитларидан KClни флотацион усул билан ишлаб чиқаришнинг принципиал блок-схемаси келтирилган.

Ҳозирги вақтда “Дехқонобод калий заводи” АЖда Тيوبегатен конининг сільвинитлари асосида флотацион КСІ олишнинг мавжуд технологиялари модернизациялашни, такомиллаштиришни ва маҳсулот чиқишини орттириш мақсадида моделлаштиришни, пастроқ навли сільвинитларни қўшишни, энергетик харажатларни камайтиришни ва ҳ.к. ларни талаб этади.

Булардан келиб чиққан ҳолда, бизнинг фикримизча, флотацион қурилмаларни моделлаштиришни тадқиқот қилиш энг долзарб масала ҳисобланиб, бу жараён сільвинитлардан калий хлоридни флотацион усул билан олишда асосий ва лимитловчи босқич бўлиб хизмат қилади.



6-расм. Флотацион усулда калий хлорид ишлаб чиқаришнинг принципиал блок-схемаси

Дастлаб, КСІ кучсиз эритмасининг жараёни атмосфера босими остида тадқиқот қилинган, натижалар эса 3-жадвалда келтирилган.

Тажрибалар ҳавонинг қуйидаги, “Дехқонобод калий заводи” АЖнинг шароитларига яқин бўлган физик параметрларида олиб борилди:

Ҳавонинг сарфи: ҳавонинг ўтказувчанлик хусусияти $12,6/2 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ гача;

Калий хлориднинг чиқишдаги концентрацияси ($5.9 \gg 3.5$) 2,0-3.5 %

G, т/с – сільвинит суспензияси сарфи $12,6 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,21 \text{ м}^3/\text{с} = 0.21 \text{ т/с}$;

G_г, м³/с – газнинг - ҳавонинг бошланғич сарфи $12,6/2 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ гача;

C_n, % - КСІ эритмасининг бошланғич концентрацияси 28-31%;

Ҳавонинг бошланғич температураси 25-30⁰С;

Қурилмадаги қолдиқ босим 99-100 кПа

Дехқонободдаги ўртача босим -730 мм сим.ус.

Тажрибалардан олинган маълумотлар 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Флотацион калий хлорид олиш билан сильвинит суспензиясининг флотацияси бўйича тажрибавий кўрсаткичлар

№	G т/с	Gг м ³ /с	C _n %	K	C ₁ %	C ₂ %	C ₃ %	C ₄ %	C ₅ %	C ₆ %	C _p /C _э
1	0,21	0,082	31	0,05	23,9	18,3	13,5	9,6	6,5	4	C _p %
	0,21	0,083	31	0,05	23,8	18,5	13,7	9,6	6,6	4,1	C _э %
2	0,21	0,092	31	0,05	23,4	17,1	12,1	8,1	5,1	2,7	C _p %
	0,21	0,094	31	0,05	23,6	17,1	12,3	8,4	5,0	2,8	C _э %
3	0,21	0,092	29	0,05	21,84	16,01	11,33	7,62	4,73	2,53	C _p %
	0,21	0,092	29	0,05	21,8	16,03	11,2	7,5	4,8	2,5	C _э %
4	0,21	0,092	29	0,045	22,14	16,47	11,83	8,09	5,11	2,78	C _p %
	0,21	0,092	29	0,045	22,1	16,5	11,9	8,0	5,2	2,9	C _э %
5	0,21	0,092	29	0,04	22,5	17,03	12,47	8,72	5,66	3,21	C _p %
	0,21	0,092	29	0,04	22,6	17,1	12,4	8,6	5,6	3,3	C _э %
6	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,9	12,35	8,64	5,65	3,28	C _p %
	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,8	12,3	8,6	5,5	3,2	C _э %
7	0,22	0,1	29	0,045	21,93	16,13	11,42	7,65	4,68	2,4	C _p %
	0,22	0,1	29	0,045	21,9	16,2	11,3	7,6	4,7	2,4	C _э %
8	0,26	0,1	29	0,045	21,79	15,97	11,32	7,67	4,85	2,73	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	21,7	15,9	11,4	7,6	4,9	2,7	C _э %
9	0,26	0,1	29	0,045	22,85	17,65	13,28	9,64	6,66	4,23	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	22,8	17,74	13,2	9,52	6,71	4,21	C _э %
10	0,26	0,11	29	0,055	22,33	16,83	12,35	8,75	5,88	3,65	C _p %
	0,26	0,11	29	0,055	22,3	16,9	12,3	8,7	5,9	3,7	C _э %
11	0,26	0,12	29	0,055	21,27	15,15	10,37	6,71	3,97	1,98	C _p %
	0,26	0,12	29	0,055	21,7	15,3	10,3	6,7	3,9	2,1	C _э %

4-жадвалдан кўришиб турибдики:

$$\sum \Delta C^2 = 0,18333+0,31667+0,068333+0,073333+0,085+0,07+0,048333$$

$$+0,065 +0,068333+0,045+0,071667=1,679999$$

Биринчи тажриба бўйича хулосалар:

Тажрибалар таҳлили кўрсаткичларнинг ҳақиқий қийматлардан четга чиқиш хатолиги 2,2 % ни ташкил этишини кўрсатмоқда, яъни:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta C^2}{n}} * 100 = \sqrt{\frac{1,679999}{3300}} * 100 = 0,022 * 100\% = 2,2\%$$

бу ерда: n-ўлчамлар (тажрибалар) сони.

Тажрибалар натижалари ва уларнинг мавжуд бўлган флотацион қурилмада берилган сарфдаги калий хлориднинг кенг қамровли таҳлили шуни кўрсатдики, ҳақиқий кўрсаткичлардан четга чиқиш ўртача статистик хатолиги қуйидагини ташкил этади:

$$\sqrt{\frac{\sum \Delta C^2}{n}} = 2,2 \%$$

Бунда корпуснинг биринчи ва кейинги чанлари учун тажрибавий эгри чизиқлар олинди (5-расм).

$$\text{Summa} = 0,022 \quad \sigma = 0,0265$$

Тажрибалар натижалари ва уларнинг тавсия этилган режимдаги флотацион қурилмада берилган сарфдаги калий хлоридли суспензиянинг кенг қамровли таҳлили шуни кўрсатдики, ҳақиқий кўрсаткичлардан четга чиқиш ўртача статистик хатолиги қуйидагини ташкил этади:

$$\sqrt{\frac{\sum \Delta C^2}{n}} = 2,65 \%$$

4-жадвал

Тажрибавий кўрсаткичларнинг ҳисоби

№	G т/с	G _г м ³ /с	C _n %	K	C ₁ %	C ₂ %	C ₃ %	C ₄ %	C ₅ %	C ₆ %	C _p /C ₃
1	0,21	0,082	31	0,05	23,9	18,1	13,3	9,6	6,5	4	C _p %
	0,21	0,083	31	0,05	23,8	18,5	13,7	9,6	6,6	4,1	C ₃ %
					0,1	0,4	0,4	0	0,1	0,1	0,18333
2	0,21	0,092	31	0,05	23,2	17,3	12,1	8,1	5,2	2,9	C _p %
	0,21	0,094	31	0,05	23,6	17,1	12,5	8,6	5,0	2,7	C ₃ %
					0,4	0,2	0,4	0,5	0,2	0,2	0,31667
3	0,21	0,092	29	0,05	21,84	16,01	11,33	7,62	4,73	2,53	C _p %
	0,21	0,092	29	0,05	21,8	16,03	11,2	7,5	4,8	2,5	C ₃ %
					0,04	0,02	0,13	0,12	0,07	0,03	0,068333
4	0,21	0,092	29	0,045	22,14	16,47	11,83	8,09	5,11	2,78	C _p %
	0,21	0,092	29	0,045	22,1	16,5	11,9	8,0	5,2	2,9	C ₃ %
					0,04	0,03	0,07	0,09	0,09	0,12	0,073333
5	0,21	0,092	29	0,04	22,5	17,03	12,47	8,72	5,66	3,21	C _p %
	0,21	0,092	29	0,04	22,6	17,1	12,4	8,6	5,6	3,3	C ₃ %
					0,1	0,07	0,07	0,12	0,06	0,09	0,085
6	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,9	12,35	8,64	5,65	3,28	C _p %
	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,8	12,3	8,6	5,5	3,2	C ₃ %
					0	0,1	0,05	0,04	0,15	0,08	0,07
7	0,22	0,1	29	0,045	21,93	16,13	11,42	7,65	4,68	2,4	C _p %
	0,22	0,1	29	0,045	21,9	16,2	11,3	7,6	4,7	2,4	C ₃ %
					0,03	0,07	0,12	0,05	0,02	0	0,048333
8	0,26	0,1	29	0,045	21,79	15,97	11,32	7,67	4,85	2,73	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	21,7	15,9	11,4	7,6	4,9	2,7	C ₃ %
					0,09	0,07	0,08	0,07	0,05	0,03	0,065
9	0,26	0,1	29	0,045	22,85	17,65	13,28	9,64	6,66	4,23	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	22,8	17,74	13,2	9,52	6,71	4,21	C ₃ %
					0,05	0,09	0,08	0,12	0,05	0,02	0,068333
10	0,26	0,11	29	0,055	22,33	16,83	12,35	8,75	5,88	3,65	C _p %
	0,26	0,11	29	0,055	22,3	16,9	12,3	8,7	5,9	3,7	C ₃ %
					0,03	0,07	0,05	0,05	0,02	0,05	0,045
11	0,26	0,12	29	0,055	21,27	15,15	10,37	6,71	3,97	1,98	C _p %
	0,26	0,12	29	0,055	21,26	15,3	10,3	6,7	3,9	2,1	C ₃ %
					0,01	0,15	0,07	0,01	0,07	0,12	0,071667

Тажрибани режалаштириш ва калийли ўғитлар ишлаб чиқаришда KCl концентрацияси ўзгаришининг флотация қурилмаси ва кириш параметрларидан тажрибавий боғлиқлигини олиш амалга оширилган. Мавжуд бўлган режим ва тавсия этилган шароитлар учун тажрибавий қурилмада калийли компонентларнинг флотация тажрибалари ўтказилган. Тажриба натижаларининг калийли рудани тажрибавий қурилмада бойитишни компьютерли моделлаштиришнинг мослигини аниқлаш билан солиштирилиши 95% дан ортиқ мосликни кўрсатган.

