

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
БУХОРО МУХАНДИСЛИК ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

Кўлёзма ҳуқуқида
УДК 665.65

АБДУРАХМОНОВ ШАХЗОД МАХМУДОВИЧ

**«ТАБИИЙ ГАЗНИ БЕНЗИНСИЗЛАШТИРИШ ВА АДСОРБЦИОН
ҚУРИТИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ»**

Мутахассислик: 5А 321401- “Кимёвий ва нефтгазкимёвий технологиялар”

**Магистр академик даражасини олиш учун
ДИССЕРТАЦИЯ**

Илмий рахбар:

БНҚИЗ 1-цех бошлиғи ўринбосари

Рўзиев А.Т.

Бухоро-2019й.

АННОТАЦИЯ

Мазкур диссертация ишида табиий газни адсорбентларнинг бир қатламли ва комбинациялашган қатламида бир вақтнинг ўзида қуритиши ва бензинсизлантириши жараёни қонуниятлари ўрнатилган. Табиий газни чуқур қуритиши ва бензинсизлантириши таъминловчи комбинациялашган қатламида адсорбентларнинг нисбати ва оптимал маркиби экспериментал аниқланган.

Табиий газларни C_{5+} углеводородларидан қуритиши ва тозалашида адсорбцион усули Россия адсорбентларининг комбинациялашган қатламида қўланиши асосланган ва таклиф этилган.

АННОТАЦИЯ

В данной диссертационной работе установлены закономерности процесса одновременной осушки и отбензинивания природного газа на однослойных и комбинированных слоях адсорбентов. Экспериментально определён оптимальный состав и соотношение адсорбентов в комбинированном слое, обеспечивающих глубокую степень осушки и отбензинивания. Предложен и научно обоснован способ адсорбционной осушки и очистки природного газа от углеводородов C_{5+} на комбинированном слое российских адсорбентов.

ANNOTATION

In this dissertation work, the regularities of the process of simultaneous drying and stripping of natural gas on single-layer and combined layers of adsorbents are established. Experimentally determined the optimal composition and ratio of adsorbents in the combined layer, providing a deep degree of drying and topping. A method of adsorption drying and purification of natural gas from C_{5+} hydrocarbons on a combined layer of Russian adsorbents has been proposed and scientifically substantiated.

МУНДАРИЖА

	бет
КИРИШ.....	4
I-БОБ. Табиий газларни тайёрлаш учун қўлланиладиган адсорбентлар ва адсорбентлар таҳлили.....	9
1.1. Табиий газнинг паст ҳароратли сепарацияси.....	10
1.2. Газни ташишга тайёрлашнинг адсорбцион усули.....	12
1.3. Табиий газларни тозалаш, қуритиш ва бензинсизлантириш адсорбцион усуллари.....	13
1.4. Фаол кўмирлар.....	15
1.5. Цеолитлар.....	16
1.6. Алюминий фаол оксиди.....	19
1.7. Силикагеллар	21
1.7.1. Силикагель билан адсорбция.....	21
1.7.2. Табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш қурилмаси.....	25
II-БОБ. Адсорбентларни тадқиқ қилиш усуллари.....	32
2.1. Адсорбент гранулалари диаметрини аниқлаш.....	32
2.2. Адсорбент гранулалари солинма зичлигини аниқлаш	32
2.3. Қуритишда йўқотишлар масса улушкини аниқлаш	33
2.4. 800 °C да қиздиришда йўқотишлар масса улушкини аниқлаш.....	34
2.5 Адсорбент гранулалари ёйилишидаги йўқотишларни аниқлаш.....	35
2.6 Адсорбент гранулалари ғовакларининг умумий ҳажмини аниқлаш..	36
2.7 Адсорбент гранулалари солиштирма сирти катталигини аниқлаш ...	37
2.8 Адсорбент гранулалари механик мустаҳкамлигини аниқлаш.....	39
2.9. Силикагеллар динамик адсорбцион сифимини сув ва н-гептан буғлари бўйича аниқлаш.....	39
2.9.1. Силикагеллар динамик адсорбцион сифимини сув буғлари бўйича аниқлаш.....	41
2.9.2. Силикагеллар динамик адсорбцион сифимини н-гептан буғлари бўйича аниқлаш.....	42
2.10. Пилот адсорбцион қурилмасида адсорбент намуналари адсорбцион хоссаларини аниқлаш.....	46
III-БОБ. Табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни учун қўлланиладиган адсорбентларнинг хоссаларини тадқиқ қилиш.....	49
3.1 Россия адсорбентлари намуналарининг физикавий-техникавий хоссаларини тадқиқ қилиш.....	49
3.2. Адсорбентларнинг бир қатламли ва комбинацияланган қатламларда табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни қонуниятларини тадқиқ қилиш.....	58
3.3. Регенерация (термодесорбция) режимини тадқиқ қилиш.....	75
3.4.Россия ва импорт адсорбентлар асосий физик-техник хоссалари қиёсий таҳлили.....	77
Хулосалар.....	82
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.....	84

КИРИШ

Бугунги кунда Ўзбекистон нефть-газ саноати нафақат ер ости бойликларини қазиб олиш, балки хомашёни қайта ишлаш ва маҳсулот ишлаб чиқарувчи мажмуалар тизимиға айланди. Бу тармоқ юксак ривожланган саноат ички ва ташқи бозорларда талаб юқори бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқариш ва сотиш бўйича қатор йирик корхоналарни бирлаштириди.

Ҳозирги босқичда тармоқнинг асосий иқтисодий йўналишларидан бири углеводород хомашёсини чукур қайта ишлаш ва ундан қўшимча қийматга эга маҳсулотлар ишлаб чиқариш, хорижий инвестицияларни жалб этиш ҳамда экспорт географиясини кенгайтириш ҳисобланади. Бу борадаги лойиҳаларни амалга ошириш учун мамлакатимизга нефть ва газни қазиб чиқаришда етакчи қатор йирик чет эл компаниялари жалб этилмоқда.

Давлатимиз раҳбари Ҳаракатлар стратегиясига мувофиқ амалга оширилаётган ишлар саноатнинг етакчи йўналишларини изчил ривожлантиришга хизмат қилаётганини таъкидлади. Шунингдек, 2016 йил 28 сентябрдаги «2016 – 2020 йилларда углеводород хом ашёсини чукур қайта ишлаш негизида экспортга йўналтирилган тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўпайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори асосида бу борадаги ишлар изчил ривожлантирилади.[1-2]

Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёев 2019 йил 21 февраль куни нефть-газ ҳамда кимё саноатида олиб борилаётган ислоҳотлар натижадорлигини таҳлил қилиш, ушбу тармоқларни тизимли ривожлантириш масалаларига бағишланган йиғилиш ўтказди.

Мамлакатимизда ёқилғи-энергетика соҳаларини уйғун ривожлантириш ва энергия манбаларини диверсификация қилиш бўйича изчил ишлар амалга оширилмоқда. Бу иқтисодиёт тармоқлари ва аҳолининг энергия ресурсларига тобора ўсиб бораётган эҳтиёжини қондиришда муҳим омил бўлмоқда.

Жорий йилги Инвестиция дастурига мазкур соҳа бўйича умумий қиймати 27,8 миллиард долларлик 26 та лойиҳа киритилган. Президентимиз ушбу

лойиҳалар билан ҳар куни шуғулланиб, уларнинг ўз муддатида ва сифатли амалга оширилишини таъминлаш зарурлигини таъкидлади.

Ривожланган мамлакатларда ёқилғи ва энергия истеъмоли ўсиши, ривожланаётган мамлакатлар иқтисодиётлари ва аҳолиси сони ошиши сайин энергия манбаларига жаҳон талаблари узлуксиз ортиб бормоқда. Ҳозирги кунда ёқилғи-энергия манбалари мавжудлиги ва ҳаммабоплиги, уларнинг истеъмолчиларга узлуксиз етказиб берилиши ва самарали ишлатилиши дунёning турли мамлакатларида энергетик стратегияларни ишлаб чиқиша асосий мақсадлар бўлиб бормоқда.

Ишнинг долзарблиги.

Узтрансгаз АЖ экспорт инфраструктураси ривожланиши, янги газоконденсат конларнинг ишлаб чиқилиши билан биргаликда, газ соҳасида табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш адсорбцион технологияларидан фойдаланиш истиқболлари йил сайин ошмоқда. Таъкидлаб ўтиш лозимки, табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш учун импорт силикагеллари нархи Россия аналогларга қараганда 1.5-2 марта юқоридир.

Магистрал қувурлар бўйлаб ташишга мўлжалланган газнинг сифат кўрсаткичлари ва меъёрларини ўрнатишнинг асосий мақсади бўлиб газни ташиш системаси ишлашининг ишончлилигини ва самарадорлигини ошириш, шунингдек газ қазиб олиш корхоналарида углеводород конденсатини ажратиб олиш коэффициентини ошириш ҳисобланади. Конденсат (углеводородлар C5+) йўқотилишини пасайтириш маълум даражада газни қазиб олиш ва қайта ишлаш корхоналарида янги техникаларнинг ва илғор технологияларнинг жорий этилишини рағбатлантиради.

Газнинг қувурлар бўйлаб ташилиши унинг босими ва ҳарорати ўзгариши билан боради, натижада системада сув ва углеводородлардан иборат суюқ фазанинг ҳосил бўлиши эҳтимоли мавжуд бўлади. Бир вақтнинг ўзида ҳам сувни (қуритиш) ва ҳам оғир углеводородларни C5+ (бензинсизлантириш) чиқариш учун бир нечта техник усувлар мавжуд.

Энг кўп тарқалган технологиялар бўлиб қўйидагилар ҳисобланади: паст ҳароратли сепарация – юқори босим газни дросселлашда ёки сунъий совитиш қурилмаларида паст ҳароратларнинг олиниши; абсорбция ва адсорбция ёки уларнинг бирикмалари.

Табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш технологиясини қўлланилаётган импорт силикагеллар ўрнига нархи анча арzon Россия адсорбентларидан фойдаланиш долзарб ҳисобланади.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Магистрал қувурлар бўйлаб ташишга мўлжалланган газнинг сифат қўрсаткичлари ва меъёрларини ўрнатишнинг асосий мақсади бўлиб газни ташиш системаси ишлашининг ишончлилигини ва самарадорлигини ошириш, шунингдек газ қазиб олиш корхоналарида углеводород конденсатини ажратиб олиш коэффициентини ошириш ҳисобланади. Конденсат (углеводородлар C_{5+}) йўқотилишини пасайтириш маълум даражада газни қазиб олиш ва қайта ишлаш корхоналарида янги техникаларнинг ва илғор технологияларнинг жорий этилишини рағбатлантиради.

Сув ости қувурларга техник хизмат қўрсатиш бўйича операциялар анча мураккаб ҳисобланади, ва газни ташишни вақтинча тўхтатиб турилишини талаб қилиши мумкин.

Шу қаторда критик вазиятлардан ҳам четланиш лозим, чунки газни ташиш системаси вақтинча тўхтатилиши билан боғлиқ бўлган салбий оқибатлар анча жиддий бўлади.

Газнинг қувурлар бўйлаб ташилиши унинг босими ва ҳарорати ўзгариши билан боради, натижада системада сув ва углеводородлардан иборат суюқ фазанинг ҳосил бўлиши эҳтимоли мавжуд бўлади. Бир вақтнинг ўзида ҳам сувни (қуритиш) ва ҳам оғир углеводородларни C_{5+} (бензинсизлантириш) чиқариш учун бир нечта техник усууллар мавжуд.

Энг кўп тарқалган технологиялар бўлиб қўйидагилар ҳисобланади: паст ҳароратли сепарация – юқори босим газни дросселлашда ёки сунъий

совитиш қурилмаларида паст ҳароратларнинг олиниши; абсорбция ва адсорбция ёки уларнинг бирикмалари.

Табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш технологиясини қўлланилаётган импорт силикагеллар ўрнига нархи анча арzon Россия адсорбентларидан фойдаланиш ҳисобига такомиллаштириш ҳисобланади.

Илмий иш мақсади. Табиий газни бензинсизлаштириш ва адсорбцион қуритиш технологиясини такомиллаштириш.

Тадқиқот обьекти. Табиий газни бензинсизлаштириш ва адсорбцион қуритиш.

Тадқиқот предмети. Табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни учун қўлланиладиган адсорбентларнинг хоссаларини тадқиқ қилиш.

Тадқиқотнинг асосий вазифалари.

- адсорбентларнинг бир қатламли ва комбинацияланган қатламларида табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёнлари қонуниятларини аниқлаш;
- комбинацияланган қатламда табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш чуқур даражасини таъминловчи адсорбентларнинг оптимал таркиби ва нисбатини тажриба йўли билан аниқлаш;
- адсорбентларнинг комбинацияланган қатлами танловини асослаш, pilot адсорбцион қурилманинг турли технологик режимларида ва табиий газда оғир углеводородлар (н-гептан) турли миқдорларида унинг иши самарадорлигини баҳолаш.

Қўйилган масалаларни ечиш усуллари.

- Табиий газларни тайёрлаш учун қўлланиладиган абсорбентлар ва адсорбентлар таҳлил қилиш;
- Адсорбентларнинг хоссаларини тадқиқ қилиш ва силикагеллар динамик адсорбцион сифимини сув ва н-гептан буғлари бўйича аниқлаш;

- Пилот адсорбцион қурилмасида адсорбент намуналари адсорбцион хоссаларини аниқлаш;
- Табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни учун қўлланиладиган адсорбентларнинг хоссаларини тадқиқ қилиш;
- Россия ва импорт адсорбентлар асосий физик-техник хоссалари қиёсий таҳлил қилиш.

Илмий янгилиги. Табиий газларни C5+ углеводородларидан қуритиш ва тозалашда адсорбцион усули Россия адсорбентларининг комбинациялашган қатламида қўланиши асосланган ва таклиф этилган. Табиий газларни қуритиш ва бензинсизлантиришда таклиф этилган адсорбентларининг комбинациялашган қатламини куллаш соҳаси аниқланган.

Чоп этилган ишлар.

- 1.Бозоров Г.Р., Абдурахмонов Ш.М. Адсорбционный способ осушки газа. Международный научно-практический журнал. Теория и практика современной науки. 2019. №3 (45).
- 2.Абдурахмонов Ш.М, Бозоров Г.Р. Отбензинивания природного газа Вопросы науки и образования. Научно-теоретический электронный журнал. 2018. № 4 (16). С. 24 -26.

Ишнинг ҳажми. Ушбу магистрлик диссертацияси кириш қисми, учта асосий бўлим, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат бўлиб, шу жумладан матн 88 саҳифадан, 13 та чизмадан ва 22 та жадвалдан ташкил топган.

I-БОБ. Табиий газларни тайёрлаш учун қулланиладиган абсорбентлар ва адсорбентлар таҳлили

Газни ташиш системаси (ГТС) ва унинг муҳим қисми ҳисобланадиган ГТТҚ (газни ташишга тайёрлаш қурилмаси) эксплуатацияси ишончлилиги ташиладиган газ сифатига қатъий талабларни қўяди. Уларнинг асосийлари – сув ва углеводородлар бўйича шудринг нуқтаси.

Табиий газда метандан ташқари оғир углеводородлар (C_2-C_7), сув ва метанол буғлари мавжуд бўлади. Баъзида унинг таркибида инерт газлар, азот (N_2) ва углерод диоксид (CO_2), шунингдек олtingугурт сақлаган компонентлар, масалан H_2S , олtingугурт сақлаган органик бирикмалар, симоб и радиоизотоплар кичик миқдорлари сақланади. Табиий газни дастлабки тозалашсиз юборилганда газни ташиш системасида суюқликлар ҳам пайдо бўлиши мумкин. Углеводородлар сув иштирокида гидратларни ҳосил қилиши мумкин бўлиб, улар клапанларни ва қувурларни бекитиши, баъзан эса авария тўхталишларга ҳам олиб келиши мумкин. Маълумки, айнан гидратлар ташиш системаларининг беркитилиши асосий сабаби бўлиб ҳисобланади [3].

Газни барқарор ташиш ва қувурларнинг узлуксиз ишлаши учун нормал ишлаш жараёнида, шунингдек ўтиш режимларида суюқлик ёки қаттиқ моддаларнинг барча конденсация эҳтимолликларини олдини олиш зарур. Магистрал қувурларга узатиладиган газларнинг сифат кўрсаткичлари СТО Газпром 089-2010 “Магистрал қувурлар бўйича узатиладиган ва ташиладиган табиий ёнувчан газ. Техник шароитлар” га мувофиқ белгиланади (газнинг сув бўйича шудринг нуқтаси $-20^{\circ}C$; углеводородлар бўйича шудринг нуқтаси $-10^{\circ}C$) [4].

Таъкидлаб ўтиш лозимки, газни денгиз бўйлаб қувурлар («Голубой поток», «Северный Поток») ташишда унинг сифатига қатъийроқ талаблар қўйилади: газнинг сув бўйича шудринг нуқтаси $< -30^{\circ}C$; углеводородлар бўйича шудринг нуқтаси $< -20^{\circ}C$ (2,3 МПа босимда). Бу кўрсаткичлар

газнинг Россия Европа бирлашган мамалакатлар бўйича “оддий” ташишга нисбатан анча қатъиyroқ бўлади.

Газни қайта ишлаш технологияси танлови биринчи навбатда хом-ашё таркиби, қуритишнинг талаб қилинган чукурлиги, мақсадли компонентлар ажратиб олиниши даражаси билан белгиланади, ва ҳар бир конкрет ҳолатда ҳар томонлама техник-иктисодий ишланмалар ўтказилишини изоҳлайди.

Бўш ($1 \text{ г}/\text{м}^3$ дан кам углеводород C_{5+} миқдорига эга) газларни қуритиш учун абсорбцион ва адсорбцион жараёнлар ишлатилади [3]. Газ таркибида конденсат мавжудлиги ҳолатида газни қайта ишлаш паст ҳароратли жараёнларни қўллаган ҳолда амалга оширилади. Бунда газни совитиш босқичида газнинг мувозанатли намлик сигими пасайиши ҳисобидан сув буғлари конденсацияси содир бўлади [3, 5].

Қазиб олиш ва заводда табиий газни қуритиш ва тозалаш бўйича жамланган тажрибаларнинг таҳлили ва умумийлаштирилиши турли технологик жараёнларни қўллашнинг афзалроқ соҳаларини ажратиб кўрсатади.

1.1 Табиий газнинг паст ҳароратли сепарацияси

Паст ҳароратли сепарация жараёни конденсат сақлаган газларни бир нечта турли хил технологик конфигурацияларда қайта ишлашда кенг қўлланилади. Паст ҳароратли сепарация қурилмалари ишлаш режимларини белгиловчи асосий критерий бўлиб газни ташиш ишончлилигини таъминлаш ҳисобланади. Бунга эса газдан конденсатни чукур ажратиб олиш йўли билан эришилади [3, 5].

Газдан сув ва оғир углеводородларнинг ажратиб олиниши газни дросселлаш орқали уни совитиш ҳисобидан амалга оширилади (Джоуль-Томпсон эфекти), бунинг натижасида оғир углеводородлар ва сув конденсацияланади, кейин эса ҳосил бўлган суюқ фаза паст ҳароратли сепараторда ажратилади. Мазкур қурилмалар паст ҳароратли сепарация қурилмалари деб аталади. Паст ҳароратли сепарация қурилмалари гидратсиз

ишлаш режимини таъминлаш учун оқимга гидрат ҳосил бўлиш ингибитори (метанол) эритмаси киритилади. Агар гидратлар ингибиторлари киритилмаса, мувофиқ босимда совитиш даражаси кў ҳолларда гидратлар ҳосил бўлиш ҳарорати билан чегараланади.

Газнинг паст ҳароратли сепарация технологияси [6-11] илмий ишларда батафсил кўриб чиқилган.

