

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.T.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

АРИПДЖАНОВ ОЙБЕК ЮСУПДЖАНОВИЧ

**КОМПОЗИЦИОН СОРБЕНТЛАР БИЛАН ТАБИИЙ ҲАМДА
ИККИЛАМЧИ ГАЗЛАРНИ ОЛТИНГУГУРТ БИРИКМАЛАРИДАН
ТОЗАЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

02.00.08-Нефть ва газ кимёси ва технологияси

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

Тошкент - 2019

Фалсафа(PhD)доктори диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Арипджанов Ойбек Юсупджанович

Композицион сорбентлар билан табиий ҳамда иккиламчи газларни олтингугурт бирикмаларидан тозалаш технологиясини такомиллаштириш 3

Арипджанов Ойбек Юсупджанович

Усовершенствование технологии очистки серосодержащих природных и вторичных газов композиционными сорбентами 21

Aripdjanov Oybek Yusupdjanovich

Development of the technology of purifying natural and secondary gases from sulphurcontaining compounds with the help of composite sorbents..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

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

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

АРИПДЖАНОВ ОЙБЕК ЮСУПДЖАНОВИЧ

**КОМПОЗИЦИОН СОРБЕНТЛАР БИЛАН ТАБИЙ ҲАМДА
ИККИЛАМЧИ ГАЗЛАРНИ ОЛТИНГУГУРТ БИРИКМАЛАРИДАН
ТОЗАЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

02.00.08-Нефть ва газ кимёси ва технологияси

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

Тошкент - 2019

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.1.PhD/Т382 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати учта тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифада www.tkti.uz ва «ZiyoNET» Ахборот-таълим порталида (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Нуруллаев Шавкат Пайзиевич**
кимё фанлари номзоди, профессор

Расмий оппонентлар: **Башкирцева Наталья Юрьевна**
техника фанлари доктори, профессор

Юнусов Мирахмад Пулатович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **Ўзбекистон нефть-газ саноати илмий-тадқиқот ва
лойиҳалаш инсититути**

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.04.01 рақамли Илмий кенгашнинг «20» июль 2019 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтоҳур тумани, А. Навоий кўча, 32-уй. Тел.: (99871)244-79-20, факс: (99871)244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz. Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (80 рақам билан рўйхатга олинган).

Манзил: (100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтоҳур тумани, А. Навоий кўча, 32-уй. Тел.: (99871)244-79-20).

Диссертация автореферати 2019 йил «6» июль тарқатилди.

(2019 йил «17» июль даги 2 рақамли реестр баённомаси).

С.М. Туробжонов

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

А.С. Ибодуллаев

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

Г. Р.Рахмонбердиев

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунё миқёсида нефт ва газларни таркибидаги нордон газлардан тозалашда табиий, органоминерал, синтетик ва композицион сорбентлардан фойдаланилди, уларнинг ишлаб чиқариш йилдан-йилга ошиб бормоқда. Шулардан 55% табиий ва саноат ишлаб чиқаришида ҳосил бўлувчи газларни олтингугурт сақловчи органик бирикмалар, меркаптанлар, карбонилсульфид, углерод дисульфиди ва таркибида бошқа олтингугурт сақловчи бирикмалардан тозалаш мақсадида ишлатилади. Шу билан бирга бу сорбентларни янги композицион универсал авлодини ва уларни олиш, ишлатилиш технологияларини ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Бугунги кунда жаҳонда сорбентларнинг янги наноструктурага эга бўлган композицион турларини синтез қилиш, уларни нефт ва газни қайта ишлаш жараёнида ҳосил бўлувчи газлар таркибидаги нордон аралашмалардан тозалашда қўллаш технологияларини ишлаб чиқиш, сорбентларнинг физик-кимёвий ҳоссаларининг барқарорлигини ошириш ва нефт-газни қайта ишлаш саноати корхоналарининг экологик шароитларини яхшилаш, иккиламчи сорбентларни қайта ишлаш устида илмий изланишлар олиб борилмоқда.

Мамлакатимизда охирги йилларда асосий эътибор нефть ва газни қайта ишлаш саноати корхоналарида табиий ва ажралиб чиқувчи газларни олтингугурт сақловчи органик бирикмалар, меркаптанлар, карбонилсульфид (COS), углерод дисульфиди (CS₂) ва сульфид эфирларидан (RSR) тозалаш усулларини, ҳамда газларни тозалаш учун юқори самарадор янги композицион абсорбентларни яратиш ва тозалаш технологияларини такомиллаштиришда муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегиясида «Саноатни сифат жиҳатидан янги босқичга кўтариш, маҳаллий ҳом-ашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш» вазифалари белгилаб берилган. Бу борада табиий газни қайта ишлаш ва кимё ишлаб чиқаришида ажралиб чиқувчи газларни нордон компонентлардан тозалашга мойил ва таркибида турли ҳил функционал гуруҳлари мавжуд янги композицион абсорбентларни яратишга қаратилган илмий изланишлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларида Ўзбекистонни ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сон «Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида»ги, 2018 йил 7 майдаги ПҚ-3689-сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва соҳаларига инновацияларни жорий этиш механизмларини такомиллаштириш бўйича қўшимча чора тадбирлар тўғрисида»ги, 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сон «2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2018 йил 25 октябридаги ПҚ-3983-сон «Ўзбекистон Республикасида кимё саноатини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармонлари ва қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ ҳолда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Композицион сорбентлар билан табиий ҳамда иккиламчи газларни олтингугурт бирикмалардан тозалаш технологиясини такомиллаштириш бўйича Ю. Аксельрод, С. Бланк, А. Коул, Х. Ман, А. Афанасьев, Д. Кемпбел, В. Рогозин, В. Мастек, А. Луин, Э. Диллон, Ю.Г. Фролов, А.А. Алимов, Б.Н. Хамидов, М.П. Юнусов, В.П. Гуро, С.М. Туробжонов, Г. Рахматқариев ва бошқа олимлар илмий изланишлар олиб боришган.

Бу борада композицион сорбентларни олиш ва ишлатишнинг технологик параметрларининг оптимал ечимларини топиш, турли сорбентларнинг таркиби ва композицион сорбентларнинг ўзаро муносиблиги, ҳамда нордон компонентларни тозаловчи юқори самарадор композицион сорбентларни олиш ва технологиялари ишлаб чиқилган.

Шу билан бирга, ҳозирги кунда саноат қурилмаларини коррозиядан сақлашни яхшиловчи, юқори абсорбциялаш ҳажмига эга, абсорбцияланиш ва десорбцияланиш ҳароратларини тушириш, катта миқдорда кўпик ҳосил қилмаслиги, абсорбентларни кам миқдорда сарфлаш, абсорбентни ишлаш муддатини оширишни таъминловчи композицион сорбентларни синтез қилиш ва уларда янги фаол қўшимчаларни қўллаш, уларнинг технологик, амалий, экологик ва иқтисодий жиҳатларини ўрганиш ҳамда диэтанолламин ва метилдиэтанолламин асосида унумдор композицион сорбентларни яратиш йўналишида илмий ишлар олиб борилмоқда.

Диссертация тадқиқотининг бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий тадқиқот ишлари режасининг 6/15-я-сон «Олтингугурт олиш қурилмасида чиқувчи олтингугуртли ташланма газларни тозалаш технологиясини ишлаб чиқиш» (2015-2016 йй.) мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида амалга оширилган.

Тадқиқотнинг мақсади композицион сорбентлар билан табиий ҳамда иккиламчи газларни олтингугурт бирикмаларидан тозалаш технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

газларни нордон компонентлардан тозалаш учун таркибида азот- ва аминсакловчи сувда эрувчи полиэлектrolитлар билан диэтанолламин ва метилдиэтанолламинни модификациялаш таркиби ва технологиясини яратиш;

яратилган янги композицион абсорбентларни газ таркибидаги H_2S ва CO_2 ларни абсорбция ва десорбциясига таъсирини ўрганиш;

диэтанолламин ва метилдиэтанолламин асосидаги композицион абсорбентларни H_2S ва CO_2 атмосферасида қиздирилиши натижасида юзага келадиган термохимёвий ўзгаришларни назарий хоссаларини аниқлаш;

яратилган композицион абсорбентни қурилма жихозларини коррозияланиши тезлигига таъсирини тадқиқ қилиш;

яратилган композицион сорбентлар билан табиий ҳамда иккиламчи газларни олтингугурт бирикмаларидан тозалаш технологиясини такомиллаштириш.

Тадқиқотнинг объекти табиий, иккиламчи газ, H_2S , CO_2 , меркаптанлар, карбонилсульфид (COS), углерод дисульфиди (CS_2), сульфид эфири (RSR) ва бошқа олтингугурт сакловчи нордон компонентлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети диэтанолламин, метилдиэтанолламин, метилэтанолламин, сувда эрувчи ФЭАП-1, ФЭАП-2 полиэлектролитлари, кальций карбонати, аммоний гидроксиди, табиий, иккиламчи газ тозалаш технологик жараёни ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида сорбентларнинг физик-химёвий хоссалари ва тузилишини ўрганишда ИҚ-спектроскопия, потенциометрия, фотоколориметрия, газ хроматографияси, термогравиметрия, ЯМР ва бошқа замонавий таҳлил усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

диэтанолламин ва метилдиэтанолламинлар билан фуран бирикмаларини олишдаги куб қолдиқлари асосида синтез қилинган полиэлектролитларни ишлатган ҳолда композицион абсорбентнинг олиш таркиби ва технологияси яратилган;

диэтанолламин+метилдиэтанолламин+азот ва аминсакловчи полиэлектролит саклаган композицион абсорбентнинг табиий ва иккиламчи газларни нордон компонентлардан тозалаш жараёни ва селективлиги аниқланган;

яратилган композицион абсорбент физик-химёвий хоссаларига технологик жараёндаги H_2S/CO_2 ҳажмий миқдори, абсорбент ва жараён температуралари, босим ҳамда вақт таъсири аниқланган;

яратилган композицион абсорбентларни қурилма жихозларини коррозиялаш хусусиятлари температура ҳамда уларни H_2S ва CO_2 билан тўйиниш даражасидан ташқари газ, диэтанолламин ва метилдиэтанолламин таркибидаги H_2S/CO_2 ларнинг миқдорий нисбатига боғлиқлиги аниқланган;

табиий ва иккиламчи газларни нордон компонентлардан композицион сорбентлар билан тозалаш технологияси такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

газларни нордон компонентлардан тозалаш учун таркибида азот- ва аминсакловчи полиэлектролит билан диэтанолламин ва метилдиэтанолламинни модификациялаш таркиби матрицаси яратиш;

таркибида азот- ва аминсакловчи полиэлектролит қўшимчаларини қўллаган ҳолда композицион абсорбентларнинг термохимёвий барқарорлиги ва

абсорбентлар тозалаш қурилмасининг жиҳоз, ҳамда ускуналарини кам даражада коррозияланиши хусусиятлари мавжудлиги аниқланган;

газни қайта ишлаш корхоналарида кристалл ҳолдаги олтингугурт олиш қурилмасига бериладиган иккиламчи газлар таркибидаги олтингугурт бирикмаларини тозалаш учун ҳозирги кунда қўлланилаётган NaOH эритмаси билан тозалаш усули ўрнига $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ва $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ реагентларини ишлатиб, NH_4OH ёрдамида суюқ ҳолда тозалаш усули ШГKM У200 қурилмасида қўллаб S-бирикмаларини сақловчи нордон эритмаларни тозалаш жараёнларини модернизация қилиш технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги, синтез қилинган бирикмаларнинг таркиби ва тузилиши замонавий физик-кимёвий ИҚ-спектроскопия, потенциометрия, фотоколориметрия, газ хроматографияси, термогравиметрия, ЯМР фойдаланилганлиги ҳамда олинган натижаларнинг ишлаб чиқариш амалиётига мослиги билан исботланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти диэтанолламин ва метилдиэтанолламин ҳамда азот- ва аминсақловчи сувда эрувчи полиэлектrolитлар асосида реологик ва физик-кимёвий талаб асосида бўлган самарадор композицион сорбентларни олишнинг оптимал шароитли хоссалари илмий асосланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти яратилган композицион сорбентларни табиий газни қайта ишлаш ва саноат миқёсида чиқувчи иккиламчи газларни тозалаш жараёнида қўллаш натижасида юқори абсорбциялаш ҳажмига эгаллиги, термокимёвий жиҳатдан барқарорлиги, жиҳозларни коррозияланишга деярли учратмаслиги, абсорбцияланиш ва десорбцияланиш ҳароратлари анча пастлиги, катта миқдорда кўпик ҳосил қилмаслиги, абсорбентларни кам миқдорда сарфланиши, абсорбентни ишлаш муддатини ошганлиги, ҳамда экологик вазиятга ижобий таъсир этишига хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Композицион сорбентлар билан табиий ҳамда иккиламчи газларни олтингугурт бирикмаларидан тозалаш технологиясини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

таркибида азот- ва аминсақловчи полиэлектrolит қўшимчали композицион абсорбентни олиш технологияси «Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖда 2020-2021 йилларда амалиётга жорий қилиш учун режага киритилган («Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖнинг 2019 йил 7 мартдаги 8-2/ШЖ-1120-сон маълумотномаси). Натижада маҳаллий хомашёлар асосида янги композицион абсорбентни ишлаб чиқариш имконини берган;

диэтанолламин ва метилдиэтанолламин абсорбентлари асосида яратилган, таркибида азот- ва аминсақловчи қўшимчаларни тутган композицион абсорбентни «Муборак газни қайта ишлаш заводи» МЧЖда 2020-2021 йилларда амалиётга жорий қилиш учун режага киритилган («Ўзбекнефтегаз» АКнинг 2019 йил 2 апрелдаги 02/12-1-64-сон маълумотномаси). Натижада газларни нордон компонентлардан тозалашни абсорбцион ҳажми 2 баробарга ошириш ҳамда

хориждан импорт қилинадиган абсорбентлар миқдорини 10-15% камайтириши имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 11 та Республика миқёсида ўтказилган илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 26 та илмий иш чоп этилган. Шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 11 та илмий мақола, жумладан 9 та Республика нашрларида ва 2 та хорижий журналларда нашр этилган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Олтингугурт бирикмаларидан газларни тозалаш технологиясининг замонавий ҳолати ва ривожланиш истиқболлари**» деб номланган биринчи бобида газни қайта ишлаш заводларининг замонавий ҳолати ва ривожланиш истиқболлари ҳамда қайта ишлаш натижасида таркибида олтингугурт сақловчи чиқувчи газларни тозалаш технологиялари кўрилган. Табиий газларни H_2S ва CO_2 лардан алканолламинлар билан тозалаш жараёнининг таҳлили қилинди. Табиий газни қайта ишлаш ва тозалаш ҳамда олтингугурт сақловчи саноатда чиқувчи иккиламчи газларни композицион абсорбентларни қўллаган ҳолда тозалаш жараёнларининг нисбатан истиқболли йўналишлари, абсорбентларнинг ишчи эритмаларининг жиҳозларни коррозияланишга кам учратиши, кўпик ҳосил қилиниши ва бошқа кўрсаткичлари аниқланди, ДЭА+МДЭА+АВРП композицион абсорбенти ёрдамида табиий газни қайта ишлаш ва кимё саноатида ҳосил бўлувчи иккиламчи газларни тозалаш жараёнини физик-кимёвий асослари ва ҳозирги кунда ШГКМда олтингугурт олиш қурилмасига берилаётган иккиламчи газлар таркибидаги олтингугурт бирикмаларини тозалаш учун қўлланилаётган $NaOH$ нинг ўрнига NH_4OH нинг сувли эритмасини қўллаган ҳолда олтингугурт сақловчи газлардан тозалаш усуллари умумлаштирилди ва тизимлаштирилди. Газларни тозалашнинг комбинацияланган усулини тадбиқ этиш, янги абсорбентлар, адсорбентларни синтез қилиш бўйича изланишларни олиб бориш ва газларни олтингугурт бирикмаларидан тозалаш жараёнларини маҳаллий технологияларининг такомиллаштирилгани етарли даражада ўрганилмаганлиги аниқланди.