Калийли рудани бойитиш учун флотацион қурилма параметрларининг ўзгариши

№	G т/с	G _г м ³ /с	C _n %	C _p	C _э	C _p -C _э	(C _p -C _э) ²
1	0,21	0,11	31	1,65	1,7	-0,05	0,0025
2	0,21	0,1	31	2,09	2	0,09	0,0081
3	0,21	0,1	29	1,93	1,99	-0,06	0,0036
4	0,21	0,11	29	1,56	1,51	0,05	0,0025
5	0,21	0,092	29	2,31	2,3	0,01	0,0001
6	0,22	0,1	29	2,14	2,1	0,04	0,0016
7	0,26	0,1	29	3,02	3,01	0,01	0,0001
8	0,24	0,1	29	2,57	2,6	-0,03	0,0009
9	0,26	0,11	29	2,53	2,5	0,03	0,0009
10	0,26	0,12	29	2,15	2,1	0,05	0,0025
11	0,26	0,14	29	1,55	1,5	0,05	0,0025
12	0,24	0,12	29	1,76	1,7	0,06	0,0036

Диссертациянинг тўртинчи боби “Калийли ўғит ишлаб чиқаришда компонентларнинг флотацияси бўйича амалий тавсиялар”да калийли ўғитларни ишлаб чиқишда флотация жараёни ва қурилмалари муҳандислик ҳисобининг тадқиқоти натижалари келтирилган.

Кўп босқичли тизимли таҳлил усулидан фойдаланган ҳолда, ушбу илмий-тадқиқот ишини бажариш натижасида бир квази қурилмада, ҳамда объектни олти қурилмали кўринишида жараёнларни кўриб чиқишни ҳисобга олган ҳолда калийли ўғитлар ишлаб чиқаришда флотация жараёни динамикасининг математик ва компьютерли моделлари олинган. Аналитик моделлаштириш усуллари қўллаш, объектнинг ишончли моделларини шакллантириш имконини берган. Бу эса ўз навбатида Тюбегатен конининг сильвинитларидан КСІ флотацияси жараёнини олиб боришнинг такомиллашган шароитларини ишлаб чиқишга ёрдам беради. Оптимал параметрларни жорий этиш системадаги қайта бошқариш миқдорини камайишига, чиқаётган суспензиядаги ва кўпикли қатламдаги КСІ – компонентлар концентрациясининг четга чиқиш максимал амплитудасини камайишига, флотацион қурилманинг чиқиш параметрларини тебранишлар частотасини камайишига ёрдам беради. Бажарилган ишлар асосида флотацион қолдиқда, яъни галитли чиқиндида хом ашё ва КСІнинг йўқотилиши камаяди.

Технологик регламентда тавсия этилган режимда флотацион қурилмасида КСІ эритмасининг берилган сарфдаги тажрибалар натижалари шуни кўрсатдики, унинг ўртача статистик концентрацияси 2,9% ни ташкил этади. Янги режимда эса КСІнинг ўртача статистик концентрацияси 2,1-2,5% ни ташкил этади. Кўриниб турибдики, янги режим минимум 0,4% КСІни тежашга ёрдам беради ва бу 0,0504 т/соат=1,2 т/сутка=399,5 т/йил ни ташкил этади.

Флотация жараёнида кириш ва чиқиш параметрларини оптималлаштириш ва моделлаштириш натижасида КСІ нинг тайёр

маҳсулотга чиқиши ортади ва КСІнинг галитли чиқиндидаги миқдори камида 0,4% га камаяди. Бунда, фақатгина 1-навбатдаги флотацион КСІ ишлаб чиқаришдан ҳар йилги тежам нархи 1316700 минг сўм бўлган 399,5 тонна КСІни ташкил этади. Флотация давомида тадқиқот натижаларидан фойдаланиш иқтисодий самарадорликни кўрсатди.

Шундай қилиб, КСІ ишлаб чиқариш 1-навбатидаги флотацион қурилмаларини моделлаштириш бўйича олиб борилган синовлар флотацион қурилма кириш ва чиқиш параметрларини оптималлаштириш йўли билан Тюбегатен конининг сильвинитли рудалари флотацияси жараёнини самарадорлигини ошириш имконини кўрсатди, бир вақтда КСІнинг галитли чиқиндига чиқишини камайиши, тайёр маҳсулотга чиқишининг ортиши ишлаб чиқариш иқтисодий самарадорлигини ортишини кўрсатди.

ХУЛОСА

1. Тизимли фикрлаш усули асосида сильвинитли рудаларни бойитишда калийли тузларни селектив флотацияси технологик қурилмасини кўп босқичли таҳлили амалга оширилган.

2. Сильвинитли рудаларидан КСІ флотацияси жараёнининг аналитик-тажрибавий математик ва компьютерли моделларини кўп босқичли тузиш усули ишлаб чиқилган.

3. Флотация қурилмасида калийли компонентлар концентрациясининг вақт бўйича ўзгариши кўрсатилган. У суюқ фазада ҳам, газ фазасида ҳам гиперболик характерга эга.

4. Параметрлар ўзгаришининг кетма-кетлиги ва ўзаро боғлиқлиги аниқланган. Объектнинг компьютерли модели келтирилган, пульпада калийли тузларнинг концентрацияси 29-31% дан 2,4 – 2,8% гача камайиши ва унинг газ фазаси, ҳамда кўпикли қатламда 0% дан мувозанат концентрациясигача ортиши кўрсатилган.

5. Методика тавсия этилган ва сильвинитли рудалар флотация жараёнини компьютерли модели ёрдамида калий хлорид компонентларининг флотацияси технологик қурилмасида тасодифий қидирувга йўналтирилган усулни қўллашдаги оптимал кўрсаткичлар ҳисоби қилинган.

6. Технологик регламентдаги режимда флотацион қурилмасида калий хлорид эритмасининг берилган сарфдаги тажрибалар натижалари шуни кўрсатдики, унинг ўртача статистик концентрацияси галитли чиқиндида 2,9% ни ташкил этди. Янги режимда галитли чиқиндидаги КСІнинг ўртача статистик концентрацияси 2,1%ни, яъни 0,8% кам бўлиши аниқланди.

7. Илмий тадқиқот натижалари жорий этилишининг иқтисодий самарадорлиги кўрсатилган. Кўриниб турибдики, янги режим қурилмадан чиқаётган суспензиядаги калий хлориднинг улушини 0,4% га ортиши имконини берди ва бу йилига 399,5 тонна калий хлорид ёки 1,36 млрд. сўмни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 03/28.02.2022.Т.101.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ БУХАРСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТИ**

ИСАКОВ АБРОР ФАХРИДДИНОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ПОДХОДОМ
ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАЛИЙНОГО
УДОБРЕНИЯ**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химической технологии
и пищевых производств**

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

Бухара - 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2020.4.PhD/T1927

Диссертационная работа выполнена в Навоийском государственном педагогическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)), размещен на веб-странице института научного совета по адресу (www.bmti.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyounet» www.ziyounet.uz.

Научный руководитель:	Насирова Шаира Нармурадовна доктор технических наук (DSc), профессор
Официальные оппоненты:	Қурбанов Жамшед Маджидович доктор технических наук, профессор Худойбердиева Назора Шарофовна доктор философии в технических наук (PhD), доцент
Ведущая организация:	Наманганский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится « 04 » август 2023 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/28.02.2022.T.101.01 при Бухарском инженерно-технологическом институте по адресу: 200117, г Бухара, ул. К. Муртазоева, дом - 15. Тел.: (99865) 223-78-84, факс: (99865) 223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Бухарского инженерно-технологического института (зарегистрировано под №438). (Адрес: 200117, г Бухара, ул. К. Муртазоева, дом 15. Тел.: (99865) 223-78-84.

Автореферат диссертации разослан « 21 » июль 2023 года
(реестр протокола рассылки №24 от « 14 » июль 2023 года

С.Ф.Фозилов

Заместитель председателя научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Р.Р. Хайитов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., ст.науч.сот.

И.Б. Исабаев

Председатель научного семинара при научном
совете по присвоению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации (PhD) доктора философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировом производстве научно-исследовательские работы в области обрабатывающей промышленности, моделирования и оптимизации технологических процессов в условиях современного научно-технического прогресса позволили отрасли повысить производительность за счет снижения энергопотребления и повышения качества продукции благодаря широкому использованию современных технологий при создании высокопроизводительного, надежного и экономически эффективного технологического оборудования. В то же время поиск оптимальных решений для технологических процессов на практике является одним из основных направлений технического развития, ориентированного на повышение производительности, улучшение качества продукции, снижение затрат, облегчение условий труда и защиту окружающей среды.

В мире ведутся научные исследования по разработке научных основ, направленных на совершенствование технологических автоматизированных компьютерных систем процессов и устройств, основанных на системном мышлении и анализе. В связи с этим особое внимание уделяется эффективному управлению составом технологических процессов флотации калийных руд, контролю концентрации ценных компонентов и снижению их в отходах, эффективной работе флотационной системы, снижению энергозатрат, а также снижению содержания вредных веществ в технологических средах до минимального уровня.