Конденсатни ажратиб олиш рационал усулини сепарация ҳарорати ва босимидан, газ таркиби ва уни ташиш шароитларидан боғлиқ равища танлашга [7-8] илмий ишлар бағишлиланган

Паст ҳароратли сепарация қурилмалари камчилиги бўлиб газнинг кенгайиши ва тайёрланган газнинг рекомпрессияси зарурияти билан боғлиқ энергетик йўқотишлар ҳисобланади. Ундан ташқари, паст ҳароратли сепарация жараёни юқори босимли газни дросселлашга асосланади, шунинг учун у конни қазиб олиш қисқа муддати давомида қўлланилиши мумкин.

Паст ҳароратли сепарация усулини қўллаш бўйича адабиёт маълумотлари таҳлили шуни кўрсатдики, газда углеводородлар (C_{5+}) миқдори пасайиши сайин паст ҳароратли сепарация усули эфекти ҳам камаяди.

Паст ҳароратли сепарация қурилмаларида табиий газни қуритишда ва бензинсизлантиришда СТО Газпром 089-2010 да талаб қилинган сув бўйича шудринг нуктасига эришишига қарамай, буғсимон углеводородларни (C_{5+}) газдан ажартиб олиб бўлмайди ва улар газ қувурларига чиқиб кетади. Сепаратордан чиққан газ максимал конденсация паст босимиға эга бўлади, шу сабабли магистраль қувурларда углеводород конденсати ажралиб чиқади. Шунинг учун газоконденсат конларда табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш учун паст ҳароратли сепарация схемасини қўллаш фақатгина оғир углеводородлар (C_{5+}) бўйича пастроқ шудринг нуктасини таъминловчи бошқа усул билан, масалан адсорбцион усул билан биргаликда қўллашда амалга оширилиши мумкин [9,10].

1.2 Газни ташишига тайёрлашнинг абсорбцион усули

Оқимга қарши абсорбцион жараёнлар, биринчи навбатда бўш газларни, яъни “остона” концентрациясидан юқори бўлмаган оғир углеводородларни сақламаган газларни қуритишда ишлатилади [1]. Бу ерда “остона” концентрацияси остида углеводородларнинг шундай концентрацияси тушуниладики, у газни нормал ташиш учун тўсқинлик қилмаслиги лозим. Мазкур жараёнлар шунингдек кислотали газларни, турли реагентлар сувли эритмалари иштирокида уларни кислотали компонентлардан тозалаш қурилмаларидан сўнг қуритишда, шунингдек паст ҳароратли қайта ишлашга тайёрлашда ишлатилади.

Ҳозирги кунда Россияда ва Ўзбекистонда диэтиленгликолни (ДЭГ) қўллаб абсорбцион усул энг кўп тарқалган, хорижда эса бу мақсадда самаралироқ қуритувчи –триэтиленгликоль (ТЭГ) ишлатилади. Гликоллар ёғ қаторининг икки атомли спиртлари хисобланади, ва сув билан исталган нисбатларда аралашади. Уларнинг сувдаги эритмалари жиҳозларнинг коррозиясини чақирмайди.

Шимолий ноҳияларда атроф-муҳитнинг манфий ҳарорати мавжудлиги газни қуритиш абсорбцион усулини кенг қўллаш имкониятини чеклайди. Асосий сабаблардан бири бўлиб паст ҳароратларда абсорбентнинг қовушқоқлиги ошиши хисобланади.

Гликолли қуритиш сув бўйича шудринг нуқтасининг мўътадил кўрсаткичларини таъминлайди (-30 °C гача). Газ таркибида оғир углеводородлар (C_{5+}) мавжудлиги мазкур технологиянинг углеводородлар бўйича талаб қилинган шудринг нуқтасини таъминлай олмаслиги сабабли қўлланилишини чеклайди. Мазкур ҳолат ҳам газни гликолли қуритиш технологиясининг жиддий қамчилиги бўлиб хисобланади.

Гликолли қуритиш жараёнида абсорберлардан чиқишида газ (ҳатто механик олиб кетишлар умуман йўқлигига ҳам) қуритиш параметрларида газнинг гликоль билан мувозанатли тўйинишига мос келадиган миқдорларда қуритгич буғларини сақлайди [10]. Ташиш давомида газнинг совитилишида

қуригич буглари конденсацияланади, ва газ қувурларида суюқлик кўринишида тушади. Натижада нафақат реагентнинг доимий йўқотилиши содир бўлади, балки яна компрессор станциялар киришида газдан ушлаб қолинадиган суюқлик утилизацияси муаммоси ҳам юзага келади.

Бизнинг фикримизча, сув ва углеводородлар бўйича шудринг нуқтасининг паст ҳарорати талаб қилинганида иқтисодий нуқтаи назардан юқори босимли табиий газни тайёрлашнинг энг оптимал усули бўлиб бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантиришни ўтказиш ҳисобланади. Мазкур усул газни мақбул харажатларда катта масофаларга ташиш учун юқори сифатли тайёрлаш имконини беради, шунингдек газ қувурига қуритилмаган газ узатилишига йўл қўймайди, чунки айнан бу холат гликоли қуритишда абсорберга қуригич йўқлиги сабабабли унинг узатилиши тўхталишида, тежаш мақсадида ёки ортиқча олиб кетиш туфайли сарф ўрнатилган меъёrlарига амал қилишда кузатилади.

1.3 Табиий газларни тозалаши, қуритиш ва бензинсизлантириши адсорбцион усуллари

Табиий газни турли хил адсорбентлар билан қуритиш муаммолари бир қатор публикацияларда, хусусан [11-13] илмий ишларда кўриб чиқилган.

Табиий газни адсорбцион қуритиш ва тозалаш у ёки бу усулининг кўлланилиши мақсадга мувофиқлиги қўплаб факторлардан боғлиқ бўлади, ва қурилманинг унумдорлиги, газ таркиби, углеводородов C_{5+} миқдори, олtingугуртли бирикмалар ва бошқа аралашмаларнинг концентрацияси, истеъмолчининг тозаланган газга бўлган талаби билан аниqlанади.

Газни тозалаш ва қуритиш-бензинсизлантириш билан боғлиқ амалий масалаларни ҳал қилишда у ёки бу адсорбентнинг қўйидаги асосий афзалликларини ҳисобга олиш лозим:

- битта системада барча номақбул компонентлардан тозалашни таъминлаши;

- газни чукур тозалашни таъминлаши;
- эксплуатация осонлиги ва автоматизация имконияти.

Углеводород газларни қуритишнинг адсорбцион жараёни газни қайта ишлаш заводларида паст ҳароратли технологиянинг биринчи босқичи сифатида кенг қўлланилиб, унинг якуний маҳсулоти бўлиб пропан, бутан, суюқ азот ва гелий каби суюлтирилган газлар ҳисобланади [10].

Шундай фикр мавжудки, газни қайта ишлашга тайёрлашнинг адсорбцион жараёни, масалан, қазиб олишда кенг қўлланиладиган абсорбцион жараёнга нисбатан металл сарфи кўпроқ ва қимматроқ бўлиб ҳисобланади. Бироқ газдан суюқликни ажратиб олиш юқори даражаси, газни қуритиш жараёнида қуритилган газда қувурлар боғланмасида ва аппаратда конденсацияланиши мумкин бўлган абсорбент буғлари йўқлиги ушбу жараённи ишончли қиласи, унинг такомиллаштирилишини ва газларни заводда қайта ишлашда кенг қўлланилишини тақозо қиласи.

Газни магистрал қувурлар бўйлаб ташиш учун қазиб олиш даврида тайёрлашга келсақ, тайёрлаш усулини танлашнинг асосий критерийси бўлиб уларнинг конденсацияси ва газ қувурларида тушишини истисно қиласи газнинг сув ва углеводородлар бўйича шудринг нуқтаси ҳисобланади [1, 10].

Саноатда табиий газларни тозалаш ва қуритиш-бензинсизлантиришда қўлланиладиган асосий адсорбентлар бўлиб қўйидагилар ҳисобланади:

- фаолаштирилган кўмирлар;
- цеолитлар;
- алюминий фаол оксиди;
- силикагеллар.

Уларнинг асосида табиий газларни тозалаш, қуритиш ва бензинсизлантириш бир қатор технологиялари ишлаб чиқилди ва саноатга жорий қилинди.

1.4 Фаол кўмирлар

Фаол кўмирлар – ғовакли саноат адсорбентлари, асосан углероддан иборат, ва уларнинг сирти ва ғовакли структураси билан белгиланадиган бир қатор хусусиятларга эга бўлади [14]. Углерод кристаллитлари сирти электронейтрал бўлади, ва кўмирларда адсорбция асосан ўзаро таъсирнинг дисперсион кучлари билан белгиланади.

Одатда, кўмир структураси барча ўлчамдаги ғоваклар гаммаси билан кўрсатилади, жумладан саноат газлари компонентлари адсорбцион сифими ва адсорбцияси тезлиги гранулаларнинг масса ёки ҳажм бирлигida микроғовакларнинг миқдори билан аниқланади.

Фаол кўмирлар – саноат адсорбентининг ягона гидрофоб туридир, ва айнан шу жиҳат унинг буғлар рекуперацияси, нам газларни ва оқова сувларни тозалаш учун кенг қўлланилишини белгилаб берди. Бироқ адсорбтив кичик миқдорларида (газ оқимидан микроаралашмаларнинг ажратиб олиниши), тозалаш эҳтимоллиги юқори бўлганида, муҳит намлиги кўмирнинг ажратиб олинадиган компонент бўйича адсорбцион сифимини пасайтиради (вискоз ишлаб чиқаришда вентиляцион чиқариб ташлашлардан водород сульфидни ютиб олиниши).

Тажрибалар [14, 15] кўрсатдиги, кўмирлар адсорбцион сифими тушиб кетиши билан характерланадиган буғ-ҳаво муҳитининг органик эритувчилар буғлари адсорбциясига таъсири адсорбтив концентрацияи 30 г/м³ дан паст бўлганида намоён бўлади.