Диссертациянинг «Композицион сорбентларни олиш учун объектларни ўрганиш» деб номланган иккинчи бобида АВРП ни қўллаб, олтингугурт сақловчи газларни композицион абсорбентлар билан тозалашни абсорбцион усуlining мақсадга мувофиқлиги ва истиқболлиги илмий-назарий асосланган, абсорбентларда H_2S ва CO_2 нинг мувозанат ҳолатга келгандаги эрувчанлиги ўрганилди.

АВРП эритмаларининг физик-кимёвий хоссалари электр ўтказувчанлиги ва сирт тортишувининг нисбий қийматлари бўйича таснифланган, термогравиметрик таҳлил ўтказилди. МДЭА/ДЭА абсорбент аралашмасига қўйиши учун олинган модда тўқ жигарранг тусли сувда яхши эрувчи бир текисли масса-дан иборат. Шартли равишда «ФЭАП-1» ва «ФЭАП-2» деб номланган янги олинган сувда эрувчи полиэлектродитларнинг таркибини ва таснифини ўрганиш учун элемент таҳлил, потенциометрик титрлаш, ИҚ-спектроскопия усуллари ўрганилди. Полиэлектродитларнинг кимёвий таркиби 1- жадвалда келтирилган.

Термогравиметрик тажрибалардан кўриндики, таркибида азот- ва амин-сақловчи сувда эрувчи полиэлектродитлар бошқа сериядаги ВРПга нисбатан анча термик барқарордир.

1-жадвал

Азот- ва аминсақловчи сувда эрувчи полиэлектродитларнинг кимёвий таркиби ва баъзи бошқа таснифлари

№	Полиэлектродитларнинг Номи	Элемент миқдори %					Миқдори, мг		Кислота сони, мг КОН	1%-ли эритманинг қовушқоқлиги
		Углерод	Водород	Азот-	Олтингугурт	Кислород	Na_2O	CO_2		
1	ФЭАП-1	41,15	4,12	7,85	-	42,95	7,15	5,35	466	20-30
2	ФЭАП-2	47,65	3,65	2,70	-	33,45	13,27	5,12	495	12-25

АВРП ни қўллаган ҳолда яратилган композицион абсорбентларнинг регенерацияланиши ва коррозия хоссалари ўрганилди. Регенерацияланган эритмада H_2S нинг миқдори дастлабки билан солиштирилганда 15 дақиқадан сўнг 6 марта, 30 дақиқадан сўнг 13 марта, 60 дақиқадан сўнг эса 20 марта камайгани, яъни 60 дақиқадан сўнг регенерация деярли тугатилиши аниқланди. Шунингдек, композицион абсорбентда жиҳозларни коррозияланиши кўпгина омилларга боғлиқлиги аниқланган, яъни тозаланаётган газдаги H_2S ва CO_2 нинг концентрациясига, нордон газлар билан аминларни тўйиниш даражаси, аминнинг температураси ва концентрациясига, эритманинг ютиш сифатига ва бошқа омилларга боғлиқлиги аниқланган. Тажриба «Газ қурилмасини коррозияланишдан назорат қилиш йўриқномаси»га асосан гравиметрик усул ёрдамида ўтказилди. Металл коррозиясининг тезлиги (k) қуйидаги формула билан ҳисоб-

ланди: $k=(q_1-q_2)/(s \cdot \tau)$, г/(м²·соат), бу ерда q₁-пластинани тажрибагача бўлган оғирлиги, q₂- пластинани тажрибадан кейинги оғирлиги, s-пластин юзаси, τ- тажриба вақти. k=1,12 мм/йилга тенг эканлиги аниқланди.

Диссертациянинг «**Турли хил азот- ва аминсақловчи органик бирикмалар билан H₂S ва CO₂ ларнинг таъсирланишини тадқиқ қилиш**» деб номланган учинчи боби кўшимчаларни ДЭА ҳамда МДЭАни H₂S ва CO₂ ларни абсорбция ва десорбция қилишга таъсир этиш қобилиятини ўрганишга бағишланган.

Ўрганилган МДЭАнинг ҳамма композициялари кўшимчалар билан газдан ажратиб олинган, H₂S ва CO₂ қисман ажратиб олинган: абсорбер орқали ажратиб олинмаган CO₂ нинг миқдори кўшимчасиз 50% ДЭА ва МДЭА билан солиштирилганда 60-73,5% ни ташкил этди. Аммо кўшимчалар сифатида кислоталар ишлатилган ҳолатда табиий газни H₂S дан тўлиқ тозаланмаган ҳоллари учради - H₂S ажралиши 88-98,5 % ташкил этди.

Органик асослар, масалан, этанол ва бошқа аминлар сувли эритмаларда дисперс системани ҳосил қилади, коллоид-кимёвий хоссалари эса (кўпик ҳосил қилиш, қовушқоқлик ва ҳ.) уларнинг сувда эрувчанлиги ва физик-кимёвий хоссаларига нисбатан фарқ қилади. Шунга кўра, баъзи алканоламинлар ва таклиф этилган АВРП иштирокидаги композицион абсорбентнинг диссоцияланиш константаси (K) аниқланган (2- жадвал).

2-жадвал

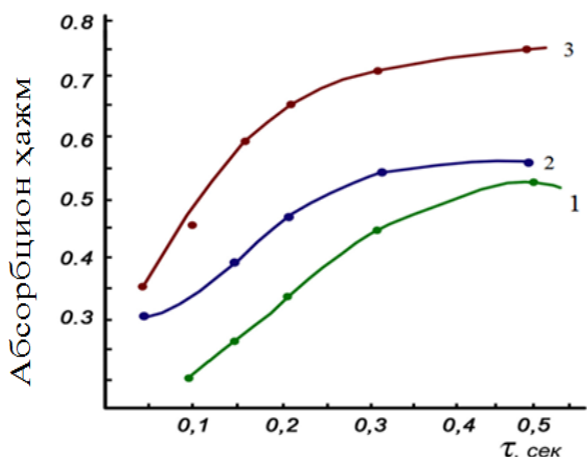
Баъзи алканоламинлар ва таклиф этилган АВРП иштирокидаги композицион абсорбентнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари

Абсорбент формуласи	Бирикма номи	T _{суюк.} , °C	T _{кай.} , °C	Зичлик, d ₄ ²⁰	K, сувда 25°Cда
HOCH ₂ CH ₂ -NH ₂	Этаноламин	10,5	172,2	1,018	3,63 · 10 ⁻⁷
(HOCH ₂ CH ₂) ₂ -NH	Диэтаноламин	18	268	1,096	1,32 · 10 ⁻⁹
HOCH ₂ CH ₂ N(CH ₃) ₂	Метил ДЭА	3,5	198	1,109	1,50 · 10 ⁻⁷
NH ₂ (CH ₂) ₆ NH ₂	Гексамети-Лендимин	31,7	-	1,089	2,1 · 10 ⁻⁷
АВРП	ФЭАП-1 ФЭ-АП-2	33,4	-	1,105	1,89 · 10 ⁻⁷

Бу жадвалда келтирилганлардан кўриниб турибдики, диссоцияланиш константасининг маълум даражада пасайиши уларнинг физик-кимёвий хоссалари билан мувофиқлаштирилади ва сувда эрувчанлигига қаратилади.

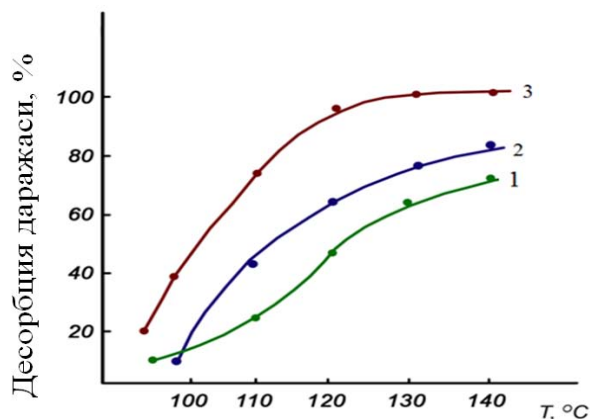
Келтирилган кўрсаткичларнинг ҳаммаси табиий газни нордон компонентлардан тозалаш учун мос келади. Таклиф этилган композицион абсорбент (ДЭА+МДЭА+20%АВРП) этаноламин эритмалари билан яхши уйғунлашади ва абсорбцион эритманинг қатор кўрсаткичларини (нисбий оғирлик, қовушқоқлик, рН ва ҳ.) бошқаришда иштирок этади. Келтирилган композициялар табиий

газни H_2S ва CO_2 дан абсорбцион - десорбцион тозалашда қўлланилган (1 ва 2 расм).



1-40% ДЭА, 2-40%МДЭА,
3-20%АВРП+40% ДЭА+40%МДЭА

1-расм. Сорбентларнинг абсорбцион ҳажмининг тоза газ билан тўқнашиш вақтига нисбатан боғлиқлиги



1-40%ДЭА, 2-40%МДЭА,
3-20%АВРП+40% ДЭА+40%МДЭА.

2-расм. Нордон газ ва уларнинг тўйинган эритмаларининг температурага боғлиқлиги

Боғлиқликларнинг эгри чизиқлари кўрсатадики (1- ва 2- расм), нордон газ-ларнинг таклиф этилаётган композицион абсорбент билан хемосорбция ва десорбцияси ДЭА ёки МДЭАга қараганда юқорироқ ва мўътадилроқдир. Нисбатан сифатли ва самарали миқдор таркибли композициялар эритманинг абсорбцион ҳажмини табиий газнинг нордон компонентлари бўйича 0,75 моль/мольга ва селективлигини 96,0-98,5% гача оширишига имкон берди.

Аминли тозалаш қурилмаларидаги коррозияланиш механизми жуда мураккаб ва етарли даражада ўрганилмаган, чунки газни абсорбцион тозалашда қурилмани коррозияланиши кўпгина факторларга боғлиқ: тозаланган газдаги H_2S ва CO_2 нинг концентрациясига; аминни тўйиниш даражасига; жараён температурасига; қўлланилган абсорбентларнинг концентрациясига; ютувчи эритма сифатига ва бошқа кўрсаткичлари.

ДЭА, МЭТЭГ, ЭМС ва АВРП қўшимчали МДЭА композициясининг сувли эритмаларини пўлат жиҳозларини коррозияланиш хоссалари лаборатория шароитида пайвандланган шишали ампулаларда олиб борилди. У ерга таркибида кам бўлган углерод пўлат (Ст. 10) пластинкаси ҳамда H_2S ва CO_2 билан тўйинтирилган абсорбент юкланади. Абсорбентларнинг тўйиниш даражаси бир моль аминга H_2S+CO_2 нинг $\sim 0,6$ мольни ташкил этди, нисбати $H_2S/CO_2 = 2:1$.

Амин эритмаларининг коррозияли агрессивлиги қўлланилаётган қурилмага нисбатан турли маркали пўлат намуналаридан массасини йўқолиб бориши билан аниқланди. Ст.10 ни коррозияланиш тезлиги бўйича олинган натижалар 3-жадвалда келтирилган.

Кўшимчали МДЭА ва ДЭАнинг сувли эритмаларида*

Абсорбент	Ст.10 ни коррозияланиш тезлиги, мм/йил ¹
40% ДЭА (солиштириш учун)	0,09
40% МДЭА (солиштириш учун)	0,51
40% МДЭА+10% ДЭА	0,065
40% МДЭА+10%ЭМС (10% МЭ-ТЭГ)	0,040
40% МДЭА+20% АВРП	0,030

*Ст.10 ни коррозияланиш тезлиги (шишали ампулалар) ($t=80^{\circ}\text{C}$, $\tau=100$ соат, аминларнинг тўйиниши $\sim 0,6$ моль/моль, нисбат $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2=2:1$)

Ўрганилган шароитлардан кўришиб турибдики, МДЭА эритмасида Ст.10 ни коррозияланиш тезлиги ДЭАга нисбатан бир қанча юқори, 0,51 мм/йил ва 0,09 мм/йилга тенг, яъни бу кўрсаткич мос равишда МДЭАга 10% ЭМС ва 20% АВРП қўшилганда пўлатнинг коррозияланиш тезлигини 1,5-2,0 марта камайтиради. Шундай қилиб, лаборатория ва тажриба-саноат синовлари экспериментал маълумотларига асосланган ҳолда хулоса қилиш мумкинки, Муборак ГҚИЗ дан аминли абсорбентларнинг тўйиниш даражасининг 0,5 дан 0,8 моль/моль гача ортиши десорбер ва қайнатгичда коррозияланиш тезлигининг ортишига олиб келди.