В республике была проделана определенная работа по сокращению потребления энергии и обеспечению высокой эффективности производства и повышения производительности технологического оборудования и устройств на основе высокоэффективных технологий для производства и управления системами. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы отмечены важные задачи, направленные на «...продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и роста объема производства промышленной продукции в 1,4 раза»¹. В данном аспекте приобретает особое значение, в частности, совершенствование технологии, обогащение существующих полезных ископаемых, использование нового, более эффективного технологического оборудования, а также создание и применение экологически безопасных методов извлечения руд и других технологических процессов флотации калийных руд.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года ПФ-60 "О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы"

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

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

Степень изученности проблемы. Исследования в области усовершенствования флотационных аппаратов обогатительных фабрик на основе компьютерной алгоритмизации технологических проектов проводили ряд ученых и специалистов. Исследования в области усовершенствования флотационных аппаратов обогатительных фабрик на основе компьютерной алгоритмизации технологических проектов проводили Михайлов А.П., Козин В.З., Дащенко А.И., Сорокер Л.В., Хмаро В.В., Некрасов Б.Д., Гапонов Г.А., Колтунова Л.Н., Барченков В.В., Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф., Гулямов Ш.М., Артиков А.А., Баракаев Н.Р., Санакулов К.С., Насирова Ш.Н. и другие. Ими разработаны оптимальные технологические процессы флотации в рудных концентраторах; выявлены условия для оптимального управления; созданы реагенты для улучшения прилипания частиц ценных компонентов к пузырькам газа; реализованы улучшенные статические и динамические характеристики аппаратов; построены модели флотационных устройств; математические модели технологических процессов флотации калийных руд и методы совершенствования оборудования и самой технологии.

Наряду с вышеизложенным, проводятся научно исследовательские работы для повышения эффективности технологических процессов флотации калийных руд в горно-металлургической промышленности путем компьютерной алгоритмизации технологических процессов: выработать научно-обоснованную методологию синтеза сложных технических и технологических систем флотационного оборудования для обогащения технологических процессов флотации калийных руд путем многоступенчатого анализа на основе системного мышления и подхода; определить для флотационного аппарата оптимальные методы переноса ценных компонентов из пульпы в газовую фазу; формализовать методы аналитической идентификации и теоретико-аналитического компьютерного моделирования объектов флотационного комплекса; создать методы расчета оптимальных параметров технологических процессов в одно- и многостадийных флотационных устройствах; определить оптимальные потоки материалов в технологических системах флотационного

комплекса; разработать методы совершенствования технологических процессов и аппаратов флотации.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование проводилось в рамках планов научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий по прикладным проектам № БВ-Ф4-024 по теме «Развитие системного мышления и анализа, моделирования и поиска оптимальных систем, в частности, в инженерной технологии» (2017-2019 гг.), а также по инновационному проекту № ИЗ-20170929673 по теме «Усовершенствование и интенсификация технологии производства флотационного хлористого калия из низкосортных сильвинитов Тюбегетанского месторождения» (2018-2019 гг.).

Целью исследования является совершенствование интеллектуальным подходом процесса флотации в производстве калийного удобрения.

Задачи исследования:

анализ современного состояния теории и практики технологических процессов и аппаратов, моделирования и оптимизации флотации в производстве калийного удобрения;

системное мышление в анализе объекта флотации в производстве калийного удобрения;

построение математической и компьютерной модели флотации в производстве калийного удобрения;

разработка интеллектуального метода оптимизации и определения технологического процесса флотации в производстве калийного удобрения;

планирование и проведение экспериментов на установке флотации в производстве калийного удобрения;

разработка инженерной методики расчета промышленного аппарата в производстве калийного удобрения.

Объектом исследования являются флотационные установки, технологические процессы и усовершенствованные технологические аппараты в производстве калийного удобрения.

Предмет исследования заключается в изучении закономерностей флотационного обогащения калийных руд - сильвинитов Тюбегетанского месторождения, их научно-обоснованный расчет, разработка и выбор новых эффективных методов, флотационных аппаратов и их оптимальных режимов.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы системного мышления, анализа и синтеза - объекта и элементов систем флотации; методы аналитической идентификации, методы многоступенчатого математического моделирования сложных технологических процессов флотации калийных руд, математического и компьютерного моделирования, методы квазидетерминированного представления объектов флотации; методы планирования экспериментов;

вероятностные методы поиска коэффициентов согласованности, методы поиска оптимальных решений при разработке оптимальных условий функционирования флотационных комплексов, методы расчета и конструирования аппаратов. Расчеты выполнялись на современном компьютерном оборудовании с применением современных прикладных программ. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с промышленными условиями.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан, на основе системного мышления метод анализа объекта флотации с определением его многоуровневой иерархической структуры в производстве калийного удобрения с применением.

разработаны методики построения математической и компьютерной модели процесса флотации в производстве калийного удобрения;

разработан метод оптимизации технологического процесса флотации в производстве калийного удобрения.

выявлена экспериментальным путем зависимость изменения концентрации хлорида калия от входных параметров и оптимизирован флотационный процесс в производстве калийного удобрения;

установлены оптимальные технологические параметры получения хлорида калия и усовершенствован флотационный аппарат с разделением на две и более ячеек.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано флотационное обогащение руд калийного удобрения на основе системного мышления на уровне флюидной и газовой фаз, а также газовых пузырей, разработаны оптимальные параметры многоступенчатой системы флотационного аппарата и его технологических элементов;

определены оптимальные условия переноса ценных компонентов в газозащитный технологический процесс флотационного оборудования в производстве калийного удобрения;

разработана методология функционального исследования и моделирования современных флотационных систем и процессов, на основе которых создаются методы расчета оптимальных условий технологических процессов на одной и во многих стадиях квазиаппаратных флотационных устройствах;

разработаны методы расчета оптимальных условий протекания технологических процессов во флотационном аппарате;

разработана инженерная методика расчета промышленного аппарата при производстве калийного удобрения;

совершенствован аппарат флотации в производстве калийного удобрения, позволяющий увеличивать выход конечного продукта.

Достоверность результатов исследования подтверждена методами математической статистики, результатами структурно-параметрической идентификации математических моделей, методами сравнения результатов моделирования.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обусловлена оптимизацией процесса и аппарата в производстве калийного удобрения на основе разработки теоретических основ математического и компьютерного моделирования технологических процессов и создания систем для разработки методов нахождения оптимальных параметров сложных технологических процессов флотации измельченной руды - сильвинитов Тюбегетанского месторождения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в технических аспектах квазижидкой (полужидкой) системы, газовой фазы и газовых пузырьков, служит для совершенствования технологических процессов и устройств флотационного обогащения на основе формирования многостадийных математических и компьютерных моделей, определения оптимальных режимов работы флотационного устройства.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии флотационного обогащения во флотационных установках и компьютерных алгоритмах:

внедрены оптимальные условия протекания флотационных процессов обогащения сильвинитовых руд Тюбегетанского месторождения в АО «Дехканабадский калийный завод», включена в «Перечень перспективных, внедряемых разработок в 2023-2025 годах» на АО «Дехканабадский калийный завод» (справка АО «Дехканабадский калийный завод» от 08 июня 2022 года № 02-021/1520). В результате была уменьшена максимальная амплитуда отклонения концентрации хлорида калия в выходящей пульпе и пенном слое и частота колебаний слоя вспенивания, и увеличена концентрация хлорида калия в пенном продукте, что способствует снижению содержания хлорида калия в галитовом отходе на 0,4%.

усовершенствованная технология флотационного обогащения и получения хлорида калия из сильвинитов Тюбегетанского месторождения с применением методов математического моделирования процессов флотации, включена в «Перечень перспективных, внедряемых разработок в 2023-2025 годах» на АО «Дехканабадский калийный завод» (справка АО «Дехканабадский калийный завод» от 08 июня 2022 года № 02-021/1520). В результате разработана совершенная система автоматического регулирования процессом флотации хлорида калия из сильвинитов Тюбегетанского месторождения с повышением выхода хлорида калия из сильвинитов в готовую продукцию на 3-5%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования изложены в виде докладов и прошли апробацию на 2 международных и 3 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 22 научных работы. Из них 1 монография, 9 научных статей, в том числе 7 зарубежных, 2 в отечественных журналах и 5 тезисов,

из них 2 зарубежных 3 из них опубликованы на республиканских конференциях и 7 сертификатов на программные продукты (DGU).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель, объект и задачи исследования, а также показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты работы, обоснована надежность полученных результатов, раскрыта научная и практическая ценность, приведены сведения о внедрении результатов исследования в производство.

В первой главе диссертации анализируется **«Анализ современного состояния теории и практики технологических процессов и аппаратов, моделирования и оптимизации флотации в производстве калийного удобрения»**. В научной литературе был проведен аналитический обзор существующих установок и процессов, сущность технологического процесса флотации в производстве калийного удобрения, флотационных аппаратов и технологических схем флотации сильвинитовых руд в производстве калийного удобрения, современного состояния моделирования и оптимизации технологического процесса флотации калийных руд, постановки проблемы совершенствования компьютерного моделирования технологического процесса и аппарата флотации в производстве калийного удобрения.

Показаны перспективность и востребованность режимов, задач контроля и управления техническим состоянием, технологическими режимами и структурой потоков технологических установок флотации в производстве калийного удобрения, а также физическим состоянием потоков и технологического оборудования. На основании анализа имеющихся материалов определены основные цели и задачи работы.

Вторая глава диссертации **«Системный анализ объекта флотации, компьютерное моделирование оптимизация технологического процесса флотации в производстве калийного удобрения»** посвящена системному анализу объекта, т.е. флотационного аппарата. Здесь рассмотрен объект, состоящий из двух субстанций. Первая физическая сторона объекта – это система, другая анализируемая сторона – это процесс, протекающий в системе. Удачно используется методика многоступенчатого системного анализа. Аппарат для флотации калийной руды рассмотрен в качестве головной системы исследования. Основной базовой системой определен барботажной куб – это рабочая зона, которая состоит из подсистем, элементы которых разделены на соответствующие элементы, включенные в шесть иерархических ступеней. Многоступенчатый системный анализ позволил

автору разработать компьютерные модели, выявить оптимальные условия флотации в барботажной зоне и систему управления исследуемым объектом.