Ҳозирги кунда АҚШ да кўплаб газ оқимларини уларни атмосферага чиқариб ташлашдан олдин тозалашнинг сўнгти босқичида фаол кўмирли адсорберлар ишлатилади. Бу адсорберларнинг асосий вазифаси – учувчан органик маҳсулотларнинг чиқариб ташлашини камайтириш, ёмон хидли моддаларни йўқотиш ва углеводородларни ажратиб олиш / қайтариш хисобланади [16].

Фаоллаштирилган кўмирлар Россияда шунингдек гелийли концентратни азотдан, водороддан ва инерт газлардан тозалаш учун

ишлатилади; адсорбцион жараён паст ҳароратларда ва юқори босимларда олиб борилади [17]. Фаол кўмирларнинг кенг спектрини ишлаб чиқарувчи корхона бўлиб Россияда «Сорбент» ОАЖ, Пермь ш.

Бугунги кунда мамлакатимизда табиий газни адсорбцион қутиши ва тозалаш жаарёnlари учун фаол кўмирларнинг адсорбент сифатида ишлатилиши тобора камаймоқда. Бунинг сабаби шундаки, ишланган кўмирни аппаратлардан бўшатишда у ҳавода оксидланишни ва ёнишни бошлайди, бу эса у билан ишлашда катта ноқулайликларни келтириб чиқаради.

1.5 Цеолитлар

Адсорбентлар сифатида кенг қўлланиладиган моддалардан бири цеолитлар – таркибида ишқорий ва ишқорий-ер металлар оксидларини сақлаган алюмосиликатлар ҳисобланади. Цеолитлар ғовакларнинг қатий тартибга солинадиган структураси билан фарқланиб, улар оддий ҳарорат шароитларида сув молекулалари билан тўлган бўлади [14, 18].

Цеолитлар табиий ва синтетик бўлади. Сноатда цеолитларнинг беш тури ишлаб чиқарилади. Классификация асосига икки кўрсаткичли белгиланиш қўйилади: дастлаб цеолит панжарасига кирадиган катион (K, Na, Ca), кейин цеолитнинг кристаллик панжараси тури (A, X или Y) кўрсатилади.

Россияда цеолит ишлаб чиқарувчи корхоналар қўйидагилар: «Салават катализатор заводи» МЧЖ, Салават ш. (2000 т/й); «Ишимбай катализаторлар махсуслаштирилган кимёвий заводи », Ишимбай ш. (4000 т/й); «Молекуляр элаклар «Реал Сорб» заводи» МЧЖ, Ярославль ш. (1800 т/й); «Красноярск кимёвий-металлургия заводи» ОАЖ, Красноярск ш. (200 т/й); «Нижегородск сорбентлари» ЁАЖ, Нижний Новгород ш. (300 т/й); ФГУП «Тамбов КИТИ», Тамбов ш., (40 т/й) [19].

Саноатда одатда синтетик йўлда – ишқорий алюмосиликагелларнинг гидротермал кристаллизацияси орқали олинган цеолитлар ишлатилади.

Кристаллизация жараёнида гидрогель цеолитнинг майда дисперс кукунига айланиб, у ювилганидан сўнг боғловчи – гил қўшиш орқали гранулаланади.

Боғловчи киритилиши цеолитларнинг бир қатор физик-кимёвий хоссалари: каталитик фаоллиги, адсорбцион сифими, механик мустаҳкамлиги ва бошқ. ўзгаришига олиб келади [14].

Синтетик цеолитлар – энг қиммат адсорбентdir. Улар юқори адсорбцион қобилиятда жуда паст шудринг нуктасини беради, томчили намлик билан контактда мустаҳкам бўлади [14, 18].

Синтетик цеолитлар шунингдек цеолит бўшлиғида кириш очик жойлари диаметрининг жратиб олинадиган аралашма ўлчами билан солиширилиши уникал хоссасига эга бўлиб, бу селектив адсорбцияни ўтказиш имконини беради [20-22].

Таъкидлаб ўтиш лозимки, цеолитларда сув буғлари адсорбцияси фарқланадиган хусусияти бўлиб ҳатто юқори ҳароратларда ҳам катта адсорбцион қобилияти қўрсаткичи ҳисобланади. Ҳатто 200 °C да ҳам у сезиларлигича қолади, ва 4 % қўрсаткичгача етади. Бу ҳароратлар ноҳиясида силикагеллар ва алюминий оксиди адсорбцион қобилияти деярли нолга тенг бўлади [14, 23].

Цеолитларнинг бу хусусияти бир қатор ҳолатларда (масалан, қазиб олиш конларида ва газни қайта ишлаш заводларида табиий газни қуритишида) қуритиладиган газнинг совиши босқичини олдини олиш имконини беради, бу эса энергия харажатларининг чезиларли пасайишига ва схеманинг соддалашишига олиб келади.

Цеолитлар қуритишининг энг юқори даражасини таъминлайди: қуритилган газнинг шудринг нуктаси -80 °C гача етиши мумкин.

Газ саноатида энг кўп қўлланилишга кириш очик жойлари диаметри мувофиқ равища 9-10 Å ва 4 Å бўлган цеолитлар NaX эга [14, 18, 20-23].

Агар газни қуритиш билан биргаликда унинг таркибидан молекуласининг критик диаметри 4,9 Å дан катта бўлган оғир углеводородларни C₅₊ ажратиб олиш вазифаси қўйилган бўлса, бу ҳолатда

цеолит NaX қўлланилиши мақсадга мувофиқ бўлади [14, 18, 22]. Мазкур адсорбент сув ва углеводородлар бўйича юқори фаолликка эга, жумладан адсорбция цикли давомида қуритишнинг барқарор чуқурлиги таъминланади. Мазкур адсорбент бошланғич намлик ва газ оқими тезлигига барқарор ишлайди, бу эса газ қурилмасининг унумдорлиги ўзгариб туриши мумкин бўлган саноат шароитларида аҳамият касб этади.

Цеолит NaX регенерация юқори ҳароратини (320°C) талаб қиласди, бунда оғир углеводородларнинг чуқурроқ десорбцияси содир бўлади, бироқ таъкидлаб ўтиш лозимки, қатламнинг $330\text{-}350^{\circ}\text{C}$ дан юқори иситилиши цеолит ғовакларининг коксланишига ва унинг фаоллиги пасайишига олиб келиши мумкин. Цеолитнинг сув ва бошқа компонентлар бўйича умумий фаоллигини эксплуатацион давр якунида (2-3 йил) 9% мас. га teng деб қабул қилиниши мумкин.

Фақатгина газни қуритиш вазифаси қўйилган бўлса, у ҳолда NaA цеолити қўлланилади. Цеолит NaA нинг NaX дан асосий фарқи шундаки, у саноат газларининг молекулалар критик ўлчами 4\AA дан ошмайдиган компонентларини ютиб олади, яъни пропан ва углерод атоми сони 3 дан ошмайдиган бошқа органик бирикмаларни сорбцияламайди [14, 18, 22].

Хорижий илмий-техник адабиётларда адсорбентлар сифатида синтетик цеолитларнинг қўлланилиши билан табиий газларни қуритиш ва тозалаш саноат қурилмалари кўплаб турлари тавсифи келтирилган [23].

Табиий газларни қуритиш ва тозалаш учун цеолитлар ишлатилиши тажрибасини умумлаштириб шундай хулоса қилиш мумкинки, улар сув буғларининг кичик парциал босимлари нохиясида юқори ютувчанлик қобилиятига, юқори ҳароратларда қуритиш қуритиш имкониятига, анча яхши механик хоссаларга эга бўлади. Бироқ шунга қарамай, уларнинг қўлланилиши битта жиддий камчиликка эга – газларни қуритиш ва тозалаш жараёнларининг юқори таннархи. Бу цеолитларнинг $330\text{-}350^{\circ}\text{C}$ да ўткаазиладиган регенерацияси учун энергия катта сарфлари, ушбу юқори регенерация ҳароратида тозаланадиган газ баъзи компонентларининг

деструкцияси ҳисобидан коксланиш туфайли чақириладиган қимматбаҳо цеолитларнинг тез-тез алмаштирилиши зарурияти билан боғлиқ [24]. Цеолитлар регенерацияси мураккаблигини ҳисобга олиб, сув буғлари сезиларли миқдорига эга табиий газларни қуритишни арzonроқ ва осон регенерацияланадиган қаттиқ адсорбент билан ўтказиш мақсадга мувофиқ бўлади.

1.6 Алюминий фаол оксиди

Нефть-газ саноатида газларни қуритиш учун кенг қўлланиладиган анорганик адсорбентларнинг бошқа тури бўлиб алюминий фаол оксиdi ҳисобланади. Алюминий фаол оксиdi афзалликлари (термик барқарорлик, нисбатан осон олиниши, хом-ашё оммабоплиги ва бошқ.) унинг силикагеллар ва цеолитлар каби адсорбентлар билан кенг қўлланилиши имкониятини таъминлайди [25-26].

Шу қаторда у адсорбция жараёнларида ҳам (газларни, мойларни, қуритишда, газларни ва суюқликларни хлор- ва фтор сақлаган бирикмалардан тозалашда) кенг қўлланилади.

Алюминий оксиdi қўйидаги турлари фарқланади:

- паст ҳароратли оксидлар ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-nH}_2\text{O}$), улар 600°C дан ошмайдиган ҳароратларда γ -, ρ -, χ - ва η -модификациялар кўринишида олинади;
- юқори ҳароратли оксидлар (деярли сувсиз), улар $900-1000^{\circ}\text{C}$ ҳароратларда σ -, χ - ва θ -модификациялар кўринишида олинади;
- 1000°C ва ундан ортиқ ҳароратларда инерт алюминий а-оксиdi (корунд) олинади.

Россияда алюминий оксиdi ишлаб чиқариш қўйидаги корхоналарда амалга оширилади: «Щёлково катализатор заводи» МЧЖ, Щёлково ш. (2000 т/й); «Новомичуринск катализатор заводи» МЧЖ, Новомичуринск ш. (1500 т/й); «НИАП-КАТАЛИЗАТОР» МЧЖ, Новомосковск ш. (1500 т/й). Фаол алюминий оксидлари саноат навлари одатда γ - ва χ - Al_2O_3 сақлайди.