CO_2 иштирокида аминларни деградацияси бўйича иккита тажриба ўтказилди. Жараён пайвандланган шишали ампулаларда ва металл реакторларда CO_2 босими остида олиб борилди. МДЭА, ДЭА ва композицион МДЭА+ДЭА+АВРП абсорбентни 40% ли эритмаси H_2S ва CO_2 билан тўйинтирилди, ёки уларнинг аралашмаларини (2:1 ҳажм бўйича) нордон газларнинг миқдори 0,6 моль/моль даражада амин билан тўйингунича тўйинтирилди. Пайвандланган ампулалар 80°C температурада 180 соат давомида ушлаб турилди, сўнгра аминлар капилляр газ хроматография усули билан таҳлил қилинди. Бу дастлабки аминлар ва уларнинг реакцияга киришган маҳсулотларининг концентрациясини аниқлаш мақсадида таҳлил қилинди. Синов шароитлари олтингугуртдан тозалаш саноат қурилмаларига яқин. Уларнинг натижалари 4 жадвалда келтирилган.

Олинган натижаларга кўра, қабул қилинган шароитларда МДЭА - барқарор. ДЭА ва МДЭА+ДЭА+АВРП аралашмаси CO_2 иштирокида деградация маҳсулотларини ҳосил қилади (ДЭА ҳисобига). Аммо иккита газ атмосферасида, яъни H_2S ва CO_2 - деградация маҳсулотлари икки уч маротаба кам ҳосил бўлади. Бунда H_2S деградация жараёнини ингибирлайди.

АВРПни қўллаган ҳолда композицион абсорбентни калориметрик усул билан тадқиқ қилиш натижалари кўрсатдики, умумий синтез бир неча босқичда

олиб борилади, аммо ҳар бир босқич ўзининг иссиқлик самараси билан жуда тезда содир бўлади.

4-жадвал

CO₂ билан тўқнашуви натижасида содир бўладиган термохимёвий ўзгаришларда абсорбент таркибидаги аминлар миқдорининг ўзгариши*

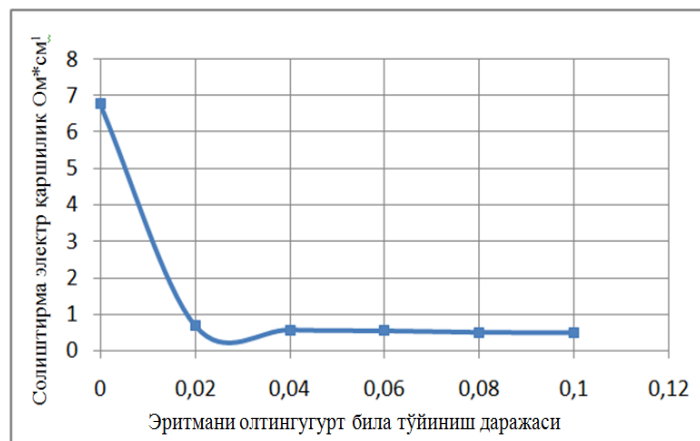
№	Абсорбент (Амин)	Абсорбентда амин миқдори, % масс.				
		Дастлабки Миқдор	Температурада ушлаб турилгандан сўнг, соат			
			24	48	67	94
t = 120°C + CO ₂						
1	МДЭА	100	-	-	-	98,2
2	ДЭА	100	97,2	92,0	91,1	90,3
3	АВРП	100	93,8	90,4	89,3	88,1
t = 130°C + CO ₂						
4	МДЭА	100	99,1	97,9	97,1	96,0
5	ДЭА	100	88,2	70,1	63,3	55,2
6	МДЭА+ДЭА (30x70%)	100	95,4	88,0	-	79,5
7	АВРП	100	99,6	98,8	96,5	95,8
8	МДЭА+ДЭА+АВРП (70x20x10%)	100	96,7	92,7	-	85,1
9	ММЭА	100	92,1	75,1	-	-
10	ЭМС	100	99,8	-	-	99,2
t = 150°C + CO ₂						
11	МДЭА	100	-	-	-	90,9
12	ДЭА	100	70,3	42,2	32,1	22,1
13	ММЭА	100	45,4	-	-	11,4
14	АВРП	100	78,4	40,4	30,3	20,5

*(P_{CO₂} = 0,7 МПА, тўқнашув давомийлиги ~100 соат, амин концентрацияси 70% масс.)

Реакция боришининг муҳим аҳамияти шундаки, унинг иссиқлик самараси реакция аралашманинг температурасига боғлиқ. 25°C температурада реакциянинг иссиқлик самараси МЭА ҳисобида 48 ккал/г·град га тенг. Реакция температураси 35°C бўлганда бу 47 ккал/г·град ни ташкил этади, яъни жуда оз миқдорда ўзгаради. Бу эса композицион абсорбентларни синтез қилиш

реакцияларининг кўп босқичлилиги ҳамда экзотермик ва эндотермик реакцияларининг содир бўлиши ҳақидаги таҳминларни исботлайди.

3-расмда (1:3) эритма намунасининг солиштирма қаршилигининг дастлабки эритмада ишланган эритма улушига нисбатан боғлиқлиги кўрсатилган.



3-расм. АВРП (1:3) эритма намунасининг нисбий қаршилигининг эритмани олтингугурт билан тўйиниш улушига нисбатан боғлиқлиги

Берилган маълумотларга кўра, АВРП иштирокидаги композицион абсорбентнинг сувли эритмасининг солиштирма қаршилиги дастлабки реагентда ишланган эритмани пайдо бўлиши билан пасаяди. Дастлабки реагентда ишланган эритманинг улуши 20% дан ошса, солиштирма қаршилик секин аста пасая бошлайди. Шунга кўра эритманинг солиштирма қаршилиги кўрсаткичи газни олтингугуртдан тозалашда реагентни бошланғич ишланиш индикатори сифатида хизмат қилиши мумкин.

МДЭА+ДЭА+АВРП композицион абсорбентнинг термохимёвий барқарорлиги қабул қилинган шароитларда барқарордир. ДЭА ва МДЭА+ДЭА+АВРП аралашмаси CO_2 иштирокида деградация маҳсулотларини ҳосил қилади. Иккита газ атмосферасида - H_2S ва CO_2 - деградация маҳсулотлари икки-уч марта камроқ ҳосил бўлади, яъни H_2S деградация жараёнини ингибирлайди. Тизимнинг температураси ва CO_2 нинг миқдори аминлар деградациясига муҳим таъсир кўрсатади.

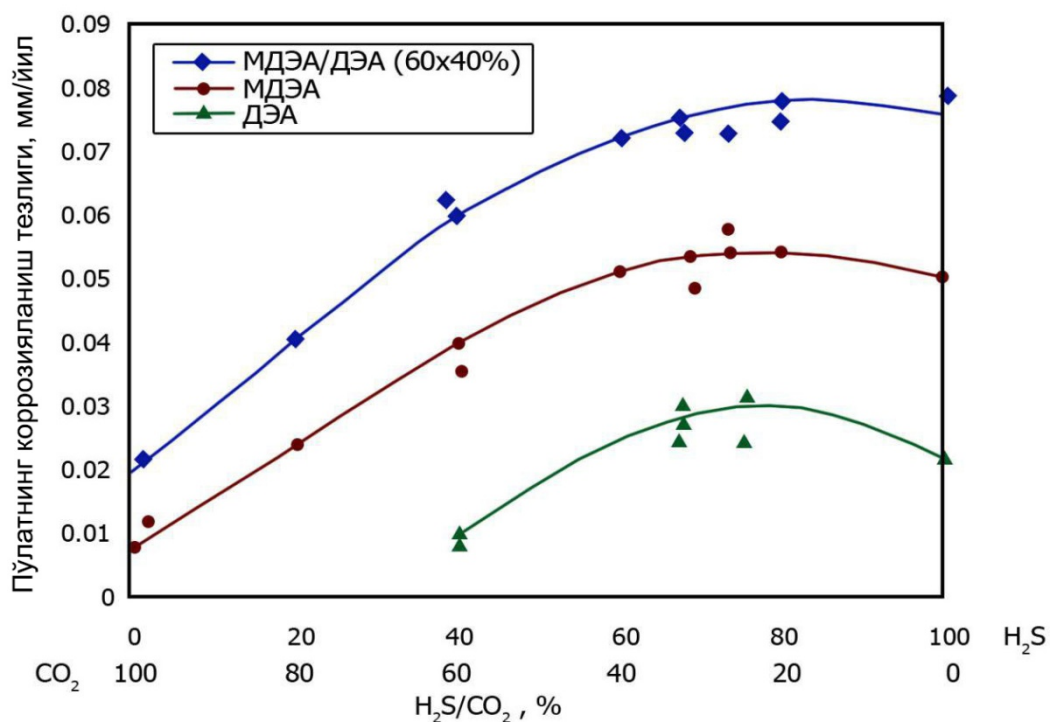
Диссертациянинг «**Композицион абсорбентни қўллаган ҳолда газни тозалаш технологиясини яратиш**» деб номланган тўртинчи боби H_2S дан газни тозалаш учун ДЭА+АВРП, МДЭА+АВРП абсорбентини тадқиқ қилиш ва АВРП сарфланиш коэффициенти катталигига таъсир этувчи асосий омилларни ўрганишга бағишланган.

Композицион абсорбентлар иштирокида олтингугуртдан тозалаш жараёнини технологиясининг экспериментал ишланмаси МГҚИЗнинг кичик қурилмаларида олиб борилган. Газни олтингугурт сақловчи бирикмаларидан тозалашда, бу қурилмаларда ҳам киришда, ҳам чиқишда реагент синовдан ўтказилган. Бу табиий газни тозаланиш самарадорлигини аниқлаш мақсадида

ўтказилган. Синовларни экспериментал қурилмаларда ўтказилаётганда тозаланган газнинг сарфи ва унинг таркибидаги олтингугуртли бирикмаларнинг миқдори назорат қилинди, ҳамда табиий газни олтингугурт бирикмаларидан тозалаш жараёнида синтез қилинган реагентнинг самарадорлиги аниқланди ва оптимал режим параметрлари танланди.

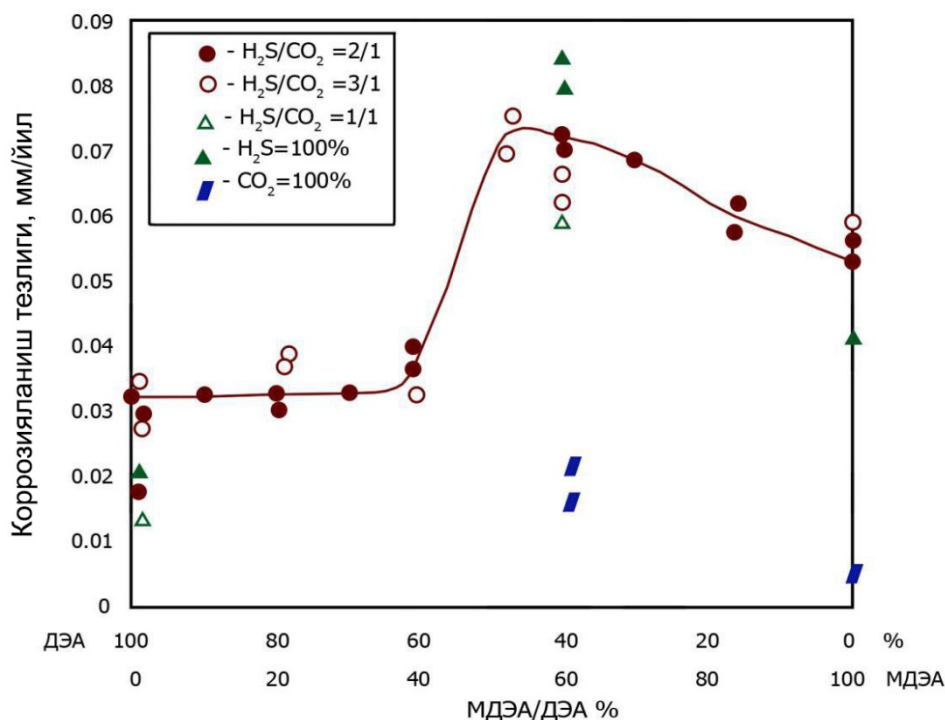
Тажирибалар натижалари ДЭА+МДЭА+АВРП композицион абсорбенти 1,5 ой давомида сақлангандан сўнг ҳам газни олтингугурт бирикмаларидан тозалашда ўзининг барқарор самарадорлигини йўқотмаслигини ҳамда сарфланиш коэффициентларининг маълум диапазони (0,015-0,018 л/г H_2S) газнинг қуйи чизиқли соҳаларида (0,02-0,04 м/сек) эканлигини ва бу реакция тўқнашиш зонасида етарлича вақт давомида (10-18 сек.) бўлишига мос келишини кўрсатди.

4-,5-расмлар ва 5-жадвалда келтирилган тадқиқот натижаларида турли таркибли ДЭА+МДЭА абсорбентларда фақатгина H_2S билан тўйинтирилган ҳолатда Ст.10 коррозия тезлиги юқори бўлиши, фақатгина CO_2 билан эса пастроқ бўлиши кўрсатилган. Автоклалда ўтказилган экспериментлар маълумотлари ҳам таркибида 40% дан ортиқ миқдорда МДЭА бўлган МДЭА+ДЭА эритмаларининг коррозия агрессивлигининг ортишини тасдиқлайди. Бу абсорбентга АВРП 10% миқдорда қўшилганда пўлатнинг коррозияланиш тезлигини 2 марта пасайиши, 20% миқдорда эса 3 баробар пасайишини кўрсатди. Бунда абсорбентни H_2S ва CO_2 тўйиниш даражаси ҳамда температураси маълум даражада унинг коррозия хоссаларини аниқлайди. Зангламас пўлат коррозияга деярли учрамайди.