Вопросы математического моделирования решены идентификационно-аналитическим методом. Изучен аппарат флотации калийной руды – сильвинитов, как система, состоящая из ряда элементов; рассмотрены и проанализированы процессы и явления, протекающие в элементах флотационного аппарата.

Осуществлен на основе системного мышления анализ линии флотации калийной руды на основе системного подхода (рис. 1). Изучен аппарат флотации калийной руды, как объекта, состоящего из ряда элементов. Проанализированы процессы и явления, протекающие в элементах флотационного аппарата.

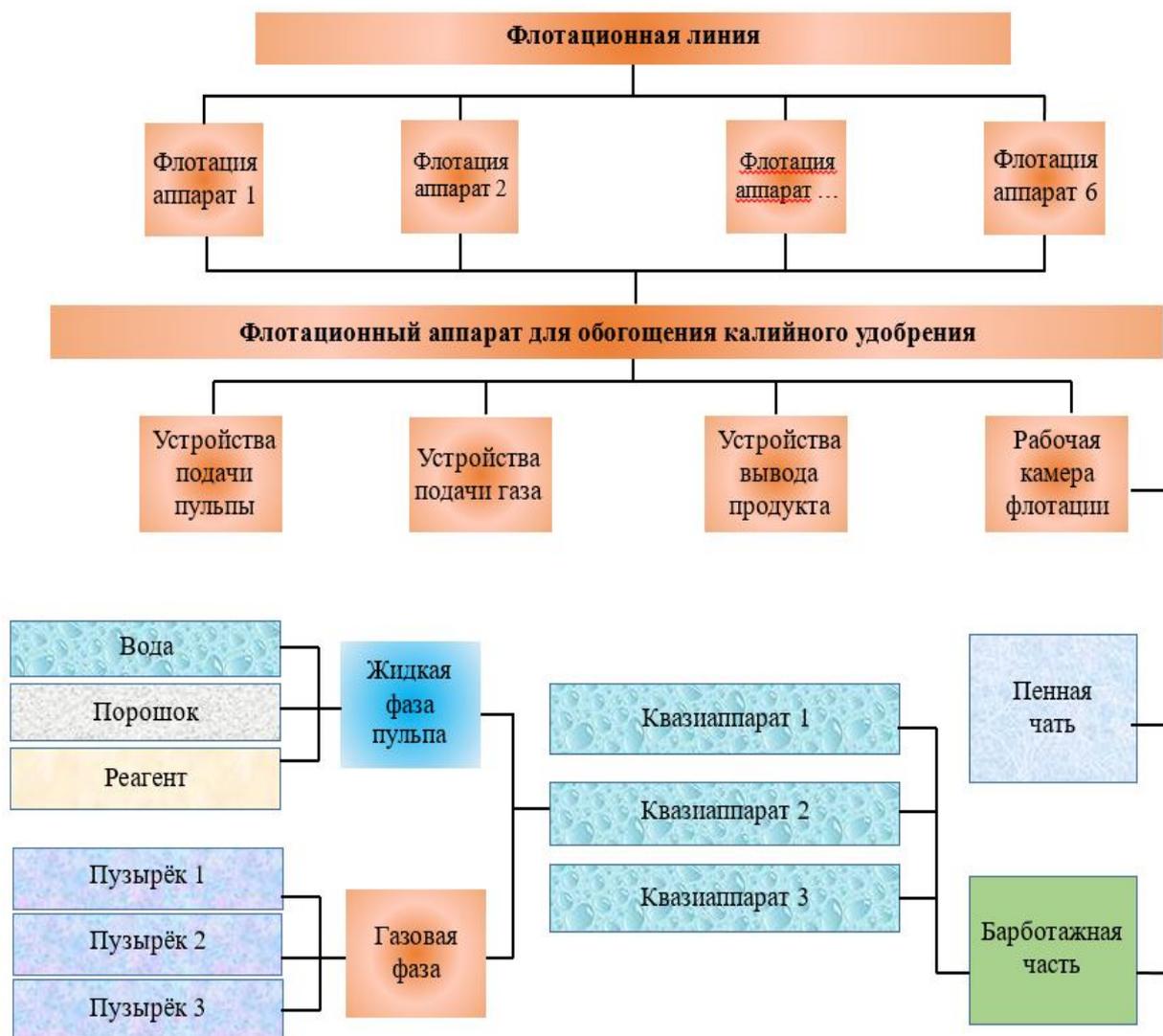


Рис. 1. Иерархическая система флотационного аппарата для обогащения калийного удобрения

Показан метод системного мышления в многоступенчатом анализе объекта много квазислойного аппарата селективной флотации хлорида калия при обогащении сильвинитовых руд. Предложен способ многоступенчатого

способа построения аналитико-экспериментальной математической и компьютерной моделей объектов.

Разработан метод и построены математические и компьютерные модели флотационного процесса калийного удобрения на основе последовательного объединения компьютерных моделей квазиобъектов третьей, затем второй иерархических ступеней. Показано изменение концентрации калийных компонентов в аппарате флотации по времени. Оно, как по жидкой, так и по газовой фазам имеет гиперболический характер.

Разработана методика построения математической, компьютерной модели и интеллектуальный метод оптимизации технологического процесса флотации в производстве калийного удобрения. На основе моделей процессов в квазиаппаратах получена компьютерная модель барботажного куба флотационного аппарата хлорида калия. Рассматривались параметры – равновесная концентрация хлорида калия в газовой фазе, концентрация хлорида калия в жидкой фазе, первоначальные значения концентрации в жидкой фазе.

Математическая модель процесса одноквази аппарата селективной флотации хлорида калия с отображением на компьютерной программе MATLAB позволяет получить изменения выходных параметров, в частности концентрации калийных солей в жидкой и газовой фазах, компьютерная модель которых, приведена на рис. 2.

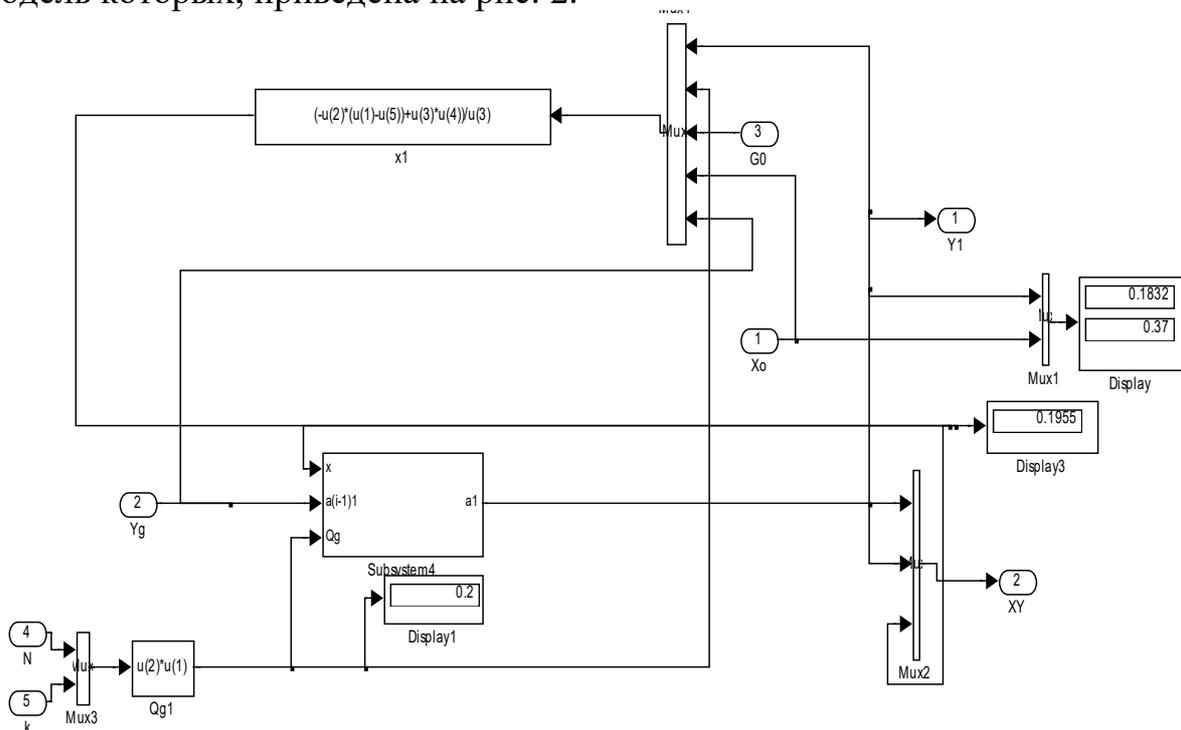


Рис. 2. Одноквазислойная компьютерная модель процесса селективной флотации калийных солей при обогащении сильвинитовых руд.

Исходя из производительности одной флотомшины 350-650 м³/ч, составлена компьютерная модель на прикладной программе MATLAB при вводе исходных данных процесса одноквазислойного аппарата селективной флотации калийных солей при обогащении сильвинитовых руд (рис. 3). Здесь 30

управление процессом принято осуществлять воздействием на расход воздуха в барботажном слое.