Алюминий оксидининг қутбли адсорбтивлар (биринчи навбатда сув буғлари) билан ўзаро таъсирида юқори фаоллиги газларни минус 60 °С ва ундан паст шудринг нұқтасигача чуқур қуритилишини таъминлайди.

Алюминий оксидининг муҳим фарқланадиган жиҳати бўлиб унинг сувга чидамлилиги ҳисобланади. Айнан шу кўрсаткич томчили намлик мавжуд муҳитларни қуритиш ва қайта ишлаш учун адсорбент сифатида алюминий оксидининг танланишини кўп ҳолларда белгилаб беради.

Франция нефть институти (ФНИ) ва «Axens» фирмаси ўзининг саноат қурилмаларида углеводород газларни, шу жумладан суюлтирилган углеводород газларни (СУГ) қуритгичи сифатида алюминий оксидини қўллашади [27].

Мақолада [28] кальций хлорид билан модификацияланган алюминий оксида асосидаги саноат газ қуритгичи ИК-011-1 хоссалари тавсифланган. У РФА СО Г.К. Боресков номидаги катализ институтида технологик ҳаводан ва бошқа газлардан сувни йўқотиш учун ишлаб чиқилган. Қуригич ИК-011-1 юқори динамик сорбцион сифимга (0,25 г/г), қуритилган ҳаво паст шудринг нұқтасига (-50 °C) ва яхши гидротермал барқарорликка эга. Ҳозирги кунда мазкур қуритгич Россиянинг 10 та корхоналарида (улар асосан НКИЗ ва криоген станциялар) технологик ҳавони қуритиш учун ишлатилади.

Интернетда амалга оширилган қидиувлар кўрсатдики, ИК-011-1 маркали қуритгич «Уфанефтехим» ОАЖ да техник ҳавони қуритгичи сифатида қўлланилади.

Фаол алюминий оксидининг сув буғлари бўйича юқори динамик адсорбцион сифими билан биргаликда томчили намликка барқарорлиги каби хоссалари ундан газ оқимидан оғир углеводородларни ажратиб оладиган бошқа адсорбент билан комбинацияда химоя қатлами сифатида қўллаш имконини берали [14, 19, 28].

1.7 Силикагеллар

1.7.1 Силикагель билан адсорбция

Силикагель саноат технологиясида энг кўп тарқалган катта ривожланган сиртга эга минерал адсорбентлардан бири бўлиб ҳисобланади.

Ташқи кўриниши бўйича у қаттиқ донлардан иборат, шаффоф, хира, рангиз ёки оч-жигарранг бўлади. Силикагель донлар ўлчами 0,1-0,7 см бўлган шариклар, таблеткалар ёки нотўғри шаклдаги бўлакчалар кўринишида ишлаб чиқарилади.

Силикагелларнинг кимёвий ва адсорбцион хоссаларига =Si-OH гурухи мавжудлиги таъсир кўрсатади. OH- гурухлар асосан силикагель сиртига чиқувчи тетраэдр чўққиларини эгаллашади [14,19]. Унинг сиртининг кимёвий модификацияланиши натижасида (силикагель таркибига амино-, сульфо- ва нитрил гурухларни, фтор атомлари, алкил ва алкенил радикалларни киритиш орқали) адсорбцион хоссаларнинг ўзгаришига эришиб бўлади.

Силикагелларнинг асосий афзалликлари бўлиб қўйидагилар ҳисобланади:

- регенерация паст ҳарорати (110-200 °C), ва натижада, бошқа адсорбентлар (фаол алюминий оксиди, цеолитлар) регенерациясига нисбатан пастроқ энергия сарфлари;

- оддий технологик усуллардан фойдаланган ҳолда берилган структуравий характеристикаларнинг кенг интервалида силикагеллар синтези имконияти

- йирик тоннажли саноат ишлаб чиқаришда паст таннархи
- ейилиш ва эзилишга нисбатан юқори механик мустаҳкамлик

Силикагель доналар ва шариклар кўринишида ишлаб чиқарилади. Ғовакли структурадан боғлиқ равишда икки хил нав мавжуд: майда ғовакли (КСМ – йирик донали силикагель майда ғовакли; ШСМ - шихта силикагель майда ғовакли; МСМ – майда донали силикагель майда ғовакли) ва йирик

ғовакли (КСК - йирик донали силикагель йирик ғовакли; МСК - майда донали силикагель йирик ғовакли).

Бу силикагеллардан ташқари доналар ўлчами 0,25-0,5 мм бўлган фаоллаштирилган кўмир яна иккита саноат маркаси мавжуд – АСК (фаоллаштирилган силикагель йирик ғовакли) ва АСМ (фаоллаштирилган силикагель майда ғовакли).

Гранулаланган силикагеллар икки ҳил маркали бўлади – майда ғовакли (КСМ ва ШСМ) ва йирик ғовакли (КСК ва ШСК).

Россияда силикагель саноат миқёсида ишлаб чиқарилиши иккита корхонада: «Салават катализатор заводи» ОАЖ, Салават ш. (2000 т/й) ва «Л.Я. Карпов номидаги кимё заводи» МЧЖ, Менделеевск ш. (2500 т/й) амалга оширилиб, улар силикагелнинг икки ҳил навини – майда ғовакли (КСМГ) ва йирик ғовакли (КСКГ) силикагелни ГОСТ 3956-76 бўйича ишлаб чиқармоқда [29].

«Салават катализатор заводи» ОАЖ шунингдек ТУ 2161-121-05766575-2004 [39] бўйича АССМ маркали силикагелни ишлаб чиқариб, у ГОСТ 3956-76 бўйича ишлаб чиқарилаётган силикагелга нисбатан яхшиланган характеристкаларга эга.

Шу қаторда таъкидлаб ўтиш лозимки, «Молекуляр элаклар «Реал Сорб» заводи» МЧЖ да ТУ 2161-023-21742510-2008 бўйича РС-АССМ-М маркали миллий силикагелни унинг н-гептан буғлари бўйича динамик иғимини ошириш мақсадида модификациялаш бўйича ишлаб чиқариш мавжуд [31].

Маълумки, силикагель газ фазадан сувнинг фаол адсорбенти бўлиб, маълум термодинамик шароитларда углеводородларни – табиий газ компонентларини ҳам ютиб олиш хусусиятига эга [1, 14].

Адсорбцион характеристикалардан ташқари силикагель учун адсорбент қатлами гидравлик қаршилигининг вақт ичида ўзгариши характеристини белгиловчи унинг механик мустаҳкамлиги жуда муҳим ҳисобланади. Гидравлик қаршилик адсорбент эксплуатацияси жараёнида ошиб боради.

Мазкур ҳодиса силикагель доналари майдаланиши ва қатламнинг зичланиши сабабли қатlamда эркин фазо камайиши билан тушунтирилади [32, 33].

Адсорбцион жараён техника ва технологияларининг анча тўлиқ таҳлили Н.В. Кельцев [13] ва Е.Н. Серпионова [34] томонидан бажарилган.

Илми ишда [14] динамик системаларда қўлланиладиган турли адсорбентлар томонидан углеводородларнинг ажратиб олинишига ҳарорат ва босимнинг таъсири кўриб чиқилган. Кўрсатилдики, одатда юқори ҳарорат ва паст босим турли материалларнинг адсорбцион характеристикаларини ёмонлаштиради. Бу таъсир кўпроқ даражада динамик адсорбцион сифимга кўрсатилади.

Саноат адсорбцион қурилмаларда ишчи даврнинг тугашидан сўнг адсорбцияланган компонентлар десорбцияси ва адсорбент регенерацияси учун ҳарорати 280°C ва ундан ортиқ бўлган нисбатан иссиқ газнинг узатилиши қўлланилади (саноат адсорбцион қурилмаларда тўйинган силикагелни иситиш ва регенерацияси учун одатда қуритишга ва бензинсизлинтаришга келадиган табиий газ ишлатилади).

Ўтказилган тажрибалар [14,34] кўрсатдики, агар силикагель регенерациясини 280°C ўрнига 232°C ҳароратда ўтказилса, у ҳолда ҳар бир регенерация циклидан сўнг қатламнинг қолдиқ тўйиниши баландроқ бўлиб боради, натижада қатламнинг динамик адсорбцион сифими пропан учун 50% га, бутан учун 30% га, пентан учун 25% га ва гексан учун 15% га тушади. Бироқ регенерациянинг 232°C ўрнига 280°C ҳароратда ўтказилиши ҳар бир циклидан сўнг қатламнинг қолдиқ тўйинишини пасайтириш, ва демак, ҳам сув, ҳам углеводородлар бўйича юқори динамик адсорбцион сифимни ва самарадорликни таъминлайди.

Шундай қилиб, регенерация юқори ҳарорати (280°C атрофига), адсорбент қатламини уни ифлослантирумасдан тезда иситиш ва совитиш мақсадли компонентларни ажратиб олиш юқори тўлиқлигига эришиш ва адсорбентнинг узоқроқ муддат хизмат қилиши учун муҳим шартлар бўлиб ҳисобланади.

Илмий ишларда [35-36] «ВНИИГАЗ» ОАЖ pilot адсорбцион қурилмасида, саноат адсорберлари ишлаш параметрларига максимал яқинлаштирилган шароитларда (босим 5,0 МПа; адсорбция ҳарорати 30-35 °C; газнинг чизиқли тезлиги 0,06 м/с; газнинг намлик сақлаш ҳажми 0,4 - 0,8 г/м3; газни қуритишда силикагель қатлами баландлиги 2 м; силикагель регенерацияси ҳарорати 180 °C; газни қуритишда сув буғлари ўтиб кетиш концентрацияси (ҳажм бўйича) 20 ррт (шудринг нуктаси 0,1 МПа да -55 °C) газни бир вақтда қуритиш ва оғир углеводородлардан тозалаш учун, газопровод «Голубой поток» бўйича ташишга тайёрлаш учун, ва Оренбург ГҚИЗ да табиий газни углеводородлардан ва олтингугурт бирикмалардан тозалаш учун мўлжалланган «Энгельгард» (буғунги кунда «BASF») компаниясининг Н маркали (асосий қатlam) ва WS (химоя қатlam – томчили намлика барқарор) силикагеллар KS-TrokenPerlen қўлланилиши эҳтимоллиги тажриба йўли билан аниқланди.