(Ст. 10; $t=80^{\circ}C$; $\alpha=0,6$ моль/моль; $\tau =100$ соат)

4 расм. Углеродли пўлатнинг коррозияни тезлигига H_2S/CO_2 миқдорий нисбатининг таъсир этиши



($t = 80^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 0.6$ моль/моль, $\tau = 100$ соат)

5 расм. Углеродли пўлатнинг коррозия тезлигига МДЭА/ДЭА ва H₂S/CO₂ миқдорий нисбатларининг таъсир этиши

5-жадвал

Ст.10 маркали углеродли пўлатнинг МДЭА+ДЭА+АВРП абсорбентидаги коррозия тезлиги*

№	Абсорбент	Пўлатнинг коррозия тезлиги, мм/йил
1.	ДЭА	0,09
2.	МДЭА	0,51
3.	МДЭА+ДЭА (20x80%)	0,09
4.	МДЭА+ДЭА (30x70%)	0,10
5.	МДЭА+ДЭА (50x50%)	0,25
6.	МДЭА+ДЭА (60x40%)	1,05
7.	МДЭА+ДЭА (70x30%)	0,90
8.	МДЭА+ДЭА (90x10%)	0,65
9.	МДЭА+ДЭА (50x50%) + 10% АВРП	0,10
10.	МДЭА+ДЭА (50x50%) + 20% АВРП	0,06

* (тажрибалар автоклавда ўтказилган) (аминлар концентрацияси 40% масс.; температура 90°C; аминнинг тўйиниши ~1,0 моль/моль; H₂S/CO₂ + 2;1, P_{иш.} ~ 5 МПа; вақти 360 соат)

Табий газни қайта ишлашга тайёрлаш бўйича амалдаги саноат қурилмаларини шароитларида амин сақловчи сувда эрийдиган полиэлектролит - АВРП реагенти иштирокида синтез қилинган композицион абсорбентларни лаборатория масштабида қатор тажрибалар ўтказилди. Экспериментларни

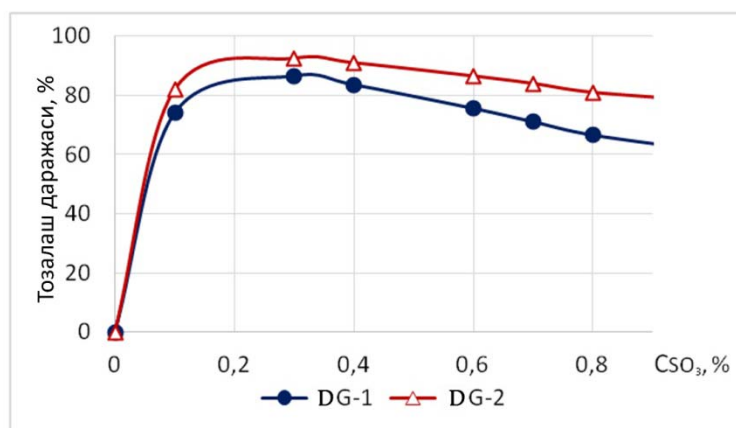
ўтказиш асосида АВРП иштирокидаги композицион абсорбенти табиий газни олтингугуртли бирикмалардан юқори даражада тозалаши ва газларда шу бирикмаларни тўлиқ ютиб олиш қобилияти борлиги кўрсатилди. Табиий газ таркибида углерод диоксидининг бўлиши олтингугурт бирикмаларидан тозалаш самарадорлигига таъсир кўрсатиши аниқланмади.

АВРП иштирокидаги композицион абсорбенти дастлабки газ таркибида водород сульфиднинг миқдорини кескин ортишига мақсадда тутилган «барқарорликни» ва газ сарфининг маълум ўзгаришларига олиб келди.

Чикувчи иккиламчи газлар таркибида кўп компонентли бирикмалар борлигини инобатга олган ҳолда, газни олтингугурт бирикмаларидан дастлабки тозалаш ва утилизация қилишнинг танловчанлигини ва самарадорлигини ошириш мақсадида биз томондан ШГКМдаги У200 қурилмасида SO_3 ни ажратиб олишнинг $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ иштирокидаги хўл ва NH_4OH иштирокидаги қуруқ усулини кўшиб олиб борган ҳолда тозалаш усули таклиф этилди. Бунинг учун Республика кимё саноатининг куб чиқиндилари асосида синтез қилинган янги адсорбент таклиф қилинди. Адсорбентлар 0,3 мм ўлчамли қаттиқ ҳолатдаги доначалардан иборат бўлиб, улар тажриба олдидан шартли равишда DG-1 ва DG-2 деб белгиланган.

Янги DG-1 ва DG-2 адсорбентлар ШГКМнинг Марказий завод лабораториясида синовдан ўтказилди. Танлаб олиш нуқтаси - табиий газ, ўлчов бирлиги моль %. Синовдан ўтказилаётган табиий газ таркибидаги H_2S нинг дастлабки миқдори 0,0654 моль% ни ташкил этди.

DG-1 дан ўтказилгандан сўнг табиий газдаги H_2S нинг миқдори 0,00479 моль %ни ва DG-2 дан эса 0,00560 моль% ни ташкил этди. DG-1 адсорбентини табиий газни H_2S дан тозалаш даражаси 93,0% ни ва DG-2 эса 91,0% ни ташкил қилди. SO_3 концентрациясиинг тозаланиш даражасига боғлиқлиги 6-расмда келтирилаган (адсорбция изотермаси). SO_3 DG-1 билан 98,9% гача (0,3% Cso_3) ва DG-2 билан 88-89% гача (0,25-3,0% Cso_3) бориши кўрсатилган. Шартли равишда DG-1 деб белгиланган адсорбент қуруқ усулда тозалаш жараёнига тавсия этиш мумкинлиги аниқланди.



1-DG-1; 2-DG-2 (25⁰С да)

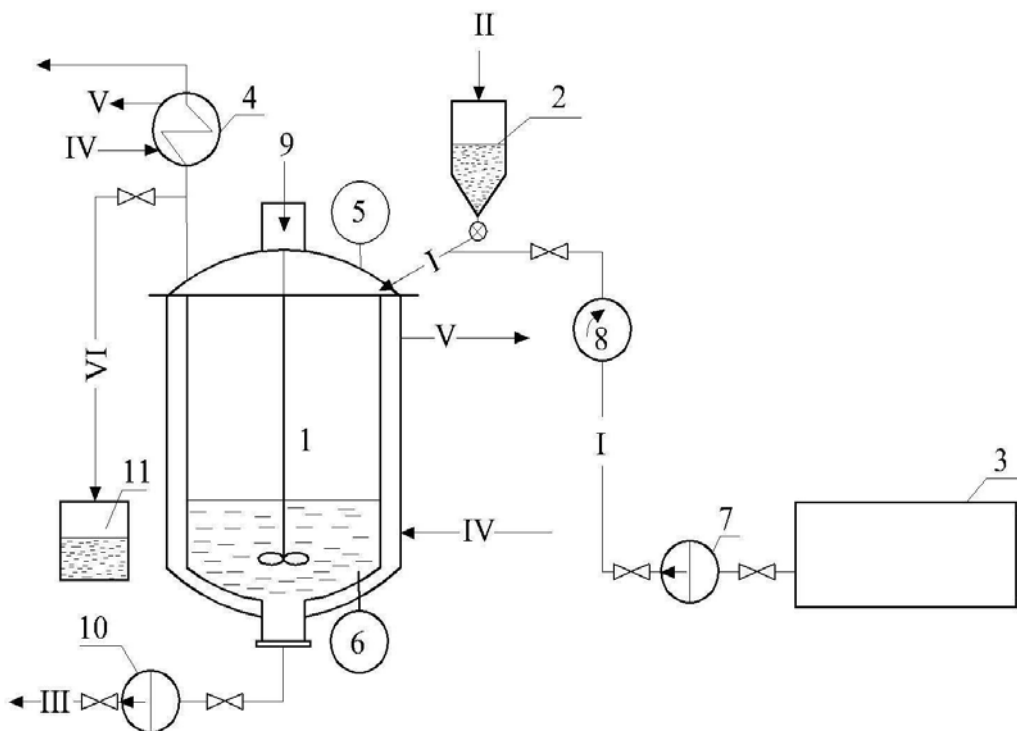
6-расм. SO_3 концентрациясиинг тозаланиш даражасига боғлиқлиги (адсорбция изотермаси)

МЧЖ Муборак ГҚИЗ шароитида ўтказилган тажриба синовларининг сўнгги натижалари газни олтингугуртдан тозалашда АВРПни контакторда қўллаш мумкинлиги ва тажриба синовлари асосида газни олтингугурт бирикмаларидан тозалашда янги композицион абсорбентни қўлланилиши аниқланди.

Азот- ва аминсакловчи сувда эрувчи полиэлектрولит ёрдамида МГҚИЗнинг табиий ва чиқинди газларини олтингугурт бирикмаларидан абсорбцион усул билан тозалашнинг самарадорлигини текшириш масаласи кўрилди. Тажрибалар яхши ўтди ва ижобий натижаларни берди. АВРП реагентли композицион абсорбентни нисбий сарфланиш коэффициентларининг катталикларлари газни тозалашгача бўлган натижалардан юқори бўлмади.

Бунда реагент водородсульфидни юқори даражада ютиш қобилиятини кўрсатди. H_2S нинг миқдори $0,255 \text{ г/нм}^3$ дан $0,48 \text{ г/нм}^3$ гача, кейинчалик бу кўрсаткич $1,85 \text{ г/нм}^3$ гача оширилганида ҳам АВРП реагенти қўшилган композицион абсорбент ўзини юқори самарадорликни пасайтирмайди. Яратилган ушбу технология МГҚИЗда мавжуд таркибида олтингугурт сакловчи дастлабки ҳамда ишлаб чиқаришда чикувчи газларни ҳам тозалаш учун қўллаш мумкин.

АВРП асосида композицион абсорбентни тайёрлаш схемаси 7-расмда келтирилган.



1-реактор; 2-параформ дозатори; 3-ДЭА (ёки МДЭА учун) учун идиш;
4-советгич; 5-манометр; 6-температура қайд қилувчи; 7, 10-насослар; 8-ДЭА (ёки МДЭА) ўлчагичи; 9-якорсимон аралаштиргич; 11-ДЭА (ёки МДЭА) қабул қилгичи. Оқимлар: I-ДЭА (МДЭА); II-параформ; III-АВРП; IV-советувчи сув; V-иссиқ сув; VI-ДЭА (МДЭА) тўғридан тўғри ҳайдашдан кейинги оқим.

7-расм. АВРП асосида композицион абсорбентни тайёрлаш схемаси

ХУЛОСА

1. Диэтанолламин, метилдиэтанолламин ва таркибида амин, азот- ва бошқа фаол гуруҳларни сақлаган сувда эрувчи полеэлектрولитлар асосида композицион абсорбент олиш таркиби ва технологияси тавсия этилди.

2. Яратилган композицион абсорбентни табиий газни нордон газлардан тозалаш ҳажми 0,4 дан 0,75 моль/моль гача ошиши изоҳланади.

3. Азот- ва аминсақловчи полиэлектрولит реагентини қўллаш билан (масса миқдоридан 20% гача қўшиш билан) яратилган олтингурут ютувчи янги композицион абсорбентни асосий тавсиф хоссалари ишлаб чиқилди ва қўшиш тавсия этилди.

4. Композицион абсорбентнинг термохимёвий барқарорлиги (деградацияси) диэтанолламин ва метилдиэтанолламинларга қўшилаётган полиэлектрولитларнинг таркибидаги фаол гуруҳларни CO_2 билан содир қилувчи «амин- CO_2 » реакцияси жараёнида юқори ҳароратга чидамли бирикмаларни ҳосил бўлиши ҳисобига содир бўлиши ($0,24 \div 0,30\%$) билан изоҳланади.

5. Композицион абсорбентни металлларнинг коррозияланишига нисбатан агрессивлиги температурага ва уларни H_2S ва CO_2 билан тўйиниш даражасига боғлиқлигидан ташқари, тозаланаётган газдаги $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ ни, ҳамда абсорбентдаги диэтанолламин ва метилдиэтанолламинларни миқдорий нисбатларига ҳам боғлиқ эканлиги кўрсатилди.

6. Табиий ва иккиламчи газларни олтингурут сақловчи қўшимча ва CO_2 дан тозалаш жараёни ҳозирги кунда ишлаб чиқаришда қўлланиладиган NaOH ўрнига NH_4OH нинг сувли эритмаларини ишлатиб такомиллаштириш ва интенсивлаш усули амалиётда қўллаш учун тавсия этилди.

7. Табиий ва иккиламчи газларни композицион абсорбентлар асосида тозалаш технологияларини такомиллаштириш тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.04.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АРИПДЖАНОВ ОЙБЕК ЮСУПДЖАНОВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ
СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫХ И ВТОРИЧНЫХ ГАЗОВ
КОМПОЗИЦИОННЫМИ СОРБЕНТАМИ**

02.00.08-Химия и технология нефти и газа

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

Ташкент-2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2018.1.PhD/Т382

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

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

Научный руководитель: **Нуруллаев Шавкат Пайзиевич**
кандидат химических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Башкирцева Наталья Юрьевна**
доктор технических наук, профессор

Юнусов Мирахмад Пулатович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Узбекский научно-исследовательский и проектный институт нефтегазовой промышленности**

Защита диссертации состоится «20» июля 2019 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, улица, А. Навои, дом-32. Тел.: (99871) 244-79-20; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz. Ташкентский химико-технологическом институт Основной корпус, 2-этаж, конференц-зал).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за №80, с которой можно ознакомиться в ИРЦ.

Адрес: (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, улица. А. Навои, дом-32. Тел.: (99871) 244-79-20).

Автореферат диссертации разослан «6» июля 2019 года.
(протокол рассылки №2 от 17.06.2019 года).

С.М.Туробжонов

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

А.С. Ибодуллаев

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

Г. Рахмонбердиев

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней,
д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире производство природных, органоминеральных, синтетических и композиционных сорбентов, применяемых для очистки нефти и газов от кислых газов, увеличилось в два раза по сравнению с прошлым десятилетием. Из них 55% применяется в нефтегазоперерабатывающих предприятиях в целях очистки природных и отходящих газов от кислых компонентов меркаптанов, карбонилсульфидов, дисульфид углерода и других серосодержащих соединений. На ряду с этим, особое внимание обращается на создание поколения новых универсальных композиционных сорбентов, получение и разработку технологии применения этих сорбентов.