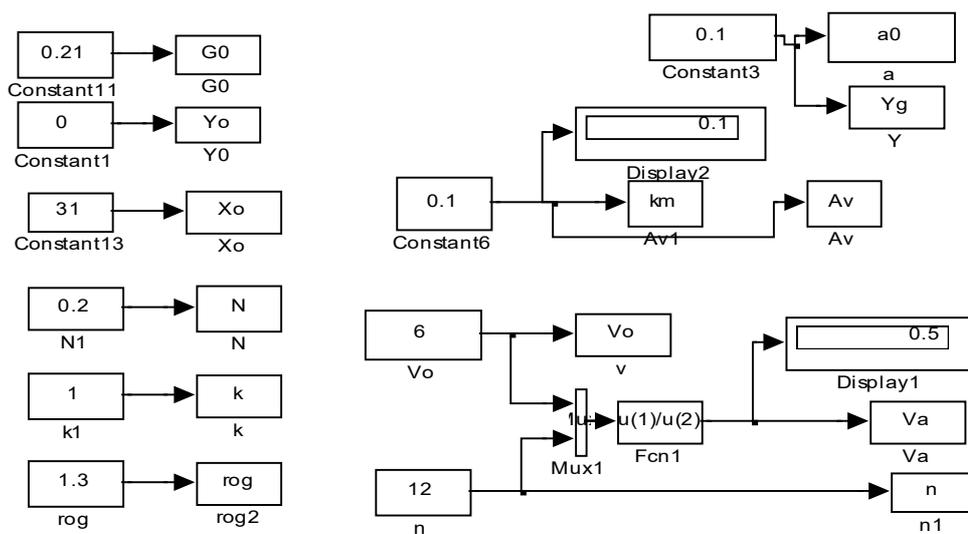


Рис. 3. Компьютерное представление начальных условий параметров

Аналогично построены и проведены эксперименты на математической модели десяти и двенадцати квазиаппаратного процесса шести корпусного аппарата селективной флотации калийных солей с отображением на компьютерной программе MATLAB (рис. 4), и дано компьютерное представление начальных условий параметров.

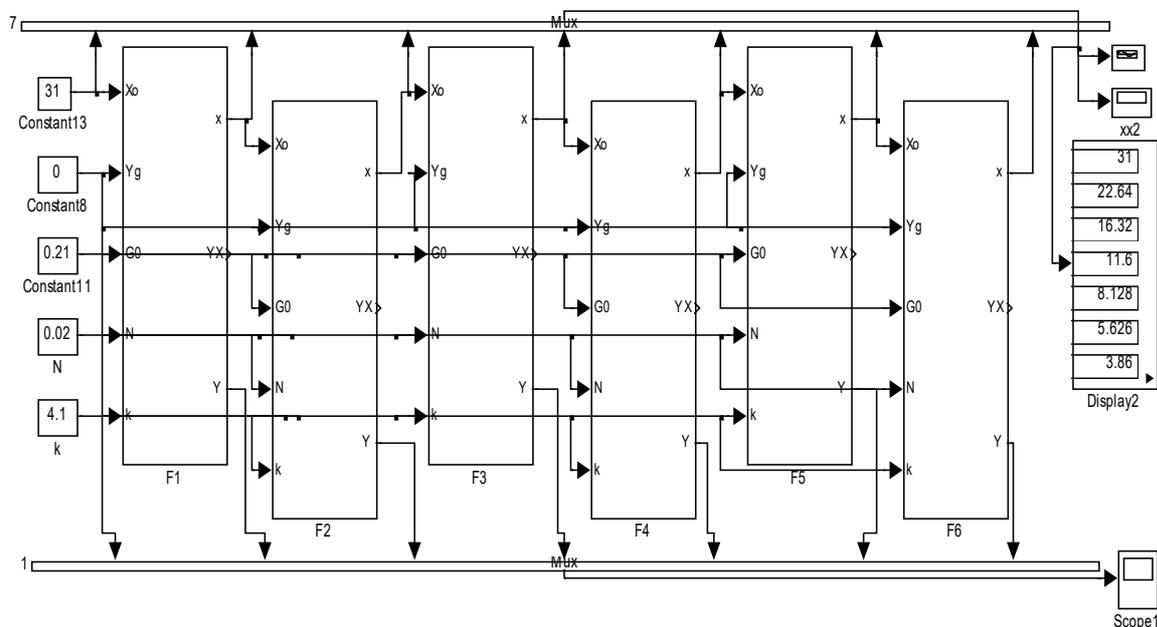


Рис. 4. Компьютерные модели процессов шести корпусной флотационной установки

Переходные процессы, полученные с помощью компьютерной модели процесса для работы барботажного куба, представлены на рис.5. Первый рисунок показывает изменение концентрации хлорида калия в жидкой фазе после каждого аппарата, второй – концентрации хлорида калия в газовой фазе после каждого аппарата, а третий рисунок – изменение

концентрации хлорида калия в жидкой и газовой фазах после шестого аппарата.

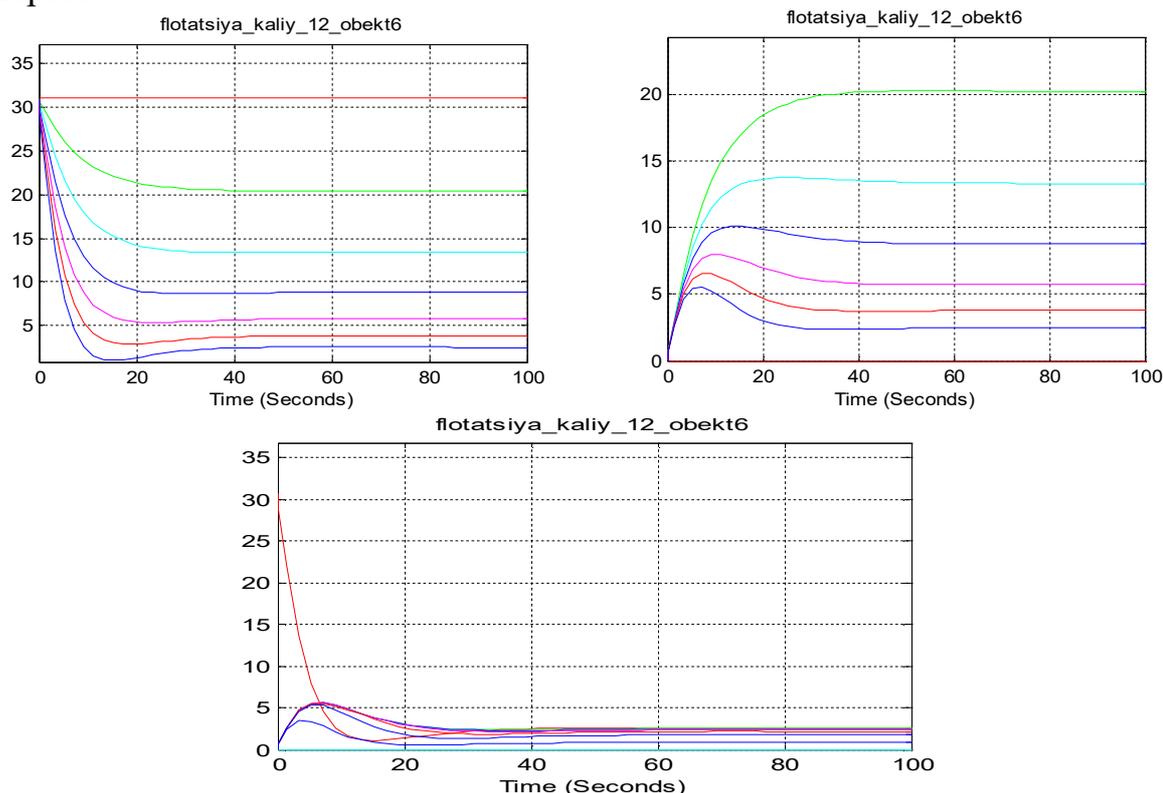


Рис. 5. Изменения концентрации хлорида калия в жидкой и газовой фазах после каждого аппарата, а также в жидкой и газовой фазах после шестого аппарата

Проведенные эксперименты показывают, что процесс во флотационном аппарате протекает устойчиво. Изменения выходных параметров, в частности концентрация калийных солей в жидкой фазе с начального значения уменьшается, а в газовой фазе увеличивается до равновесной концентрации.

Показано уменьшение концентрации калийных солей с 31,0% до 2,6% в пульпе и увеличение ее в газовой фазе и пенном слое с 0% до равновесной концентрации. Увеличение числа оборотов импеллера также увеличивает расход воздуха в барботажный слой. Это отражается через электроэнергию, подаваемую в электродвигатель ($N = 10 - 30$ кВт).

В третьей главе диссертации «**Экспериментальная часть. Эксперименты по исследованию процесса флотации в производстве калийного удобрения**» представлены экспериментальная установка флотации и описание технологической схемы производства хлорида калия из сильвинита, исследования характеристики и методика проведения экспериментов.

В качестве объектов исследования использовали сильвиниты Тюбегатанского месторождения, расположенного в Дехканабадском районе Кашкадарьинской области. Производительность добычи по исходной руде составляет 2100 тыс. тонн в год, а годовая производительность калийных удобрений УП «Дехканабадский калийный завод» – 600 тыс. тонн в год. Качество продукции соответствует действующему ГОСТ 4568-95

«Калий хлористый. Технические условия». KCl выпускается марки – мелкий, сорт 1. Запас калийных солей Тюбегатанского месторождения на территории Узбекистана: категория (A+B+C₁) – 215278 тыс. тонн с содержанием KCl - 35,95%, категория C₂ – 60 923 тыс. тонн с содержанием 35,39%. Исходные руды перевозятся автотранспортом на перерабатывающий комплекс УП «Дехканабадский калийный завод».