Импорт қилинган силикагеллар KS-TrokenPerlen-H, KS-TrokenPerlen-WS ва Оренбург ГҚИЗ да қўлланиладиган цеолит NaX («Салаватнефтеоргсинтез» ОАЖ маҳсулоти) таққосланиши ҳар бир адсорберда алоҳида бажарилди. Тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатдик, силикагеллар цеолит NaX га нисбатан водород сульфид ва меркаптанлар иштирокида углеводородлар C₆₊ самаралироқ адсорбентлари экан. Улар 4-5 соат давомида газни H₂S дан тозалашнинг талаб қилинган даражасини (2 дан 7 мг/м3 гача) таъминлай олади, бироқ ОСТ ўрнатилган меркаптан олтингугурти бўйича меъёрга (кўпи билан 16 мг/м3) га эришиб бўлмади, чунки силикагелларнинг адсорбердаги ишчи қатlam баландлиги 0,51 м дан юқори бўлиши шарт [34].

Табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантиришда миллий ва импорт силикагелларнинг адсорбцион хоссалари тадқиқ қилинди [36]. Бунда силикагелларнинг миллий маркалари КСМГ (91 % мас.) ва КСКГ (9 % мас.) ва силикагелларнинг «Энгельгард» компаниясининг импорт маркалари KS-TrokenPerlen-H ва KS-TrokenPerlen-WS дан иборат қатламлар

қўлланилди. Адсорбция 5,0 МПа босимда; 30-35 °С ҳароратда; газнинг адсорбент қатлами орқали ўтказишнинг $0,06 \text{ м}^2/\text{м}^3$ тезлигида ўтказилди. Намлиги 0,4-0,8 г/м³ бўлган газга модель углеводород сифатида н-гептан 2,3 - 3,2 г/м³ миқдорда киритилди, адсорбент регенерациясини қуруқ газ билан 180 °С да ўтказилди. Миллий силикагелларнинг динамик адсорбцион сифими сув бўйича 9-13 % мас. ва н-гептан бўйича 4-6 % мас. ташкил қилди, импорт силикагеллар учун эса бу кўрсаткич мос равишида 22 ва 8 % ташкил қилди.

Аниқландики, импорт силикагеллар KS-TrokenPerlen-H (80 % мас.) ва KS-TrokenPerlen- WS (20 % мас.) комбинацияланган қатламининг динамик адсорбцион сифими н-гептан бўйича 6-9 % мас. ташкил қилди, умумий сифим 9-11 % мас. Бунда газнинг сув бўйича етадиган шудринг нуқтаси -66 °С га тенг бўлди.

1.7.2 Табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш қурилмаси

Табиий газни адсорбцион қуритиш ва C_{5+} углеводородлардан бензинсизлантириш бутун дунёда газни ташишга тайёрлаш ва C_{5+} фракцияларни олиш учун кенг қўлланилади. Силикагель адсорбентлар қўлланилиши билан табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш технологиясини ўрганишга ва ишлаб чиқишига кўплаб илмий ишлар бағишлиланган [37-38].

Газларни қуритиш учун биринчи силикагель қурилмалар 1-жаҳон урушидан кейин пайдо бўлган. Уларнинг эксплуатацияси давомида аниқландики, силикагель OH-турухлари ва H₂O орасида ўзаро таъсир ҳисобиан ютиладиган намлик билан бирга, у шунингдек суюқ углеводородлар C_{5+} жуфтларини адсорбциялаши (бензинсизлантириши) ҳам мумкин, ва қуритиш қурилмаларини табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш функцияларини биргаликда олиб борадиган қурилмаларги қайта жихозлаш бошланди. Мазкур биринчи қурилма АҚШ да илк маротаба 1957 йилда «Shell Oil» компанияси томонидан қурилди ва эксплуатацияга жорий қилинди [39].

“Бензин” углеводородларнинг ажралиши умумий даражаси уларнинг бошланғич газдаги миқдоридан ~ 70 % ташкил қилди; пропан ва бутан ажралмади. Адсорбция, десорбция ва илк силикагель қурилмалар циклари давомийлиги 60 минутгача ташкил қилди, ва уларнинг қайта ишланадиган газ ишлаб чиқиши унумдорлиги, адсорбент массаси ва газда ажратиб олинадиган компонентлар миқдоридан боғлиқ бўлган [40-41].

Бугунги кунда дунёда 200 дан ортиқ ишлаб турган табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш қурилмалари мавжуд.

Илмий ишда [42] силикагель ва алюмогель билан тўлдирилган бир қатор қуритиш қурилмалари уларнинг унумдорлиги, босими, адсорбент фаолияти муддати кўрсатилиши билан ишлаш таҳлили келтирилган, турли хил технологик схемалар муҳокама қилинган.

1-жадвалда табиий газни адсорбцион қуритиш ва бензинсизлантириш хорижий қурилмаларнинг қисқа рўйхати келтирилган

Бир қатор илмий ишлар [14, 34, 41, 42] циклнинг кичик давомийлигига эга қурилмалар, яъни қисқа цикли адсорбцион қурилмаларга (КЦА) бағишиланган.

КЦА қурилмалари АҚШ, Канада ва бошқа давлатларда унинг конструкцияси соддалиги, қурилма арzonлиги, хизмат кўрсатадиган ходимлар кам сони ва ажратиб олинадиган маҳсулот паст таннархи сабабли кенг қўлланишга эга. Шунга ўхшаш қурилмаларнинг батафсил иш таҳлили Ю.Ш. Шумяцкий мақоласида келтирилган [43].

Япониялик муаллиф Усида Токуро [44] мақоласида газларни адсорбцион қуритиш учун қурилмаларни хисоблаб чиқиши методикаси келтирилган

Табий газни қуриши-бензинсизлантириш хорижий қурилмалари

Компания	Мамлакати	Ишлаб чиқарил -ган йили	Унумдорлик, млн. м ³ /йил	Белгилани
Mobil	Германия	1989	5834,5	Қуриши-бензинсизлантириш
NAM	Голландия	1984	910	Қуриши-бензинсизлантириш
NAM	Голландия	1993	1750	Қуриши-бензинсизлантириш
NAM	Голландия	1997	1750	Қуриши-бензинсизлантириш
AMACO	Голландия	1980	11665	Қуриши-бензинсизлантириш
AMACO	Голландия	1996	700	Қуриши-бензинсизлантириш
Clyde	Голландия	1985	420	Қуриши-бензинсизлантириш
Mobil	США	1992	5834,5	Қуриши-бензинсизлантириш
Mich Con	США	1992	5834,5	Қуриши-бензинсизлантириш
Canadian Hunter	Канада	2000	1200	Қуриши-бензинсизлантириш
Mobil Oil	Канада	2001	12800	Қуриши-бензинсизлантириш
British Gas	Англия	1985	5628	Қуриши-бензинсизлантириш
NiOG	Казахстан	2002	480	Қуриши-бензинсизлантириш
NiOG	Иран	1991	13125	Қуриши-бензинсизлантириш

Күплөб назарий илмий ишлар [43-49], шунингдек ҳам миллий, ҳам хорижий тажрибада саноат адсорбцион қурилмалар эксплуатацияси натижалари шуни аниқлаш имконини бердики, энг юқори техник-иктисодий

кўрсаткичлар қайта ишланадиган газ таркибида углеводородлар C_{5+} нинг 20-25 г/м³ гача миқдорида эришилади.

Адсорбцион қурилмалар ёрдамида ёки уларнинг НТС қурилмасида газни датлабки қайта ишлаш схемаси билан биргаликда ишлатилишида газдан буғсимон енгил бензин фракциялар ажратиб олинади, ва бу адсорбцион усулнинг энг муҳим афзалликларидан бири бўлиб ҳисобланади. Ундан ташқари, технологик схема оддийлиги ва абсорбцион усулга хос камчиликлар (гликолларнинг кўпикланиши, жиҳозлар коррозияси ва бошқ.) йўқлиги адсорбцион усулни шимолий газоконденсат конларининг ажратиб олинадиган компонентлар кичик миқдорига эга газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш учун тавсия қилиш имконини беради.

Россияда Медвежье конида эксплуатацияда адсорбцион турли 5 та газни комплекс тайёрлаш қурилмалари (УКПГ) мавжуд. Ҳар бир газни комплекс тайёрлаш қурилмаси 1972 йилда ишга туширилган лойиха унумдорлиги 7,7 МПа босимда ва 14-18°C ҳароратда 6 млн. м³/кун (40 адсорбер 24 тоннадан адсорбент) бўлган тўртта газни қуритиш технологик цехларидан иборат.

Медвежье кони газни комплекс тайёрлаш қурилмаларида силикагелларни комбинацияланган юклаш амалиёти қўлланилади: йирик ғовакли силикагель – лоййҳа бўйича В тури («BASF» фирмаси маҳсулоти); амалиётда - КСКГ («Л.Я. Карпов номидаги кимё заводи» МЧЖ ёки «Салават катализатор заводи» МЧЖ маҳсулоти) – асосий қатламни томчили намлиқдан ҳимоя сифатида; ва майда ғовакли силикагель - лоййҳа бўйича А тури («BASF» фирмаси маҳсулоти); амалиётда - КСМГ («Л.Я. Карпов номидаги кимё заводи» МЧЖ ёки «Салават катализатор заводи» МЧЖ маҳсулоти) – асосий қуритувчи қатлам сифатида [32, 33].

Лойихавий параметрларда ишлашда силикагелларнинг хизмат кўрсатиш ҳисоб-китоб қилинган муддати – 2 йил, бунда силикагель сарфи 1000 м³ тайёрланган газга 8 г ни ташкил қиласи. Икки йил ишлаши

давомида унинг сув бўйича динамик адсорбцион сифими 20-24% дан 6-8% гача пасаяди.