На сегодняшний день актуальной задачей является синтез новых наноструктурных композиционных сорбентов, применяемых для полной утилизации различных отходов нефтегазоперерабатывающих предприятий, усовершенствование технологии процессов очистки природных и хвостовых отходящих газов от кислых примесей, повышение устойчивости физико-химических свойств сорбентов и улучшение экологических условий переработки вторичных сорбентов нефтегазоперерабатывающих предприятий.

В последнее время в Республике в промышленных предприятиях переработки нефти и газа основное внимание уделяется поиску методов очистки природных и отходящих газов производства от органических соединений серы, меркаптанов, карбонилсульфида (COS), дисульфида углерода (CS₂) и сульфидов (RSR), а также созданию новых видов высокоэффективных композиционных абсорбентов для очистки газов. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан предусмотрены задачи: «Подъем промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, к дальнейшей интенсификации производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоение выпуска новых видов продукции и технологий». В связи с этим, имеют важное значение исследования по созданию композиционных абсорбентов и разработка высокоэффективных композиционных абсорбентов в составе различных функциональных групп, увеличивающие степень отчистки кислых компонентов природных и отходящих газовых выбросов производства.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан: УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», УП-4891 от 6 апреля 2017 года «Критический и анализ производства и состава товаров (работ, услуг), углубление локализации производства направленных на импортозамещение», ПП-3689 от 7 мая 2018 года «О дополнительных мерах по совершенствованию механизмов внедрения инноваций в отрасли и сферы экономики» УП-5544 от 21 сентября 2018 года «Об утверждении стратегии инновационного развития Республики Узбекистана на 2019-2021 годы», ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промыш-

ленности Республики Узбекистан», а также в других нормативных документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Научные исследования в области усовершенствования технологии очистки серосодержащих природных и вторичных газов композиционными сорбентами проводили Ю. Аксельрод, С. Бланк, А. Коул, Х. Ман, А. Афанасьева, Д. Кемпльбела, В. Рогозина, В. Мастека, А. Лунина, Э. Диллона, В. Гуро, Ю. Фролов, А.А. Алимов, Б.Н. Хамидов, М.П. Юнусов, С.М. Турабджанов, Г.Рахматкариев и другие ученые.

В результате проведенных исследований были выявлены оптимальные решения технологических параметров производства и применения композиционных сорбентов, разработаны технологии получения высокоэффективных композиционных сорбентов, очищающие кислые компоненты. Изучены совместимости различных видов сорбентов и рекомендованы к производству для получения высокоэффективных композиционных сорбентов.

Вместе с тем, сегодня ведутся научные исследования по получению новых эффективных добавок на основе вторичных ресурсов и отходов производства для синтеза композиционных сорбентов, а также применение этих добавок для улучшения противокоррозионности оборудования, обладающих высоким абсорбционным объёмом, низкой температурой абсорбции и десорбции, низким пенообразованием, малым расходом абсорбентов, обеспечивающие более длительный срок их службы и изучены технологические, практические, экологические и экономические аспекты новых композиционных сорбентов на основе диэтанолamina и метилдиэтанолamina.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование проводилось в рамках планов научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института в рамке хозяйственного договора №6/15-я «Разработка технологии очистки отходящих газовых выбросов сернистых соединений установки получения серы» (2015-2016 гг.).

Целью исследования является усовершенствование технологии очистки серосодержащих природных и вторичных газов композиционными сорбентами.

Задачи исследования:

создание состава и технологии применения композиционных абсорбентов на основе диэтанолamina и метилдиэтанолamina, модифицированных азот- и амина содержащими водорастворимыми полиэлектролитами для очистки газов от кислых компонентов;

исследование влияния азот- и аминоксодержащих водорастворимых полиэлектролитных модификаторов на основе диэтанолamina и метилдиэтанолamina на абсорбцию и десорбцию H_2S и CO_2 ;

изучение термохимических превращений композиционных абсорбентов на основе диэтанолamina и метилдиэтанолamina при нагревании их в атмосфере H_2S и CO_2 и кинетики деградации аминов;

изучение влияния, созданных композиционных абсорбентов на скорость коррозии оборудований;

усовершенствование технологии очистки природных и вторичных газов от серосодержащих соединений, созданными композиционными абсорбентами.

Объектами исследования являются природные и вторичные газы, H_2S , CO_2 , меркаптаны, карбонилсульфид (COS); дисульфид углерода (CS_2), сульфиды (RSR) и другие серосодержащие кислые компоненты.

Предметами исследования являются диэтанолamin, метилдиэтанолamin, метилэтанолamin, водорастворимые полиэлектролиты (ABPI) условно обозначенные ФЭАП-1, ФЭАП-2, карбонат кальция, аммоний гидроксид, природные и вторичные газы.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы физико-химические свойства сорбентов, а их структура исследована методами ИК-спектроскопии, потенциометрии, фотоколориметрии, газовой хроматографии, термогравиметрии, ЯМР и другими современными методами анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана технология получения и состав композиционных абсорбентов путем применения синтезированных полиэлектролитов на основе кубовых остатков при получении фурановых соединений с диэтанолaminом и метилдиэтанолaminом;

определены селективность и процесс очистки от кислых компонентов композиционного абсорбента природных и вторичных газов, содержащие в своем составе диэтанолamin+метилдиэтанолamin+азот и аминоксодержащие полиэлектролиты;

определены влияние объемного количества H_2S/CO_2 , температуры абсорбента и процесса, давления, а также времени технологического процесса на физико-химического свойства, разработанного композиционного абсорбента;

определено, что коррозионные свойства композиционных абсорбентов на установки, помимо температуры и степени насыщения их H_2S и CO_2 , зависят от соотношения H_2S/CO_2 в газе, диэтанолamine и метилдиэтанолamine;

усовершенствована технология очистки природных и вторичных газов от кислых компонентов композиционными сорбентами.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны новые матрицы композиционных абсорбентов на основе азот- и аминоксодержащих водорастворимых полиэлектролитов, метилэтанолamina, диэтанолamina и метилдиэтанолamina;

определены условия термохимической стабильности композиционных абсорбентов с применением азот- и аминоксодержащих водорастворимых полиэлектролитов и коррозионных свойств абсорбентов;

разработана технология модернизации процессов очистки S-содержащих кислых компонентов с применением $Ca(OH)_2$, $(NH_4)_2CO_3$ и

NH_4OH на установке У200 ШГХК, вместо используемого в настоящее время водного раствора NaOH .

Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что при изучении полученных составов и структур соединений были использованы современные физико-химические методы, ИК-спектроскопии, потенциометрии, фотоколориметрии, газовой хроматографии, термогравиметрии, ЯМР, а полученные результаты доказываются совместимостью с практическим производством.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований определяется выявлением оптимальных условий и способов получения эффективных композиционных сорбентов из диэтанолamina, метилдиэтанолamina, разработкой основ повышения реологических и эффективных азот- и аминокислотсодержащих композиционных сорбентов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в синтезе высокоэффективных композиционных сорбентов, применяемых в процессе очистки природных и отходящих газов. Применение их в процессе очистки природных и отходящих газов обосновывается улучшением абсорбционной емкости, температуры абсорбции и десорбции, содержанием кислых компонентов в регенерированном растворе, пенообразованием, уменьшением потери абсорбента, увеличением срока службы абсорбентов, а также улучшением экологического состояния.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по разработке усовершенствованные технологии очистки серосодержащих природных и вторичных газов композиционными сорбентами:

технология получения азот- и аминокислотсодержащего полиэлектролитного композиционного абсорбента ООО «Мубаракский газоперерабатывающий завод» включен в перечень направлений приоритетных задач и перспективных программ на 2020-2021 годы (справка за 8-2/ШЖ-1120 ООО «Мубаракским газоперерабатывающий завод» от 7 марта 2019 года). В результате получена возможность производства нового композиционного абсорбента на основе местного сырья;

композиционный абсорбент на основе диэтанолamina и метилдиэтанолamina с применением азот- и аминокислотсодержащих добавок ООО «Мубаракский газоперерабатывающий завод» включен в перечень приоритетных задач и перспективных программ на 2020-2021 годы (справка АК «Ўзбекнефтегаз» 02/12-1-64 от 2 апреля 2019 года). В результате получена возможность увеличения объема очистки газов от кислых компонентов в 2 раза и уменьшения на 10-15% количества импортируемых абсорбентов из-за рубежа.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования докладывались и обсуждались на 4 международных и 11 Республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 26 научных работ, из них 11 научных статей, в том числе 9 в Республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей ат-

тестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов.

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуются его объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние и перспективы развития технологии очистки газов от сернистых соединений»** рассмотрено современное состояние и перспективы развития газоперерабатывающих заводов и технологии очистки отходящих серосодержащих хвостовых газов переработки. Выполнен анализ процесса очистки природных газов от H_2S и CO_2 алканаминами. Выявлены наиболее перспективные направления переработки природного газа и процесса его очистки, а также хвостовых серосодержащих отходящих газов с применением композиционных абсорбентов, уменьшения коррозионности рабочих растворов абсорбентов, пенообразования и др. показателей, обобщены и систематизированы методы очистки природных и отходящих хвостовых газов производства с использованием комбинированного метода очистки серосодержащих газов с композиционным абсорбентом ДЭА+МДЭА+АВРП и водными растворами NH_4OH вместо $NaOH$, применяемых в настоящее время в производстве. Установлено, что внедрение комбинированного метода очистки газов, проведение исследований, направленных по синтезу новых абсорбентов, адсорбентов и усовершенствование технологии отечественных процессов сероочистки газов изучен в недостаточной степени глубины.

Во второй главе диссертации **«Исследование объектов для получения композиционных сорбентов»** выполнено научно-теоретическое обоснование целесообразности и перспективности применения абсорбционного метода очистки серосодержащих газов композиционным абсорбентом с применением АВРП, изучена равновесная растворимость H_2S и CO_2 в абсорбентах.

Физико-химические свойства растворов АВРП охарактеризованы по значениям удельной электропроводности и поверхностного натяжения, проведен термогравиметрический анализ. Полученный продукт АВРП представляет собой однородную массу темно-коричневого цвета, хорошо растворимого в воде. Для изучения состава и характеристики, полученных водорастворимых поли-электролитов, условно обозначенных по «ФЭАП-1» и «ФЭАП-2» использованы

методы элементного анализа, потенциометрического титрования, ИК - спектроскопии. Химический состав полимеров приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав и некоторые другие характеристики азот- и аминоксодержащих водорастворимых полиэлектролитов

№	Наименование полиэлектролита	Содержание элемента %					Содержание в мг		Кислотное число мг КОН	Вязкость 1%-ного раствора
		Углерод	Водород	Азот-	Сера	Кислород	Na ₂ O	CO ₂		
1	ФЭАП-1	41,15	4,12	7,85	-	42,95	7,15	5,35	466	20-30
2	ФЭАП-2	47,65	3,65	2,70	-	33,45	13,27	5,12	495	12-25

По термогравиметрическим испытаниям найдено, что азот- и аминоксодержащие водорастворимые полиэлектролиты являются более термически устойчивыми по сравнению с ВРП других серий.

Исследованы регенерируемость и коррозионные свойства композиционных абсорбентов с применением АВРП. Найдено, что содержание H₂S в регенерированном растворе уменьшается по сравнению с первоначальным через 15 мин. в 6 раз, через 30 мин. в 13 раз, через 60 мин в 20 раз, т.е. через 60 мин регенерация практически заканчивается, а также установлено, что коррозия зависит от многих факторов, т.е. от концентрации H₂S и CO₂ в очищаемом газе, степени насыщения амина кислыми газами, температуры и концентрации амина, качества поглотительного раствора и т.д. Испытания проводились в соответствии с «Инструкцией по контролю коррозии газопромышленного оборудования» гравиметрическим методом. Скорость коррозии металла (k) рассчитывали по формуле: $k = (q_1 - q_2) / (s \cdot \tau)$, г/(м²·час), где q₁-вес пластины до испытаний, q₂-вес пластины после испытаний, s-поверхность пластины, τ-время испытания. Найдено, что k=1,12 мм/год.

Третья глава диссертации «**Исследование взаимодействия H₂S и CO₂ с различными азот- и аминоксодержащими органическими соединениями**» посвящена изучению влияния добавок на способность ДЭА и МДЭА абсорбировать и десорбировать H₂S и CO₂.

Все исследованные композиции МДЭА с добавками извлекают из газа преимущественно H₂S, а CO₂- частично: пропуск на извлеченного CO₂ через абсорбер составлял 60-73,5% по сравнению с 50 % для ДЭА и МДЭА без добавок. Однако в тех случаях, когда в качестве добавок использовали кислоты, наблюдалась неполная очистка природного газа от H₂S - извлечение H₂S составляло 88-98,5 %.

Органические основания, например, этанол и другие различные амины в водных растворах образуют дисперсные системы и их коллоидно-химические свойства (пенообразование, вязкость и др.) отличаются в зависимости от физико-химических и растворимости их в воде. В этой связи определена константа диссоциации (K) некоторых алканоламинов и предложенного композиционного абсорбента с применением АВРП (таблица 2).