В работе использовали сильвиниты Тюбегатанского месторождения, содержащие (масс. %): KCl – 23,20-30,40; NaCl – 63,92-69,27; CaSO₄ – 1,10-1,74; MgCl₂ – 0,95-1,09; нерастворимой остаток (н.о.) – 3,25-4,95. Для проведения исследований по отработке технологии обогащения и переработки низкосортных сильвинитов Тюбегатанского месторождения на флотационный хлорид калия были отобраны образцы сильвинитов в количестве по 100 кг с различным содержанием хлорида калия и н.о., химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сильвинитов Тюбегатанского месторождения

Образец	KCl, %	NaCl, %	CaSO ₄ , %	MgCl ₂ , %	н.о., %	W, %
1	30,4	63,92	1,32	0,55	3,25	0,56
2	25,0	67,56	1,74	1,09	4,00	0,61
3	23,2	69,27	1,10	0,90	4,95	0,58

В таблице 2 приведены данные распределения KCl и н.о. по фракциям крупности, заложенные в проекте.

Таблица 2

Распределение нерастворимого остатка и KCl по фракциям крупности дробленной руды Тюбегатана при содержании фракции - 0,15 мм ~ 47%

Фракции крупности, мм	Выход	Содержание в твердой фазе, %		Содержание н.о. во фракции -0,15 содержание н.о. во фракции +0,15 мм	Извлечение, %	
		KCl	н.о.		KCl	н.о.
+ 0,300	52,37	30,13	1,24	4,22	49,75	17,87
- 0,300 ÷ +0,150	14,90	36,05	3,63		16,94	14,88
- 0,150 ÷ +0	32,73	32,28	7,47		33,31	67,25
- 0,150 ÷ +0,074	18,76	35,85	3,73		21,21	19,25
Итого	100,00	31,71	3,63		100,00	100,00

В производстве технология получения KCl на основе сильвинитов Тюбегатанского месторождения в основном состоит из следующих стадий:

1. Измельчение сильвинитов Тюбегатанского месторождения;
2. Очистка измельченной сильвинитовой руды от шлама;
3. Смешение реагентов для извлечения хлорида калия;
4. Флотирование хлорида калия;
5. Упаковка и хранение готового продукта.

На рис. 6 представлена блок-схема производства хлорида калия из сильвинита Тюбегатанского месторождения флотационным методом.

В настоящее время существующие технологии получения флотационного хлорида калия на основе сильвинитов Тюбегатанского месторождения на АО «Дехканабадский калийный завод» требует модернизации, усовершенствования и моделирования с целью повышения выхода продукции, вовлечения более низкокачественных сильвинитов, снижения энергозатрат и т.д.

Исходя из этого, на наш взгляд, более актуальным является исследование моделирования флотационных аппаратов, так как этот процесс в производстве хлорида калия из сильвинитов флотационным методом является основной и лимитирующей стадией.

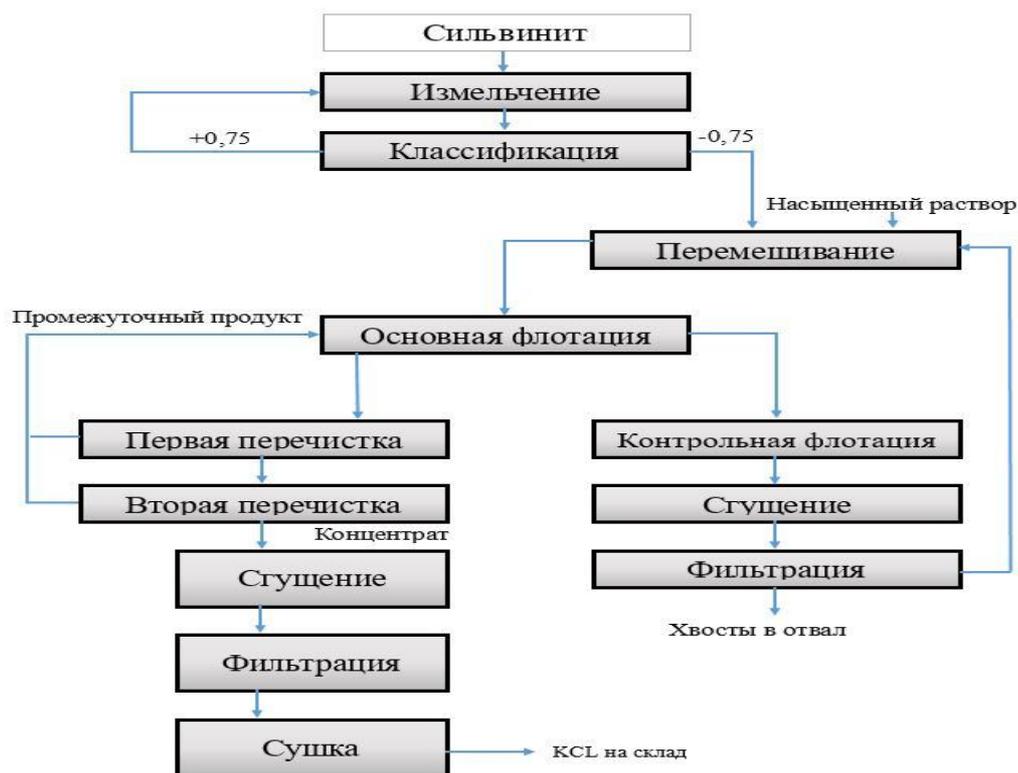


Рис. 6. Принципиальная блок-схема производства хлорида калия флотационным способом

Первоначально исследован процесс слабого раствора KCl при атмосферном давлении, результаты, которых приведены в таблице 3.

Эксперименты проводились при следующих физических параметрах воздуха, близких к условиям АО «Дехканабадский калийный завод»:

Расход воздуха: пропускная способность воздуха до $12,6/2 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$;

Концентрация на выходе хлорида калия ($5,9 \gg 3,5$) 2,0-3,5 %

G, т/с – расход сильвинитовой суспензии $12,6 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,21 \text{ м}^3/\text{с} = 0,21 \text{ т/с}$;

G_г, м³/с – начальный расход газа - воздуха до $12,6/2 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$;

C_n, % – начальная концентрация раствора хлорида калия 28-31%;

Начальная температура воздуха 25-30⁰С;

Остаточное давление в аппарате 99-100 кПа

Среднее давление в Дехканабаде –730 мм рт.ст.

Данные эксперимента сведены в таблице 3.

Таблица 3

**Экспериментальные данные по флотации суспензии сильвинита
с получением флотационного хлорида калия**

№	G т/с	GГ м ³ /с	C _n %	K	C ₁ %	C ₂ %	C ₃ %	C ₄ %	C ₅ %	C ₆ %	C _p /C ₃
1	0,21	0,082	31	0,05	23,9	18,3	13,5	9,6	6,5	4	C _p %
	0,21	0,083	31	0,05	23,8	18,5	13,7	9,6	6,6	4,1	C ₃ %
2	0,21	0,092	31	0,05	23,4	17,1	12,1	8,1	5,1	2,7	C _p %
	0,21	0,094	31	0,05	23,6	17,1	12,3	8,4	5,0	2,8	C ₃ %
3	0,21	0,092	29	0,05	21,84	16,01	11,33	7,62	4,73	2,53	C _p %
	0,21	0,092	29	0,05	21,8	16,03	11,2	7,5	4,8	2,5	C ₃ %
4	0,21	0,092	29	0,045	22,14	16,47	11,83	8,09	5,11	2,78	C _p %
	0,21	0,092	29	0,045	22,1	16,5	11,9	8,0	5,2	2,9	C ₃ %
5	0,21	0,092	29	0,04	22,5	17,03	12,47	8,72	5,66	3,21	C _p %
	0,21	0,092	29	0,04	22,6	17,1	12,4	8,6	5,6	3,3	C ₃ %
6	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,9	12,35	8,64	5,65	3,28	C _p %
	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,8	12,3	8,6	5,5	3,2	C ₃ %
7	0,22	0,1	29	0,045	21,93	16,13	11,42	7,65	4,68	2,4	C _p %
	0,22	0,1	29	0,045	21,9	16,2	11,3	7,6	4,7	2,4	C ₃ %
8	0,26	0,1	29	0,045	21,79	15,97	11,32	7,67	4,85	2,73	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	21,7	15,9	11,4	7,6	4,9	2,7	C ₃ %
9	0,26	0,1	29	0,045	22,85	17,65	13,28	9,64	6,66	4,23	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	22,8	17,74	13,2	9,52	6,71	4,21	C ₃ %
10	0,26	0,11	29	0,055	22,33	16,83	12,35	8,75	5,88	3,65	C _p %
	0,26	0,11	29	0,055	22,3	16,9	12,3	8,7	5,9	3,7	C ₃ %
11	0,26	0,12	29	0,055	21,27	15,15	10,37	6,71	3,97	1,98	C _p %
	0,26	0,12	29	0,055	21,7	15,3	10,3	6,7	3,9	2,1	C ₃ %

Из таблицы 4 видно, что:

$$\sum \Delta C^2 = 0,18333 + 0,31667 + 0,068333 + 0,073333 + 0,085 + 0,07 + 0,048333 + 0,065 + 0,068333 + 0,045 + 0,071667 = 1,679999$$

Выводы по первому эксперименту:

Анализ экспериментов показывает, что погрешность отклонений показаний от реальных значений составляет около 2,2 %, т.е.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta C^2}{n}} * 100 = \sqrt{\frac{1,679999}{3300}} * 100 = 0,022 * 100\% = 2,2\%$$

где, n-число измерений (опытов).