Эксплуатация саноат тажрибаси шуни кўрсатадики, силикагель хизмат кўрсатиш муддати адсорберларга келиб тушадиган газнинг миқдори ва таркибидан, “адсорбция (12-35 соат) - регенерация (8-16 соат) - совитиш (адсорбциягача 3-4 соат қолганда тўхтатилади)” циклари давомийлигидан (цикларнинг умумий сони 400-1000 бирлик), оқим тезлигидан, регенерация ҳароратидан ва силикагелларнинг физик-техник хоссаларидан боғлиқ бўлади, ва ўртача 2,5 йилни ташкил қиласди.

Адсорбент тури ва адсорбцион қуритиш технологияси табиий газни шудринг нуқтаси -30°C га ва босим 7,5 МПа га мувофиқ келадиган “ўтиб кетиши” намлигача қуритиш шароитларини ҳисобга олиб танланган. Бироқ Медвежье кони гази $0,4 \text{ г}/\text{м}^3$ гача оғир углеводородлар C_{5+} сақлайди. Конденсат 75 % нафтен, 20 % метан ва 5 % ароматик углеводородлардан иборат; унинг зичлиги $870 \text{ кг}/\text{м}^3$ ни ташкил қиласди.

Шундай қилиб, Медвежье конида адсорбцион қурилмаларнинг ишлаш хусусияти бўлиб газ таркибидан бир вақтнинг ўзида сув ва оғир углеводородларни ажратиб олиш ҳисобланади [32].

Оғир углеводородлар шунингдек силикагель билан ютилади, ва унинг сиртининг бир қисмини қайта ишлаш натижасида унинг сув бўйича динамик адсорбцион сифимини пасайтиради.

Дастлаб қатламда ҳам сув, ҳам углеводородлар сорбцияланади. Кейин углеводородлар сув билан сиқиб чиқарилади ва силикагелнинг кейинги қатламларида сорбцияланади, яъни сиқиб чиқарувчи десорбция содир бўлиб, у кейинчалик углеводородлар бир қисмининг қуритилган газ билан ўтиб кетишини чақиради. Бироқ энг оғир углеводородлар C_{9+} , айниқса ароматик углеводородлар сув билан сиқиб чиқарilmайди [32].

Адсорберлардан ўтган газда оғир углеводородлар миқдори $0,03 \text{ г}/\text{м}^3$ дан (адсорбция босқичи бошида) $0,14 \text{ г}/\text{м}^3$ гача (адсорбция босқичи сўнгида)

ўзгаради, бу эса оғир углеводородларни ажратиб олишнинг 60-70 % даржасига тўғри келади.

Медвежье конида силикагелли қуритиш қурилмалари эксплуатациясининг деярли 40 йиллик тажрибаси газни қазиб олиш жойларида тайёрлашда адсорбцион жараённинг технологик схемаси ва жиҳозларининг юқори ишончлилигини кўрсатади.

2002 йилда «Голубой поток» экспорт газ қувурлари тизими «Газпром трансгаз - Кубань» МЧЖ нинг «Краснодарская» компрессор станциясида умумий унумдорлиги 16,52 млрд. м³/йил ёки 47,2 млн. м³/кун (12 та адсорбер 41,25 тоннадан адсорбент) бўлган газни ташишга тайёрлаш қурилмаси ишга туширилди [50].

«Краснодарская» компрессор станцияси газни ташишга тайёрлаш қурилмасида шунингдек силикагелларни комбинацияланган юклаш ҳам амалга оширилди: йирик ғовакли силикагель «KS-TrokenPerlen - WS» (ҳимоя қатлами - 10 мас. %) ва майда ғовакли силикагель «KS-TrokenPerlen - H» (асосий қатlam - 90 мас. %), «BASF» компанияси (Германия) маҳсулоти [50].

Силикагелни етказиб бериш шартномасига кўра, силикагелнинг хизмат кўрсатиш муддати 2 йилга teng, бу «адсорбция - регенерация - совитиш» ~ 2400 циклига мувофиқ келади (280 мин : 70 мин : 70 мин). Бунда «Краснодарская» компрессор станциясида табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш жараёнларида немис силикагели сарфи меъёrlари 1000 м³ тайёрланган газга 15,15 г ни ташкил қиласи [51].

«Краснодарская» компрессор станциясида газни ташишга тайёрлаш қурилмасида юқорида кўрсатилган фирма силикагеллари эксплуатацияси тажрибаси шуни кўрсатдики, улар сув ва углеводородлар бўйича яхши ютувчанлик қобилиятини намоён қиласи. BASF компанияси силикагелларининг динамик адсорбцион сифими углеводородлар C₅₊ бўйича 8,6 % ни, сув бўйича эса 20-22% ни ташкил қиласи [52].

Медвежье конида адсорбцион қурилмалар эксплуатацияси тажрибаси [10, 32, 33] пласт гази ортиқча босими ишлатилиши ҳисобидан технологик

схемани такомиллаштириш имкониятларини кўрсатди. Оғир углеводородларни C_{5+} сақлаган газни қуритиш жараёнида силикагелнинг давомий эксплуатациясида унинг адсорбцион хоссаларини сақлаб қолиши аниқланган далили газоконденсат конлари газини силикагель билан қуритиш имкониятларини очиб беради. Бу конларнинг газини тайёрлаш, маълумки, - 20 °C ҳароратда ва йўқотишлари тахминан 70% ни ташкил қиласидиган метанол билан системани ингибиторлаш орқали оғир углеводородларнинг конденсацияси НТС усулида амалга оширилади. Силикагель қуритишнинг худди шундай чукурлигини таъминлайди, илмий ишда [53] аниқланган ва Медвежье конида тасдқиланганидек, бошқа адсорбентларга нисбатан сув буғлари бўйича юқори динамик адсорбцион сифимга эга адсорбент билан бирга ишлатилганида эса газни минус 42-46 °C ва ундан паст ҳароратларгача барқарор қуритиш мумкин. Бу ҳолатда НТС системани ингибиторлаш учун метанол талаб қилинмайди.

Суюқ қуритгичлар чиқариб ташланиши мавжуд бўлмаган конларда газни адсорбцион қуритиш газнинг магистраль қувурлар бўйича экологик тоза ташилишига ёрдам беради.

Юқорида айтиб ўтилганидек, табиий газни ташиш учун тайёрлашда адсорбцион технологиялардан фойдаланиш истиқболлари тобора ошиб бормоқда. Мамлакатимизда саноат адсорбентлари барча асосий турларини ишлаб чиқариш учун шароитлар мавжуд, бироқ уларнинг табиий газни ташиш учун тайёрлаш қурилмаларида импорт адсорбентлар ўрнига ишлатилиши учун энг истиқболли турларини аниқлаш мақсадида уларнинг физик-техник хоссаларини қўшимча ўрганиш учун вақт талаб қилинади.

Табиий газни тозалаш, қуритиш ва бензинсизлантириш жараёnlарида қўлланиладиган мавжуд адсорбентлар бўйича миллий ва хорижий адабиётлар таҳлили тадқиқот йўналишини аниқлаб олиш имкониятини берди, шунинг учун мазкур диссертация ишининг асосий вазифалари қўйидагилардан иборат:

1) адсорбентларнинг бир қатlamли ва комбинацияланган қатlamларида табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёнлари қонуниятларини аниқлаш;

2) комбинацияланган қатlamда табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш чуқур даражасини таъминловчи адсорбентларнинг оптимал таркиби ва нисбатини тажриба йўли билан аниқлаш;

3) адсорбентларнинг комбинацияланган қатlamи танловини асослаш, pilot адсорбцион қурилманинг турли технологик режимларида ва табиий газда оғир углеводородлар (н-гептан) турли миқдорларида унинг иши самарадорлигини баҳолаш;

П-БОБ. АДСОРБЕНТЛАРНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ

2.1 Адсорбент гранулалари диаметрини аниқлаш

Лаборатория намунасидан (200 г атрофида) пинцет ёрдамида яққол шикастланиш ва дефектларга эга бўлмаган 20 та бутун гранула ажратиб олинади. Штангенциркуль ёрдамида ҳар бир гранула диаметри ўлчаниб, натижаси биринчи ўнлик белгигача аниқликда ёзилб олинади.

Синов натижаси сифатида 20 та гранулани ўлчаш натижаларининг ўртacha арифметик қиймати олинади.

2.2 Адсорбент гранулалари солинма зичлигини аниқлаш

Синовни бажариш.

Дастлаб биринчи ўнлик белгигача аниқликда тортилган цилиндрга порциялаб $5-10 \text{ см}^3$ дан адсорбент силкитиб (ҳар маротаба цилиндрни тахтага тиқирлатиб ёки вибратордан фойдаланиб) солинади. Адсорбент цилиндрга солинишидан олдин дастлаб қуритиш шкафида $200\pm10^\circ\text{C}$ ҳароратда 2 соат давомида қуритилади ва хона ҳароратигача эксикаторда совитилади. Цилиндр доимо тиқин билан берк сақланиб, фақатгина адсорбент навбатдаги порциясини солишда очилади.

Цилиндрни белгигача түлдирилиб, уни адсорбент ҳажми доимий ва 100 см^3 га тенг бўлганича силкитилади. Кейин адсорбент сақлаган цилиндр айнан шу аниқликда ўлчанади.

Натижаларни қайта ишлаш.

Солинма зичлик (ρ), $\text{г}/\text{см}^3$, қўйидаги формула бўйича хисобланади:

$$\rho = \frac{m - m_0}{V} \quad (2.1)$$

бу ерда:

m - адсорбент сақлаган цилиндр массаси, г;

m_0 – бўш цилиндр массаси, г;

V - 100 см^3 га тенг адсорбент ҳажми

Синов натижаси сифатида иккита параллел аниқлашлар натижаларининг ўртача арифметик қиймати олиниб, улар орасидаги абсолют тафовут $0,05 \text{ г}/\text{см}^3$ дан ошмаслиги лозим.