Таблица 2

**Константы диссоциации некоторых алканоламинов
и композиционного абсорбента с применением АВРП**

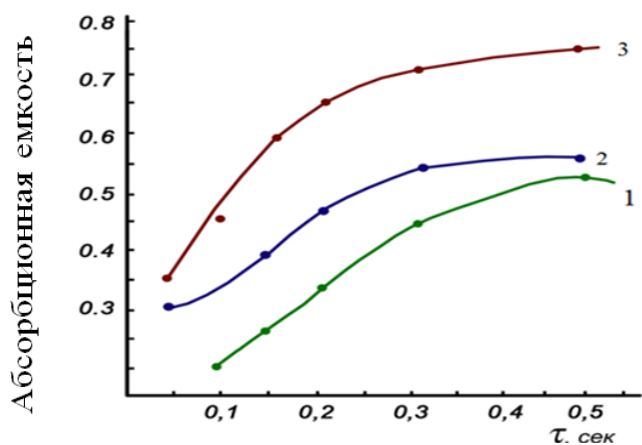
Формула абсорбента	Названия соединения	T _{пл.} , °C	T _{кип.} , °C	Плотность, d ²⁰ ₄	K, в воде при 25°C
НОСН ₂ СН ₂ -NH ₂	Этаноламин	10,5	172,2	1,018	3,63·10 ⁻⁷
(НОСН ₂ СН ₂) ₂ -NH	Диэтаноламин	18	268	1,096	1,32·10 ⁻⁹
НОСН ₂ СН ₂ N(CH ₃) ₂	Метил ДЭА	3,5	198	1,109	1,50·10 ⁻⁷
NH ₂ (СН ₂) ₆ NH ₂	Гексаметиллендимин	31,7	-	1,089	2,1·10 ⁻⁷
АВРП	ФЭАП-1 ФЭАП-2	33,4	-	1,105	1,89·10 ⁻⁷

Из этих данных видно, что снижающиеся константы диссоциации в приведенном ряду в определенной степени согласовываются с их физико-химическими свойствами и указывают на растворимость в воде.

Все приведенные показатели вполне приемлемы для очистки природного газа от кислых компонентов. Предложенный композиционный абсорбент (ДЭА+МДЭА+20%АВРП) хорошо сочетается с растворами этаноламинов и участвует в регулировании ряда показателей абсорбционного раствора (удельного веса, вязкости, рН и др.) Приведенные композиции использованы при изучении абсорбционно - десорбционной очистки природного газа от H₂S и CO₂ (рисунок 1. и 2.).

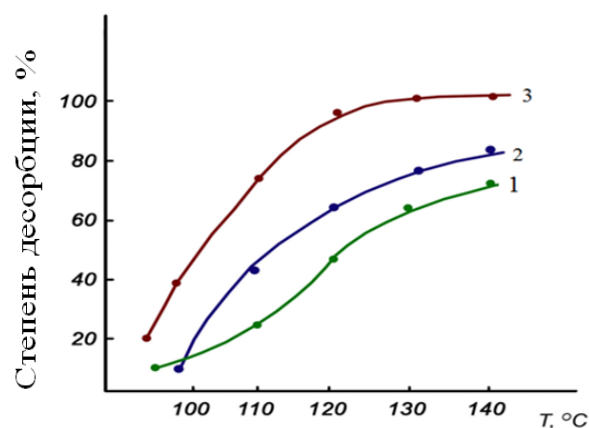
На кривых зависимостей (рисунок 1. и 2.) показано, что хемосорбция и десорбция кислых газов с предлагаемым композиционным абсорбентом выше и умереннее, чем с ДЭА или МДЭА. Более качественный и эффективный количественный состав композиции позволил увеличить абсорбционную емкость раствора до 0,75 моль/моль и селективность до 96,0-98,5% по кислым компонентам природного газа.

Механизм коррозии на установках аминовой очистки весьма сложен и недостаточно изучен. Коррозия оборудования при абсорбционной очистке газа зависит от многих факторов: от концентрации H₂S и CO₂ в очищенном газе; степени насыщения амина; температуры процесса; концентрации примененных абсорбентов; качества поглотительного раствора и т.д.



1-40% ДЭА, 2-40% МДЭА,
3-20% АВРП+40% ДЭА+40% МДЭА

Рисунок 1. Зависимость абсорбционной емкости сорбентов от времени контакта очищенного газа



1-40% ДЭА, 2-40% МДЭА,
3-20% АВРП+40% ДЭА+40% МДЭА

Рисунок 2. Зависимость десорбции насыщенных растворов кислых газов от температуры

Коррозионные свойства водных растворов композиций МДЭА с добавками ДЭА, МЭТЭГ, ЭМС и АВРП изучали предварительно в лабораторных условиях в стеклянных запаянных ампулах, куда загружали пластинки из малоуглеродистой стали (Ст. 10) и абсорбент, насыщенный H_2S и CO_2 . Степень насыщения абсорбентов составляла $\sim 0,6$ молей H_2S+CO_2 на моль амина, соотношение $H_2S/CO_2 = 2:1$.

Коррозионная агрессивность аминовых растворов по отношению к используемому оборудованию определялась гравиметрическим методом по потере массы образцов из различных марок сталей. Полученные данные по скорости коррозии Ст.10 приведены в таблице 3.

Таблица 3

Скорость коррозии Ст. 10 в водных растворах МДЭА и ДЭА с добавками (стеклянные ампулы)*

Абсорбент	Скорость коррозии Ст.10, мм/год ¹
40% ДЭА (для сравнения)	0,045
40% МДЭА (для сравнения)	0,060
40% МДЭА+10% ДЭА	0,065
40% МДЭА+10% ЭМС (10% МЭТЭГ)	0,040
40% МДЭА+20% АВРП	0,030

*($t=80^\circ C$, $\tau=100$ час, насыщение аминов $\sim 0,6$ моль/моль, соотношение $H_2S/CO_2 = 2:1$ об.)

Как видно в изученных условиях, скорость коррозии Ст.10 в растворе МДЭА несколько выше, чем в ДЭА-0,060 мм/год и 0,045 мм/год соответственно, композиция МДЭА с 10% ДЭА имеет такие же характеристики, как чистый МДЭА. Добавка к МДЭА 10% ЭМС и 20% АВРП уменьшает скорость коррозии стали в 1,5-2,0 раза. Таким образом, на основании экспериментальных дан-

ных лабораторных и опытно-промышленных испытаний можно сделать вывод, что увеличение степени насыщения аминовых абсорбентов с 0,5 до 0,8 моль/моль на Мубарекском ГПЗ, не приводит к заметному увеличению скорости коррозии в десорбере и кипятильнике.

Были проведены две серии экспериментов по деградации аминов в присутствии CO_2 - в запаянных стеклянных ампулах и металлических реакторах под давлением CO_2 . 40% растворы аминов МДЭА, ДЭА, МДЭА+ДЭА+АВРП насыщали H_2S и CO_2 , или их смесью (2:1 по объему) до содержания кислых газов 0,6 моль/моль амина. Запаянные ампулы выдерживали 180 часов при температуре 80°C , затем амины анализировали методом капиллярной газовой хроматографии с целью определения концентрации исходных аминов и продуктов их превращения. Условия испытаний близки к тем, что имеют место на промышленных установках сероочистки, результаты которых приведены в таблице 4.

Таблица 4

Изменение содержания аминов в абсорбенте в результате их термохимических превращений при контакте с CO_2 *

№	Абсорбент (Амин)	Содержание амина в абсорбенте, % масс.				
		Исходный	После выдержки при температуре, час			
			24	48	67	94
$t = 120^\circ\text{C} + \text{CO}_2$						
1	МДЭА	100	-	-	-	98,2
2	ДЭА	100	97,2	92,0	91,1	90,3
3	АВРП	100	93,8	90,4	89,3	88,1
$t = 130^\circ\text{C} + \text{CO}_2$						
4	МДЭА	100	99,1	97,9	97,1	96,0
5	ДЭА	100	88,2	70,1	63,3	55,2
6	МДЭА + ДЭА (30x70%)	100	95,4	88,0	-	79,5
7	АВРП	100	99,6	98,8	96,5	95,8
8	МДЭА + ДЭА+АВРП (70x20x10%)	100	96,7	92,7	-	85,1
9	ММЭА	100	92,1	75,1	-	-
10	ЭМС	100	99,8	-	-	99,2
$t = 150^\circ\text{C} + \text{CO}_2$						
11	МДЭА	100	-	-	-	90,9

12	ДЭА	100	70,3	42,2	32,1	22,1
13	МДЭА	100	45,4	-	-	11,4
14	АВРП	100	78,4	40,4	30,3	20,5

*($P_{CO_2} = 0,7$ МПа, продолжительность контакта ~ 100 час, концентрация амина 70% масс.)

Полученные данные свидетельствуют о том, что в принятых условиях МДЭА - стабилен. ДЭА и смесь МДЭА+ДЭА+АВРП образуют продукты деградации в присутствии CO_2 (очевидно, за счет ДЭА). Однако в атмосфере двух газов H_2S и CO_2 продуктов деградации образуется в два-три раза меньше, т.е. H_2S ингибирует процесс деградации.

Калориметрические исследования композиционного абсорбента с применением АВРП показали, что общий синтез проходит в несколько стадий, но каждая стадия протекает практически мгновенно, со своим тепловым эффектом. Основной особенностью протекания реакции оказалось то, что ее тепловой эффект зависит от температуры реакционной смеси. При температуре $25^\circ C$ тепловой эффект реакции составляет 48 ккал/г·град в расчете на МЭА. При температуре реакции $35^\circ C$ он составляет 47 ккал/г·град, т.е. изменяется в незначительной степени. Это подтверждает предположение о многостадийности реакции синтеза композиционных абсорбентов и наличии экзотермичных и эндотермичных стадий.

На рисунке 3 приводится зависимость удельного сопротивления раствора образца №4 (1:3) в зависимости от доли исходного отработанного раствора в исходном.

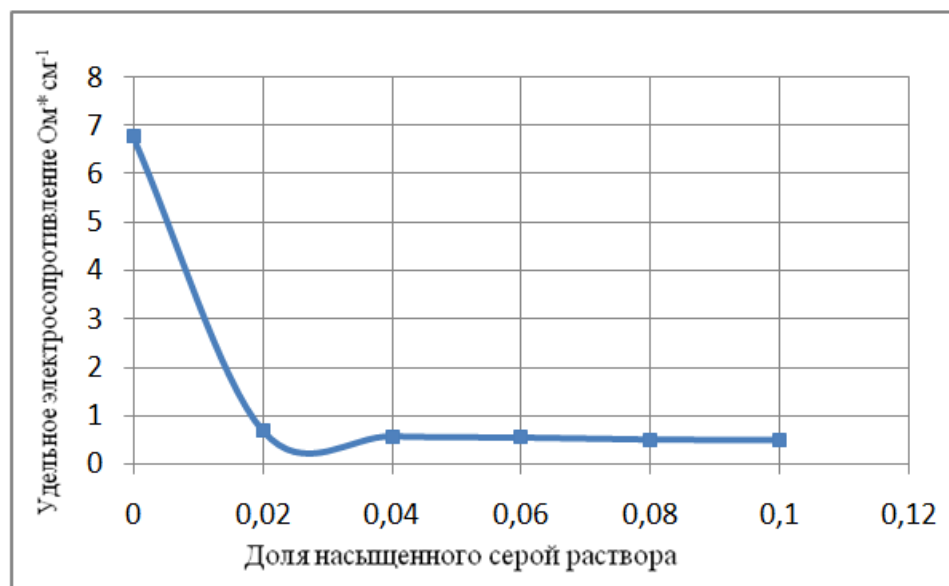


Рисунок 3. Зависимость удельного сопротивления раствора образца АВРП (1:3) от доли насыщения серой раствором

Как следует из приведенных данных, удельное сопротивление водного раствора композиционного абсорбента в присутствии АВРП резко снижается при появлении отработанного раствора в исходном реагенте. После того, как доля отработанного раствора в исходном реагенте превысит 20% удельное

сопротивление снижается более плавно. В связи с этим показатель удельного сопротивления раствора может служить индикатором обработанности исходного реагента при сероочистке газа.

Установлено, что термохимическая стабильность композиционного абсорбента МДЭА+ДЭА+АВРП в принятых условиях стабильна. ДЭА и смесь МДЭА+ДЭА+АВРП образуют продукты деградации в присутствии CO_2 . В атмосфере двух газов - H_2S и CO_2 продуктов деградации образуется в два-три раза меньше, т.е. H_2S ингибирует процесс деградации. Температура системы и содержание CO_2 оказывают решающее влияние на деградацию аминов.

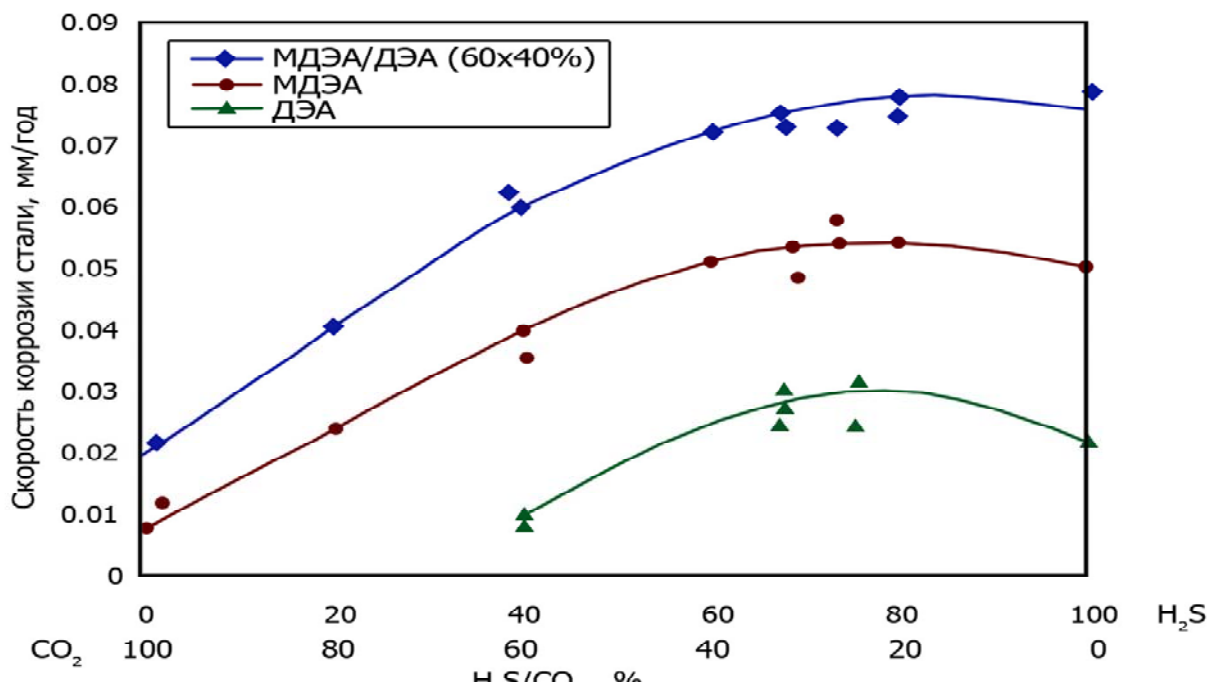
Четвёртая глава диссертации «**Разработка технологии очистки газа с использованием композиционного абсорбента**» посвящена исследованию абсорбента ДЭА+АВРП, МДЭА+АВРП для очистки газа от H_2S и основных факторов, влияющих на величину расходного коэффициента АВРП.