Результаты экспериментов и их всеобъемлющий анализ на существующей в флотационной установке раствора хлорида калия при заданном расходе, показали, что средне статическая погрешность отклонения от реальных показателей составляет:

$$\sqrt{\frac{\sum \Delta C^2}{n}} = 2,2 \%$$

Таблица 4

Расчёты экспериментальных данные

№	G т/с	G _г м ³ /с	C _n %	K	C ₁ %	C ₂ %	C ₃ %	C ₄ %	C ₅ %	C ₆ %	C _p , C _с
1	0,21	0,082	31	0,05	23,9	18,1	13,3	9,6	6,5	4	C _p %
	0,21	0,083	31	0,05	23,8	18,5	13,7	9,6	6,6	4,1	C _с %
					0,1	0,4	0,4	0	0,1	0,1	0,18333
2	0,21	0,092	31	0,05	23,2	17,3	12,1	8,1	5,2	2,9	C _p %
	0,21	0,094	31	0,05	23,6	17,1	12,5	8,6	5,0	2,7	C _с %
					0,4	0,2	0,4	0,5	0,2	0,2	0,31667
3	0,21	0,092	29	0,05	21,84	16,01	11,33	7,62	4,73	2,53	C _p %
	0,21	0,092	29	0,05	21,8	16,03	11,2	7,5	4,8	2,5	C _с %
					0,04	0,02	0,13	0,12	0,07	0,03	0,068333
4	0,21	0,092	29	0,045	22,14	16,47	11,83	8,09	5,11	2,78	C _p %
	0,21	0,092	29	0,045	22,1	16,5	11,9	8,0	5,2	2,9	C _с %
					0,04	0,03	0,07	0,09	0,09	0,12	0,073333
5	0,21	0,092	29	0,04	22,5	17,03	12,47	8,72	5,66	3,21	C _p %
	0,21	0,092	29	0,04	22,6	17,1	12,4	8,6	5,6	3,3	C _с %
					0,1	0,07	0,07	0,12	0,06	0,09	0,085
6	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,9	12,35	8,64	5,65	3,28	C _p %
	0,22	0,092	29	0,045	22,4	16,8	12,3	8,6	5,5	3,2	C _с %
					0	0,1	0,05	0,04	0,15	0,08	0,07
7	0,22	0,1	29	0,045	21,93	16,13	11,42	7,65	4,68	2,4	C _p %
	0,22	0,1	29	0,045	21,9	16,2	11,3	7,6	4,7	2,4	C _с %
					0,03	0,07	0,12	0,05	0,02	0	0,048333
8	0,26	0,1	29	0,045	21,79	15,97	11,32	7,67	4,85	2,73	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	21,7	15,9	11,4	7,6	4,9	2,7	C _с %
					0,09	0,07	0,08	0,07	0,05	0,03	0,065
9	0,26	0,1	29	0,045	22,85	17,65	13,28	9,64	6,66	4,23	C _p %
	0,26	0,1	29	0,045	22,8	17,74	13,2	9,52	6,71	4,21	C _с %
					0,05	0,09	0,08	0,12	0,05	0,02	0,068333
10	0,26	0,11	29	0,055	22,33	16,83	12,35	8,75	5,88	3,65	C _p %
	0,26	0,11	29	0,055	22,3	16,9	12,3	8,7	5,9	3,7	C _с %
					0,03	0,07	0,05	0,05	0,02	0,05	0,045
11	0,26	0,12	29	0,055	21,27	15,15	10,37	6,71	3,97	1,98	C _p %
	0,26	0,12	29	0,055	21,26	15,3	10,3	6,7	3,9	2,1	C _с %
					0,01	0,15	0,07	0,01	0,07	0,12	0,071667

При этом были получены экспериментальные кривые для первого и последующих чанов корпуса (рис. 5).

$$\text{Summa} = 0,022 \quad \sigma = 0,0265$$

Результаты экспериментов и их всеобъемлющий анализ в рекомендуемом режиме флотационной установки раствора KCl при заданном расходе показали, что среднестатистическая погрешность отклонения от реальных показателей составляет:

$$\sqrt{\frac{\sum \Delta c^2}{n}} = 2,65 \%$$

Осуществлено планирование эксперимента и полученные экспериментальные зависимости изменения концентрации KCl от входных параметров и установки флотации в производстве калийного удобрения. Проведены эксперименты флотации калийных компонентов в экспериментальной установке, как для существующего режима, так и для рекомендованных условий.

Таблица 5.

Изменения параметров флотационного аппарата для обогащения калийной руды

№	G т/с	GГ м ³ /с	C _n %	C _p	C _э	C _p -C _э	(C _p -C _э) ²
1	0,21	0,11	31	1,65	1,7	-0,05	0,0025
2	0,21	0,1	31	2,09	2	0,09	0,0081
3	0,21	0,1	29	1,93	1,99	-0,06	0,0036
4	0,21	0,11	29	1,56	1,51	0,05	0,0025
5	0,21	0,092	29	2,31	2,3	0,01	0,0001
6	0,22	0,1	29	2,14	2,1	0,04	0,0016
7	0,26	0,1	29	3,02	3,01	0,01	0,0001
8	0,24	0,1	29	2,57	2,6	-0,03	0,0009
9	0,26	0,11	29	2,53	2,5	0,03	0,0009
10	0,26	0,12	29	2,15	2,1	0,05	0,0025
11	0,26	0,14	29	1,55	1,5	0,05	0,0025
12	0,24	0,12	29	1,76	1,7	0,06	0,0036

Сопоставления результатов экспериментов с определением адекватности компьютерного моделирования обогащения калийной руды в экспериментальной установке показывают согласованность более 95 %.

В четвертой главе диссертации «Практические рекомендации по флотации компонентов в производстве калийного удобрения» представлены результаты исследования инженерного расчёта процесса и аппарата флотации в производстве калийного удобрения.

В результате выполнения данной научно – исследовательской работы при применении метода многоступенчатого системного анализа получены математические и компьютерные модели динамики процесса флотации в производстве калийного удобрения с учетом рассмотрения процессов, как в одноквазиаппаратном, так и шестиаппаратном представлении объекта. Применение методов аналитического моделирования позволило формализовать достоверные модели объекта. Это позволило разработать совершенные условия проведения процесса флотации КС1 из сильвинитов Тюбегетанского месторождения. Внедрение оптимальных параметров способствует уменьшению количества перерегулирования в системе, уменьшению амплитуды максимальных отклонений концентрации компонентов - КС1 в выходящей пульпе и пенном слое, уменьшению частоты колебаний выходных параметров флотационного аппарата. На основе выполненных работ уменьшаются потери сырья и КС1 в хвостах флотации, т.е. с галитовым отходом.

Результаты экспериментов в рекомендуемом режиме в технологическом регламенте во флотационной установке раствора КС1 при заданном расходе, показали, что его среднестатическая концентрация составляет 2,9%. При новом режиме среднестатическая концентрация КС1 составляет 2,1-2,5%.

Как видно, новый режим позволяет сэкономить минимум 0,4 % КС1, и это составляет 0,0504 т/ч = 1,2 т/сутки = 399,5 т/год.

В результате оптимизации и моделирования входных и выходных параметров в процессе флотации увеличивается выход КС1 в готовую продукцию и уменьшается содержание КС1 в галитовом отходе в среднем на 0,4%. При этом ежегодно экономия только с 1-ой очереди производства флотационного КС1 составит 399,5 т КС1 при стоимости 1316700 тыс. сум. Использование результатов исследований во время флотации показало экономическую эффективность.

Таким образом, проведенные испытания по моделированию флотационных аппаратов 1-й очереди производства КС1 показали возможность повышения эффективности процесса флотации сильвинитовых руд Тубегетанского месторождения путем оптимизации входных и выходных параметров флотационного аппарата, уменьшение выхода КС1 в галитовый отход с одновременным увеличением его выхода в готовую продукцию, тем самым повышая экономическую эффективность производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе метода системного мышления осуществлен многоступенчатый анализ технологической установки селективной флотации калийных солей при обогащении сильвинитовых руд;

2. Разработана методика многоступенчатого построения аналитико-экспериментальной математической и компьютерной моделей процесса флотации хлористого калия из сильвинитовых руд.

3. Показано изменение концентрации калийных компонентов в аппарате флотации по времени. Оно как по жидкой, так и по газовой фазам имеет гиперболический характер.

4. Определена последовательность и взаимосвязь изменения параметров. Приведена компьютерная модель объекта, показано уменьшение концентрации калийных солей с 29-31% до 2,4 – 2,8% в пульпе и увеличение ее в газовой фазе и пенном слое с 0% до равновесной концентрации.

5. Предложена методика и выполнен расчет оптимальных показателей при использовании метода, направленного случайного поиска в технологической установке флотации компонентов КС1 с помощью компьютерной модели процесса флотации сильвинитовых руд.

6. Результаты экспериментов в рекомендуемом режиме во флотационной установке раствора КС1 при заданном расходе показали, что его средне-статическая концентрация составляет 2,9%. При новом режиме среднестатическая концентрация калий хлора составляет 2,1%.

7. Показан экономический эффект внедрения результатов научного исследования. Как видно, новый режим позволяет увеличить долю КС1 до 0,4 % в уходящей из аппарата пульпе и это составляет 399,5 тонн в год или 1,36 млрд. сум в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc. 03/28.02.2022.T.101.01 ON
AWARDING THE SCIENTIFIC DEGREES AT BUKHARA OF
ENGINEERING-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

NAVOI STATE PEDAGOGICAL INSTITUTE

ISAKOV ABROR FAHRIDDINOVICH

**FLOTATION IN POTASSIUM FERTILIZER PRODUCTION IMPROVING
THE INTELLECTUAL APPROACH TO THE PROCESS**

**02.00.16 – Processes and apparatus of chemical technology
and food production**

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

Bukhara – 2023

The title of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences has been registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of high education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2020.4.PhD/T1927

The doctoral dissertation has been prepared at the Navoi State Pedagogical Institute.