Экспериментальная отработка технологии процесса сероочистки с использованием композиционных абсорбентов проводилась на малых установках ООО МГПЗ. Реагент испытывался при очистке газа от сернистых соединений как на входе в этих установках, так и на выходе с установки с целью определения эффективности доочистки природного газа. При проведении испытаний на экспериментальных установках контролировался расход очищенного газа и содержания в нем сернистых соединений, также была определена эффективность использования синтезированного реагента в процессе сероочистки природного газа и выбора оптимальных режимных параметров.

Результаты опытов показали, что композиционный абсорбент ДЭА+МДЭА+АВРП даже после 1,5 месяцев хранения показал стабильную эффективность сероочистки и диапазон предпочтительных расходных коэффициентов ДЭА+МДЭА+АВРП (0,015-0,018 л/г H_2S) находится в области низких линейных скоростей газа (0,02-0,04 м/сек), что соответствует достаточно продолжительному времени пребывания газа в зоне реакционного контакта (10-18 сек.). Проведены дополнительные исследования их коррозионной агрессивности в стеклянных ампулах и автоклавах.

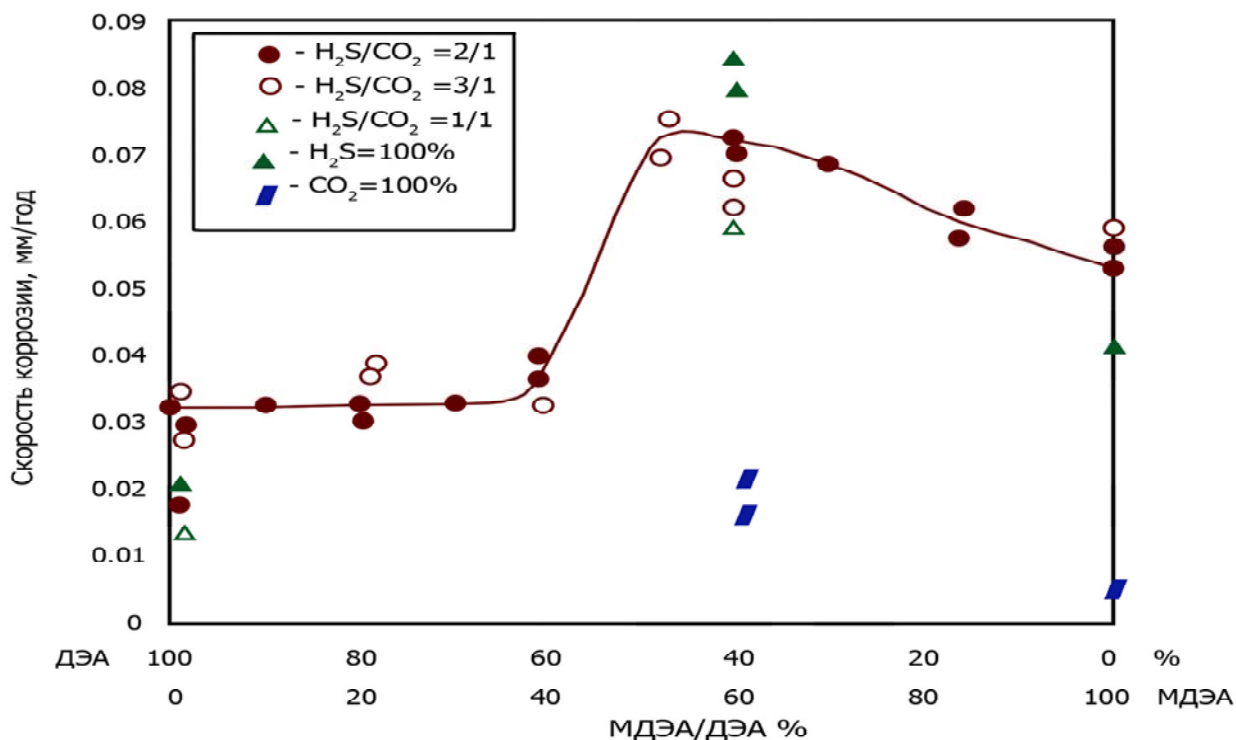
Результаты исследований, представленные на рисунках 4, 5 и в таблице 5 показывают, что скорость коррозии Ст.10 в абсорбентах ДЭА+МДЭА с различными их содержанием выше, если абсорбент насыщен одним H_2S , чем в случае насыщения одним CO_2 . Данные автоклавных экспериментов также подтверждают аномальное увеличение коррозионной агрессивности растворов МДЭА+ДЭА, содержащих более 40% МДЭА. Добавка 10% АВРП к этому абсорбенту снижает скорость коррозии стали в 2 раза, а добавка 20% снижает в 3 раза. При этом степень насыщения абсорбента H_2S и CO_2 , также температура в значительной степени определяют его коррозионные свойства. Нержавеющая сталь практически не подвергается коррозии.

В условиях действующих промышленных установок подготовки природного газа к переработке выполнена серия опытов лабораторного масштаба с использованием реагента АВРП аминосодержащего водорастворимого полиэлектролита.



(Ст. 10; $t=80^{\circ}\text{C}$; $\alpha=0,6$ моль/моль; $\tau=100$ часов)

Рисунок 4. Влияние соотношения H₂S/CO₂ на скорость коррозии углеродистой стали



($t=80^{\circ}\text{C}$, $\alpha=0,6$ моль/моль, $\tau=100$ часов)

Рисунок 5. Влияние соотношения МДЭА/ДЭА и H₂S/CO₂ на скорость коррозии углеродистой стали

В ходе экспериментов композиционный абсорбент в присутствии АВРП показал высокую степень очистки природного газа от сернистых соединений и способность к их поглощению до полного отсутствия последних в газе. Не обнаружено влияние изменения содержания диоксида углерода в природном газе на снижение эффективности сероочистки.

Таблица 5

**Скорость коррозии углеродистой стали марки Ст. 10 в абсорбенте
МДЭА+ДЭА+АВРП (опыты в автоклавах)***

№ п/п	Абсорбент	Скорость коррозии, стали, мм/год
1.	ДЭА	0,09
2.	МДЭА	0,51
3.	МДЭА+ДЭА (20x80%)	0,09
4.	МДЭА+ДЭА (30x70%)	0,10
5.	МДЭА+ДЭА (50x50%)	0,25
6.	МДЭА+ДЭА (60x40%)	1,05
7.	МДЭА+ДЭА (70x30%)	0,90
8.	МДЭА+ДЭА (90x10%)	0,65
9.	МДЭА+ДЭА (50x50%) + 10% АВРП	0,10
10.	МДЭА+ДЭА (50x50%) + 20% АВРП	0,06

*(концентрация аминов 40% масс.; температура 90°C; насыщение амина ~1,0 моль/моль; H₂S/CO₂ + 2;1, P_{раб.} ~ 5 МПа; время 360 часов)

Композиционный абсорбент в присутствии АВРП показал желаемую «стойкость» к резкому увеличению содержания сероводорода в исходном газе и значительным изменениям расхода газа.

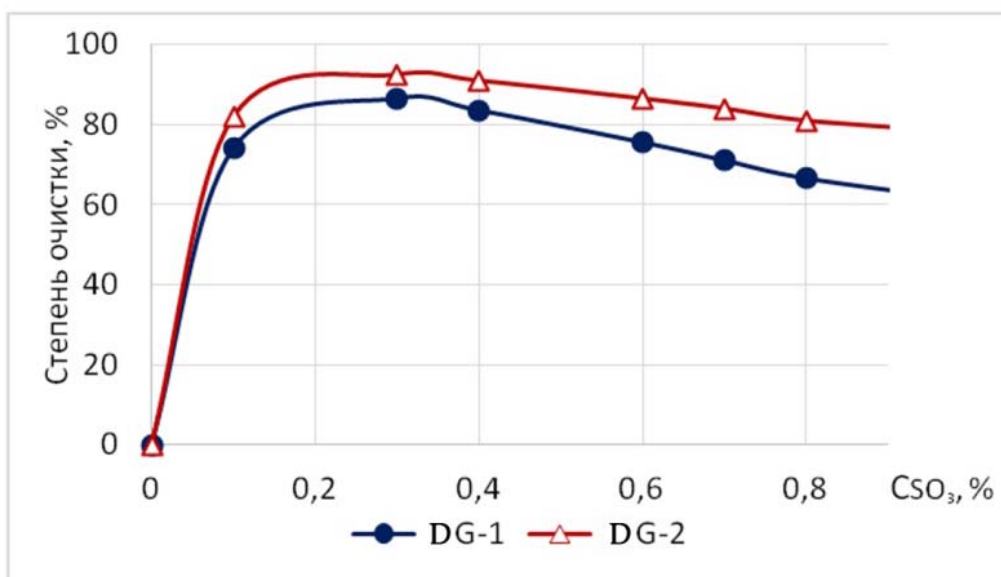
Исходя из многокомпонентности отходящих газовых выбросов, для повышения избирательности и эффективности доочистки и утилизации серосодержащих веществ нами предложен, сухой метод выделения SO₃ на установке У200 ШГХК в сочетании с мокрой очисткой таких хвостовых газов с применением Ca(OH)₂, (NH₄)₂CO₃ и NH₄OH. Для этого предлагается новый синтезированный адсорбент на основе кубовых отходов химической промышленности республики. Адсорбенты находятся в твердом виде с размером зерен 0,3мм и перед испытанием условно обозначены DG-1 и DG-2.

Испытание DG-1 и DG-2 новых адсорбентов проведен в Центральной заводской лаборатории ШГХК. Точка отбора - природный газ с единицей измерения содержания в моль %. Начальное содержание H₂S в испытуемых природных газах составлял 0,0654 моль%. Вес адсорбента DG-1 составлял 106,41, а DG-2 105,05 г (рисунок 10.).

Содержание H₂S в природном газе после пропускания через DG-1 составил 0,00479 моль % и DG-2 0,00560 моль %. При испытании адсорбента DG-1 степень очистки природного газа от H₂S составила 93,0% и при DG-2 91,0%. Зависимость влияния концентрации SO₃ на степень очистки (изотерма адсорбции)

SO₃ с DG-1 идет до 98,9% (0,3% Cso₃) и с DG-2 до 88-89% (0,25-3,0% Cso₃) представленные на рисунке 6. Адсорбент, условно обозначенный DG-1, можно рекомендовать к сухой очистке в сочетании с мокрым методом очистки с применением композиционных абсорбентов серосодержащих газовых хвостовых выбросов.

Серия последних экспериментальных опытов, выполненных в условиях ООО Мубарекского ГПЗ, позволила применять АВРП в контакторе при сероочистке газа. После обработки результатов серии опытов, стало очевидным, что новый способ сероочистки газа может применяться для доочистки газа МГПЗ с содержанием H₂S.



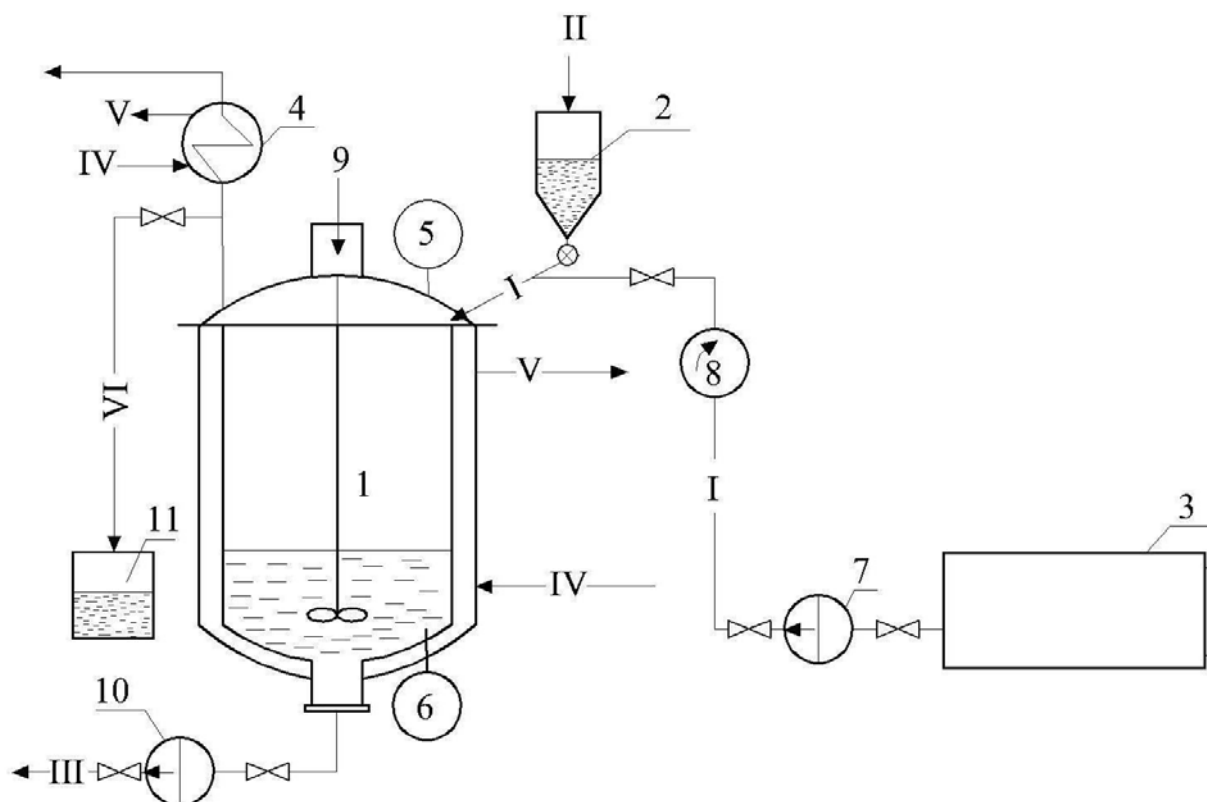
1-G-1; 2-G-2 (при 25⁰C)

Рисунок 6. Зависимость степени очистки SO₃ (изотерма адсорбции) от концентрации

Было принято решение проверить эффективность абсорбционной сероочистки исходного газа МГПЗ с помощью азот- и аминоксодержащего водорастворимого полиэлектролита. Опыты прошли успешно и они дали положительные результаты.

Величины удельных расходных коэффициентов композиционного абсорбента с реагентом АВРП оказались не выше полученных при доочистке газа. При этом реагент проявил высокую серопоглощающую способность: успешно отработал при увеличении содержания сероводорода с 0,255 г/нм³ до 0,48 г/нм³ и в дальнейшем до 1,85 г/нм³. Это свидетельствовало о том, что разработанную технологию можно применять для очистки исходного, а также отходящих хвостовых серосодержащих газов МГПЗ.

В рисунке-7 показана аппаратурная схема производства композиционного абсорбента с применением АВРП.



1 - реактор; 2 -дозатор параформа; 3 -емкость для МЭА (или для ДЭА, МДЭА); 4-обратный холодильник; 5 -манометр; 6 -регистратор температуры; 7, 10 - насосы; 8 -мерник МЭА (или ДЭА, МДЭА); 9 -якорная мешалка; 11 -приемник МЭА (или ДЭА, МДЭА) для прямой. Поток: I-МЭА (ДЭА, МДЭА); II -Параформ; III -АВРП; IV- охлаждающая вода; V-теплая вода; VI-МЭА (ДЭА, МДЭА) после прямой перегонки.

Рисунок 7. Аппаратурная схема производства композиционного абсорбента с применением АВРП

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложена технология и состав получения композиционных абсорбентов на основе водорастворимых полиэлектролитов, содержащих в составе амин, азот- и другие активные группы, а также диэтаноламин и метилдиэтаноламин.

2. Обосновано повышение объема разработанного композиционного абсорбента для очистки природных газов от кислых газов с 0,4 до 0,75 моль/моль.

3. Были разработаны основные характеристики нового композиционного абсорбента, поглощающего серу, с использованием азот- и аминоксодержащего полиэлектролитного реагента (до 20% масс.) и рекомендовано его добавление (или использование)

4. Термохимическая стабильность (деградация) композиционного абсорбента обусловлена образованием устойчивых к высокой температуре соединений (0,24÷0,30%) в процессе реакции «амин- CO₂» с активными

группами CO_2 , содержащихся в структуре полиэлектролитов, которые добавляются к диэтаноламину и метилдиэтанолaminaм.

5. Также показано, что агрессивность композиционного абсорбента по отношению к коррозии металла зависит не только от температуры и степени насыщения их H_2S и CO_2 , но и от количественного соотношения $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ в очищенном газе, а также диэтанолamina и метилдиэтанолamina в абсорбенте.

6. Предложен усовершенствованный процесс очистки природных и вторичных газов от серосодержащих добавок и CO_2 с применением водного раствора NH_4OH , вместо ранее используемого NaOH и практическое применение процесса интенсификации.

7. Предложено усовершенствование технологии очистки природных и вторичных газов на основе композиционного абсорбента.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27.06.2017.T.04.01. TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL
TECHNOLOGY**

TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY

ARIPDJANOV OYBEK YUSUPDJANOVICH

**DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF PURIFYING NATURAL
AND SECONDARY GASES FROM SULPHURCONTAINING COMPOUNDS
WITH THE HELP OF COMPOSITE SORBENTS**

02.00.08-Chemistry and technology of oil and gas

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
THE BASIS OF LOCAL SECONDARY RAW MATERIALS**

Tashkent– 2019

The title of the dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2018.1.PhD/T382.

The dissertation has been carried out at the Tashkent Chemical Technological Institute.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English) is available online ik-kimyo.nuu.uz and on the website of “ZiyoNET” information-educational portal www.ziynet.uz.

Scientific Consultant: **Nurullaev Shavkat Payzievich**
candidate of chemical sciences, professor

Official opponents: **Bashkirtceva Natalia Yuryevna**
doctor of technical sciences, professor

Yunusov Mirahmad Pulatovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Sky in Uzbekistan-research industry of gas and mud Industry**

The defense of the dissertation will take place on «20» July 2019 at «14⁰⁰» o'clock at the meeting of Scientific Council DSc.27.06.2017.T.04.01. at Tashkent Chemical Technological Institute. (Address: A. Navoi str., 32, Tashkent, 100011, Tel.: +998-71-244-79-20, Fax: +998-71-244-79-17, e-mail: info_tkti@edu.uz. Conference hall of the Tashkent Chemical Technological Institute). Tashkent Institute of Chemical Technology Main building, 2-floor, conference room).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of the Tashkent Chemical Technological Institute under №80 (Address: Navoi str., 32, Tashkent, 100011, Administrative Building of the Tashkent Chemical Technological Institute, Tel.: +998-71-244-79-20.)

The abstract of the dissertation has been distributed on “6” July 2019

Protocol at the register №2 dated “17” 06. 2019

S.M.Turobjonov

Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

A.S.Ibodullaev

Scientific Secretary of the Scientific Council for
awarding the scientific degrees,
Doctor of Techniques Sciences

G.R.Rakhmonberdiyev

Chairman of the Scientific Seminar under Scientific
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the improvement of the technology of purification of sulfur-containing natural and secondary gases with composite sorbents.

The object of the research work are natural and secondary gas, H₂S, CO₂, mercaptans, carbonyl sulfide (COS); carbon disulfide (CS₂), sulfides (RSR) and other sulfur-containing acid components.

Scientific novelty of the research work is as follows:

the technology and composition of the production of composite absorbents using synthesized polyelectrolytes based on the bottoms of the production of furan compounds with diethanolamine and methyldiethanolamine;

the selectivity and the process of purification from the acidic components of the composite absorbent of natural and secondary gases, containing in its composition diethanolamine+methyldiethanolamine+nitrogen- and amine-containing polyelectrolytes;

the effect of the volume of H₂S/CO₂, temperature of the absorbing process, pressure, as well as the effect of the technological process duration on the physico-chemical properties of the developed composite absorbent is studied;

corrosion properties of composite absorbents on installations were determined, in addition to temperature and degree of saturation of their H₂S and CO₂, depend on the ratio of H₂S/CO₂ in gas, diethanolamine and methyldiethanolamine;

the technology of purification of natural and secondary gases from acidic components by composite sorbents has been improved.

Implementation of research results. Based on the results of the development, the improvement of the technology for purification of sulfur-containing natural and secondary gases with composite sorbents:

technology for obtaining nitrogen- and amino-containing polyelectrolyte composite absorbent «Mubarak Gas Processing Plant» LLC of included in the list of areas of priorities and future programs for 2020-2021 (reference 8-2/IIIЖ-1120 of Mubarek Gas Processing Plant LLC dated March 7, 2019) the result made it possible to produce a new composite absorbent, but based on local raw materials;

of a composite absorbent based on diethanolamine and methyldiethanolamine using nitrogen and amino-containing additives «Mubarek Gas Processing Plant» LLC of is included in the liver of priority tasks and future programs for 2020-2021 (Reference of JSC «Uzbekneftegaz» 02/12-1-64 of April 2, 2019). As a result, it was possible to increase the volume of cleaning gas from acid components by 2 times and reduce the import capacity of absorbents by 10-15%.

The structure and volume of thesis. Dissertation consists from introduction, four chapters, list of used literature and appendixes. Volume of dissertation is equaled 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

Список опубликованных работ

List of publications

I бўлим (I часть; I part)

1. Арипджанов О.Ю., Турабжанов С.М., Нуруллаев Ш.П. Основные факторы, влияющие на эффективность композиционного абсорбента // Химия и химическая технология, 2013. -№2. -С.63-65. (02.00.00; №3).

2. Арипджанов О.Ю., Турабжанов С.М., Нуруллаев Ш.П. Изучение скорости коррозии углеродистой стали в композиционном абсорбенте // Химия и химическая технология. 2013. -№4. -С.60-61. (02.00.00; №3).

3. Арипджанов О.Ю., Турабджанов С.М., Нуруллаев Ш.П. Растворимость H_2S , CO_2 в композиционном абсорбенте и влияние активаторов на регенерационные свойства // Химия и химическая технология. 2015. -№2. -С.50-54. (02.00.00; №3).

4. Нуруллаев Ш.П., Арипджанов О.Ю., Қодиров Х., Алиханова З. Изучения адсорбции серосодержащих хвостовых газов газоперерабатывающих заводов // Химия и химическая технология. 2017. -№2. -С. 73-74. (02.00.00; №3).

5. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П., Исматов Д.Н. Исследование термодинамической и технологической селективности процесса утилизации серосодержащих дымовых газов // Научный вестник СГУ. 2017. -№1. -С. 111-114. (02.00.00; №9).

6. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Применение NH_4OH для доочистки серосодержащих газовых выбросов // Композиционные материалы. 2017. - №2. -С. 15-17. (02.00.00; №4).

7. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П., Махатова Г.Б. Совершенствование технологии очистки кислых серосодержащих растворов с применением композиционных абсорбентов // Узбекский журнал нефти и газа. 2017. -№3. -С. 42-44. (02.00.00; №7).

8. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Интенсификация процесса очистки серосодержащих кислых растворов производства // Universum: технические науки (электронный научный журнал). 2017. -№11(44). -С.31-37. (02.00.00; №1).

9. Aripdjanov O.Yu., Nurullaev Sh.P. Increasing and intensification of the technology of purification of natural gaz by composite absorbents // Advanced Materials Research. Switzerland. Trans Tech Publications Ltd. -2017. - №11(44). -P. 31-37. (02.00.00; №1).

II бўлим (II часть; II part)

10. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Сравнение химических свойств и структуры амина, триазинов и азотосодержащего водорастворимого полимера // Химия и химическая технология. -2009. №4, -С.51-53. (02.00.00; №3).

11. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Интенсификация процесса очистки природного газа от сернистых соединений азотосодержащего водорастворимыми полимерами // Узбекский химический журнал. 2010. -№6. -С.52-55. (02.00.00; №6).

12. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П., Бутаев Х.Ш. Перспективы развития технологии сероочистки газов // Сборник трудов Республиканской научно-технической конференции. Технология переработки местного сырья и продуктов, ТХТИ. -2008. -С. 106-107.

13. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Кондуктометрическое изучение кинетики серопоглощения // Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский Межвузовский сборник. ТКТИ. -2009. -С. 141-143.

14. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Инновационные аспекты процесса очистки природных газов от кислых примесей // Международная научная конференция. «Инновация-2011» Сборник научных статей. ТГТУ. -2011. -С.308-309.

15. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П., Мухаммедов К. Изучение теплового эффекта и регенерационных свойств абсорбентов очистки газов // Химическая технология (Сборник тезисов докладов). Материалы региональной Центрально-азиатской международной конференции по химической технологии. Москва. -2012. -С. 274-275.

16. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Термохимическая стабильность и интенсификация очистки природного газа от сернистых соединений аминокислотами водорастворимыми полимерами // Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский межвузовский сборник. ТХТИ. -2012. -С. 225-228.

17. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Изучение кинетических закономерности очистки природных газов композиционными абсорбента // Труды международной конференции «Каталитические процессы нефтепереработки, нефтехимии и экологии» Ташкент, -2013. -С. 145-146

18. Арипджанов О.Ю., Исматова Ш.Н., Нуруллаев Ш.П., Алиханова З. Влияние активирующих добавок на регенерационных свойства композиционного абсорбента // “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” IV Республика илмий - амалий анжумани. ТДУ. II қисм. Термиз, -2014. 119-120 б.

19. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П., Турабджанов С.М. Растворимость H_2S и CO_2 в композиционном абсорбенте с активатором АВРП // “Аналитик кимё фанининг долзарб муаммолари” IV Республика илмий - амалий анжумани, ТДУ. II қисм. Термиз, -2014. 121-122 б.

20. Арипджанов О., Шукурхонов С., Нуруллаев Ш., Тошбаев Х., Тошматов Д., Мингяшаров М. Изучение термодинамической селективности процесса очистки H_2S и CO_2 композиционным абсорбентом // Республиканская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефте-газовой и пищевой промышленности». ТХТИ. -2015. -С.79-80.

21. Арипджанов О., Шукурхонов С., Нуруллаев Ш., Тошбаев Х., Тошматов Д., Мингяшаров М. Усовершенствование технологической установки полу-

чения серы с целью утилизации дымовых газов // Республиканская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». ТХТИ. 2015. -С. 81-82.

22. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш. Синтез АВРП на основе формалина, ДЭА и МДЭА // Международная научно-техническая конференция «актуальный проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазовой и пищевой промышленности». ТХТИ. -2016. часть-1. -С. 155-156.

23. Нуруллаев Ш.П., Усманова З., Арипджанов О.Ю. Новый метод утилизации отходящих серосодержащих хвостовых газов предприятий // Актуальный вопросы в области технических и социально-экономических наук. Республиканский Межвузовский сборник научных трудов. ТХТИ. -2017. Часть. -1. -С. 177-178.

24. Aripjanov O.Yu., Nurullaev Sh.P. New method of utilization of sulfur-containing exhaust gases of factories // IV Scientific Conference BORESKOV READINGS dedicated to the 110 th anniversary of Academician Georgii K. Boretkov. April 19-21. -2017. Novosibirsk. Russia, -P. 82.

25. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П., Исмаев Д.Н. Испытания растворов композиционного абсорбента на основе АВРП при очистке природного газа от серосодержащих компонентов // Материалы Международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка-2017», Уфа. -2017. -С. 62-63.

26. Арипджанов О.Ю., Нуруллаев Ш.П. Применение новых адсорбентов в процессе очистки серосодержащих хвостовых газов производства // Материалы II Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Актуальные проблемы адсорбции и катализа». Плёт. Иваново. -2017. -С. 45-46.

Автореферат «Кимё ва кимёвий технологияси» журнали таҳририятида
таҳрирдан ўтказилди

Бичими 60x84¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 73.

«Тошкент кимё технология институти» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.