The dissertation author's abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the website of the Institute (www.bmti.uz) and the information and educational portal «ZiyoNet» (www.ziyo.net)

Scientific supervisor:	Nasirova Shaira Narmuradovna Doctor of Technical Sciences (DSc), professor
Official Opponents:	Qurbanov Jamshed Madjidovich Doctor of Technical Sciences, professor Khudoyberdieva Nazora Sharifovna doctor of philosophy in technical sciences (PhD), associate professor
Leading organization:	Namangan Engineering and Technology Institute

The defense of the dissertation work will take place on 4th august 2023 at 14 a.m. at o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/28.02.2022.T.101.01 in Bukhara Engineering-Technological Institute. (Address: 200117, Bukhara, str. K. Murtazaev 15, tel.: (+99865) 223-78-84; fax: (+99865) 223-78-84; e-mail: bmti_info@edu.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Bukhara Engineering-Technological Institute (registration number 438). (Address: 200117, Bukhara, str. K. Murtazaev 15, tel.: (+99865) 223-78-84.).

The abstract of dissertation was sent out on 21th July 2023.
(protocol registry №24, on 14nd July 2023).

S.F. Fozilov
Scientific Council awarding academic
degrees Deputy Chairman, Doctor of
Technical Sciences, Professor

R.R. Khayitov
Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degree,
Doctor of technical sciences, senior researcher

I.B. Isabayev
Chairman of the Scientific Seminar for the
awarding of Academic Degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the study is to improve the flotation process in the production of potash fertilizers with an intelligent approach.

The object of research is flotation plants, technological processes and improved technological apparatus in the production of potash fertilizers.

The scientific novelty of the research is as follows:

Based on system thinking, the analysis of the flotation object in the production of potash fertilizers was carried out using the methods of system thinking;

methods for constructing a mathematical and computer model of flotation in the production of potash fertilizers have been developed;

developed an intelligent method for optimizing and determining the technological process of flotation in the production of potash fertilizers;

the dependence of the change in the concentration of potassium chloride on the input parameters was experimentally revealed and the flotation process in the production of potash fertilizer was optimized;

the optimal technological parameters for the production of potassium chloride have been established and the flotation apparatus has been improved with division into two or more cells.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the development of flotation enrichment technology in flotation plants and computer algorithms:

the optimal conditions for the flow of flotation processes for the enrichment of sylvinites of the Tyubegetan deposit at Dekhkanabad Potash Plant JSC were introduced, included in the "List of promising, implemented developments in 2023-2025" at Dekhkanabad Potash Plant JSC (certificate of Dekhkanabad Potash Plant JSC dated 08 June 2022 No. 02-021/1520). As a result, the maximum amplitude of deviation of the concentration of potassium chloride in the outgoing pulp and foam layer and the oscillation frequency of the foaming layer were reduced, and the concentration of potassium chloride in the foam product was increased, which helps to reduce the content of potassium chloride in the halite waste by 0.4%.

improved technology of flotation enrichment and production of potassium chloride from sylvinites of the Tyubegetan deposit using methods of mathematical modeling of flotation processes, is included in the "List of promising, implemented developments in 2023-2025" at Dekhkanabad Potash Plant JSC (certificate of Dekhkanabad Potash Plant JSC dated June 08, 2022 No. 02-021/1520). As a result, a perfect system for automatic control of the process of potassium chloride flotation from sylvinites of the Tyubegetan deposit was developed with an increase in the yield of potassium chloride from sylvinites into finished products by 3-5%.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 112 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. А.Ф. Исаков, Ш.Н. Насирова, А.А. Артиков. Системное мышление в анализе флотационного аппарата и моделировании процессов переработке руд // Монография. – Ташкент: «Фан», 2022. – 159 с.

2. А.Ф. Исаков, Х.Ч. Мирзакулов, М.А. Самадий, И.И. Усманов, Г.У.Каланов. Исследования по улучшению физико-химических и товарных свойств флотационного хлористого калия // Журнал: «Химия и химическая технология». – Ташкент, 2018. – № 3. – С. 11-13. (02.00.00. № 3).

3. Исаков А.Ф., Мирзакулов Х.Ч., Мамажанова Л.А., Каланов Г.У. Исследования по интенсификации процессов фильтрации концентрата хлорида калия и галитовых хвостов сильвинитов Тюбегатанского месторождения // Universum: технические науки: электрон. научн. журн., 2019. – № 7(64). – С. 32-37. (02.00.00. № 1).

4. A.F.Isakov, Sh.N.Nasirova, A.A.Artikov. Computer simulation of the flotation process taking into account the hydrodynamic structure of interaction flows // Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. Урганч, 2019. – № 2, – С.4-14. (05.00.00; №26).

5. А.Ф.Исаков, Ш.Н.Насирова, А.А.Артиков. Системное мышление в управление флотационным аппаратом // Universum: технические науки: электрон. научн. журн., 2020. – № 7 (76). – С.1-4. (02.00.00. № 1).

6. A.F.Isakov, Sh.N.Nasirova, A.A.Artikov. Improved Process Control System Of Flotation Of Potash Ores // The American Journal Of Applied Scinces. – USA, 2020. – Vol. 2. – No. 8. – P. 132-135. (SJIF-5.276).

7. A.F.Isakov, Sh.N.Nasirova, A.A.Artikov. Making Optimal Decisions in Control the Process of a Ten-Hull Flotation Apparatus // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, 2020. – Vol. 7. – P. 14516-14523. (05.00.00. № 8).

8. A.F.Isakov, Sh.N.Nasirova, A.A.Artikov. Computer Models of the Dynamics of the Flotation Process Subject to the Processes of the Multi-Capacity Representation of the Object // European journal of life safety and stability (EJLSS). – Spain, 2021. – Vol. 9. – P.100-102. (Impact faktor: 7.824).

II бўлим (II часть; II part)

9. A.F.Isakov, Sh.N.Nasirova, A.A.Artikov, Kh.Ch.Mirzakulov. Reasoning System In Analysis Of Bubbling Zone Of Flotation, On The Example Of Potash Ore Enrichment // Jour of adv research in dynamical & control systems. – USA, 2020. – Vol. 12. – P. 558-565.

10. A.F.Isakov, Sh.N.Nasirova, A.A.Artikov. Determination of the process mass release coefficient in a flotation apparatus. «Актуальные научные

исследования в современном мире» ISCIENCE.IN.UA ISSN 2524-0986, Украина, 2021, (РИНЦ), 10-12 с. http://elibrary.ru/title_about.asp?id=58411.

11. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н. Программное обеспечение для расчета одно казислойной флотации калийных солей/ Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Гувохнома № DGU 20120197, 15.05.2020.

12. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н., Холиков М.М. Программное обеспечение для расчета пяти казислойной флотации калийных солей. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Гувохнома № DGU 20120198, 15.05.2020.

13. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н., Мирзакулов Х.Ч. Программное обеспечение для расчета десяти казислойной флотации калийных солей. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Гувохнома № DGU 20120199, 15.05.2020.

14. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н., Мирзакулов Х.Ч., Холиков М.М. Программное обеспечение для расчета двухаппаратной установки десяти квазислойной флотации калийных солей. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Гувохнома № DGU 20201318, (DGU 12665), 03.08.2020.

15. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н., Мирзакулов Х.Ч., Холиков М.М. Программное обеспечение для расчета трехаппаратной установки десяти квазислойной флотации калийных солей. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Гувохнома № DGU 20201319, (DGU 22086), 03.08.2020.

16. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н., Мирзакулов Х.Ч., Холиков М.М. Kaliy tuzini olishda flotatsiya ob'ektining gaz fazasini o'n ikki bo'limli kvaziapparatli jarayonini hisoblash dasturi. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Гувохнома № DGU 20220210, (DGU 14797), 19.01.2022.

17. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н., Холиков М.М. Kaliy o'g'itini olishda uch apparatli flotatsiya jarayonini hisoblash dasturi. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Гувохнома № DGU 20220211, (DGU 14796), 19.01.2022.

18. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н. Улучшение качества флотационной продукции интеллектуальным исследованием. Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем: сборник научных трудов Всероссийской научно-технической

конференции (27-28 мая 2020 года)/ ISBN 978-5-907205-39-1, ЗАО «Университетская книга». Курск, РФ. 2020. 317 с., (18-20 стр.).

19. Исаков А.Ф., Артиков А.А., Насирова Ш.Н. Инновационное предложение помодернизации флотационного аппарата. Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем: сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции. (27-28 мая 2020 года)/ ISBN 978-5-907205-39-1, ЗАО «Университетская книга». Курск, РФ. 2020, 317 с, (21-23 стр).

20. Исаков А.Ф., Насирова Ш.Н., Мирзакулов Х.Ч., Артиков А.А., Исокова М.Ф. Simulation of three hardware objects for potassium ore flotation control. Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari 27-28 oktabr, 2022. Navoiy, O‘zbekiston, 30-33 betlar.

21. Исаков А.Ф., Насирова Ш.Н., Артиков А.А., Исокова М.Ф. Инновационное предложение по модернизации флотационного аппарата. Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari 27-28 oktabr, 2022. Navoiy, O‘zbekiston. 320-323 betlar.

22. Исаков А.Ф., Насирова Ш.Н. Оптимизация технологического процесса флотации компонентов в производстве калийного удобрения. “Ilm-fan va ta’limda innovatsion yondashuvlar, muammolar, taklif va yechimlar” mavzusidagi 24-sonli respublika ilmiy-onlayn konferensiyasi materiallari to‘plami, Toshkent, O‘zbekiston. 2022, 37-39 betlar.

Автореферат “Дурдона” нашриётида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек,
рус ва инглиз тилларидаги матнларнинг мослиги текширилди.

Босишга рухсат этилди: 20.07.2023 йил. Бичими 60x84 1/16 ,
«Times New Roman» гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 3. Адади: 100 нусха. Буюртма № 16.
Гувоҳнома АИ №178. 08.12.2010.

“Садриддин Салим Бухорий” МЧЖ босмахонасида чоп этилди.
Бухоро шаҳри, М.Иқбол кўчаси, 11-уй. Тел.: 65 221-26-45