2.3 Қуритишда йўқотишлар масса улушини аниқлаш

Таҳлилни ўтказиш.

1,5 - 2,0 г силикагель олдиндан $150 \pm 5^\circ\text{C}$ ҳароратда доимий массагача қуритилган бюксада тортилади, тортиш натижаси тўртинчи ўнлик белгигача аниқликда ёзиб олинади.

Очиқ бюкса қуритиш шкафига жойлаштирилади ва биринчи тортишдан олдин $150 \pm 5^\circ\text{C}$ ҳароратда 3 соат давомида қуритилади. Кейинги ва аввалги тортишлар орасидаги тафовут 0,003 г дан ошмаганида аниқлаш тутатилган деб хисобланади. Махсулотни такрорий қуритиш 30 минут давомида амалга оширилади.

Совутиш учун ёпиқ бюкса қуритгичли эксикаторга жойлаштирилади ва ҳар бир тортишдан олдин камида 30 минут давомида сақланади.

Натижаларни қайта ишлаш.

Қуритишдаги йўқотишлар масса улушини қўйидаги формула бўйича хиобланади:

$$X_3 = \frac{m_1 - m_2 \cdot 100}{m} \quad (2.2)$$

бу ерда m – силикагель тортилмаси массаси, г;

m_1 – қуритишгача силикагель сақлаган бүкса массаси, г;

m_2 – қуритишдан сўнг силикагель сақлаган бүкса массаси, г;

Синов натижаси сифатида иккита параллел аниқлашлар натижаларининг ўртача арифметик қиймати олиниб, ишонарли эҳтимоллик $P = 0,95$ да улар орасидаги рухсат этилган тафовут 0,5% дан ошмаслиги лозим.

2.4. 800 °C да қиздиришида йўқотишлар масса улушини аниқлаш

Тигелни тайёрлаш.

Тигель водопровод сувида ювилади, дистилланган сув билан чайқалади ва қуритиш шкафида (110 ± 10) °C ҳароратда 1 соат давомида қуритилади, кейин муфель печга ўтказилади ва (800 ± 10) °C ҳароратда 1,5 соат давомида қиздирилади.

Бундан сўнг тигель аввал очиқ ҳавода 1 минут давомида, кейин эса эксикаторда 1 соат давомида совитилади ва тўртинчи ўнлик белгигача аниқликда тортилади. Кейин қиздириш (30 минут давомида), совитиш ва тортиш процедурасини доимий массагача тақрорланади. Иккита охирги тортишлар натижалари орасидаги фарқлик 0,2 мг дан ошмаслиги лозим.

Синовни ўтказиш.

1,0000 г майин майдаланган алюминий оксиди асосидаги адсорбент олдиндан тайёрланган ва тортилган тигелда ўлчанади. Кейин адсорбент сақлаган тигель электропечга қўйилади ва $(800+10)$ °C ҳароратда 2 соат давомида қиздирилади, эксикаторда совитилади ва айнан шу аниқликда тортилади.

Иккинчи ва кейинги қиздиришлар 1 соат давомида амалга оширилади. Кейин тигель совитилади ва тортилади. Синовлар иккита охирги тортишлар орасидаги тафовут 0,003 г дан ошмаганигача давом эттирилади.

Натижаларни қайта ишлаш.

Қиздиришда йўқотишлиар масса улушини қўйидаги формула бўйича хисобланади:

$$\text{ППД} = \frac{m_0 - m_1}{m_0}, \quad (2.3)$$

m_0 – қуритилган адсорбент массаси, г;

m_1 – қиздирилган адсорбент массаси, г;

Синов натижаси сифатида иккита параллел аниқлашлар натижаларининг ўртача арифметик қиймати олиниб, улар орасидаги абсолют рухсат этилган тафовут 0,2% дан ошмаслиги лозим

2.5 Адсорбент гранулалари ёйилишидаги йўқотишиларни аниқлаш

Адсорбент ейилиши тезлигини аниқлаш усули ASTM D 4058-92 методикасига асосланган бўлиб, қўйидагилардан иборат: адсорбент намунаси маълум вақт мобайнида битта тўсиқли цилиндрик барабанда айлантирилади; синов давомида ейилишда ҳосил бўладиган майда зарралар стандарт элаклар орқали ўтказиш йўли билан аниқланади.

Синовни ўтказиш.

Кварталаш усулида 110,00 г атрофида адсорбент ажратиб олинади ва аста-секин № 1,0 элак орқали ўтказилади. Элакланган адсорбент намунаси олдиндан иккинчи ўнлик белгисигача тортилган стаканчага ўтказилади ва қуритиш шкафида 150 °C ҳароратда 3 соат мобайнида қуритилади. Қуритилган намуна камида 30 мин давомида эксикаторда, намликни ютиб олувчи сифатида кальций хлоридидан фойдаланиб совутилади.

Синов цилиндри ва аппарат қопқоғи майда қилли чўтка ёрдамида тозаланади. Адсорбентнинг 100,00 г миқдоридаги тортилган намунаси синов цилиндрига ўтказилади. Аппарат эҳтиёткорлик ва герметик тарзда қопқоғи билан ёпилади ва синов цилиндри айлантириш учун бошланғич вазиятига ўрнатилади. Барабан айланиши учун исталган айлантириш мосламаси, масалан шарсимон тегирмон ишлатилади.

Синов цилинтри 30 мин давомида 60 ± 5 айл/мин тезликда айлантирилади. 30 мин ўтганидан сўнг барабан тўхтатилади, ички тўсиғи юқорига ўтиши қилиб айлантирилади, ва кейин барча чанг ва майда заррачалар цилиндр тубига ўтиши учун резина болғача билан бир неча маротаба тақиллатади. Таглик билан элак синов цилинтри остига қўйилади ва аста-секин қопқоғи очилади. Ўрганиладиган намуна элакка тўкилади. Синов цилинтри ва унинг қопқоғи майда қилли чўтка ёрдамида тозаланади. Чанг ва майда заррачалар элакни аста-секин қўлда силкитиб, кескин ҳаракат қилмасдан тагликка элакланади. Элақда қолган адсорбент намунаси қисмини бошланғич намунада бажарилгани каби қуритилади. Қуритилган адсорбент намунаси қисмини иккинчи ўнлик белгигача аниқликда тортилади.

Натижаларни қайта ишлаш.

Ейилишдаги йўқотишлар (Z), %/мин, қўйидаги формула бўйича аниқланади:

$$Z = \frac{m_1 - m_2}{m_1 \times t} \times 100 \quad (2.4)$$

бу ерда:

m_1 – адсорбент бошланғич тортилма массаси, г;

m_2 – адсорбент тортилмаси шикастланган қисми массаси, г;

t – барабан айланиш вақти, мин.

Синов натижаси сифатида иккита параллел аниқлашлар натижаларининг ўртача арифметик қиймати олиниб, улар орасидаги абсолют тафовут 0,05% дан ошмаслиги лозим

2.6 Адсорбент гранулалари говакларининг умумий ҳажмини аниқлаш Синовни ўтказиши.

Тахминан 50 г адсорбент 110 ± 10 °C ҳароратда 1,5 соат давомида қуритилади, эксикаторда хона ҳароратигача 1 соат давомида совитилади ва тортилади. Натижа иккинчи ўнлик белгигача аниқликда ёзиб олинади. Тортилма стаканга ўтказилади, дистилланган сув билан тўлдирилади ва 30

мин давомида сақланади. Кейин стакан ичи воронкага ўтказилади, 10 мин давомида сув сизиб оқишига қўйилади. Намлик ортиқча миқдори фильтрлаш қоғози билан йўқотилади, сўнгра намуна яна бир бор тортилади.

Натижаларни қайта ишлиш.

Фовакларнинг умумий ҳажми (V), см³/г, қўйидаги формула бўйича аниқланади

$$V = \frac{m_c \times 100}{m \times (300 - m)} - 1 \quad (2.5)$$

бу ерда:

m – адсорбентнинг намлашгача массаси, г;

m_c – адсорбентнинг намлашдан кейинги массаси, г;

Куритишда йўқотишлар масса улушини – 2.2.3 бўйича

Синов натижаси сифатида иккита параллел аниқлашлар натижаларининг ўртача арифметик қиймати олиниб, улар орасидаги абсолют тафовут 0,05% дан ошмаслиги лозим

2.7 Адсорбент гранулалари солишиштирма сирти катталигини аниқлаши

Солишиштирма сирти катталиги “Sorbi” N.1.1 асбобида аниқланиб, асбобнинг умумий кўриниши 1-расмда кўрсатилган. Бу асбобда адсорбцияланган газ миқдорини ўлчаш учун иссиқлик десорбцияси усули ишлатилади. Усул моҳияти қўйидагидан иборат: суюқ азот ҳароратида адсорбентнинг тадқиқ қилинадиган намунаси орқали берилган таркибдаги ташувчи-газ (гелий) ва адсорбат-газ (аргон ёки азот) аралашмасининг стационар оқими газ ва адсорбцион фазаларда адсорбат концентрациялари орасида мувозанат ўрнатилганича ўтказилади. Кейин намуна суюқ азот ҳароратидан намуна сиртидан адсорбат-газ тўлиқ десорбцияси ҳароратигача иситилади.

Адсорбция ва десорбция жараёнлари давомида газ аралашмаси оқимида адсорбат-газ концентрацияси ўзгариши газ таркиби детектори ёрдамида рўйхатга олинади. Детекторнинг чиқувчи ишчи сигнали бўлиб адсорбат-газ

десорбцион чўққиси ҳисобланади. Бу чўқки майдони десорбцияланган газ ҳажмига тўғри пропорционал. Асбоб калиброкаси учун солиширма сирт стандарт намуналаридаги ўлчашлар ишлатилади. Калиброква коэффициенти қўйидаги формула бўйича аниқланади:

$$K = \frac{S_{\text{н}}^{\text{ст}}}{S_{\text{н}}^{\text{сп}}} \quad (2.6)$$

$S_{\text{н}}^{\text{ст}} = S_{\text{уд}}^{\text{ст}} \times m_{\text{ст}}$ – калиброкадаги стандарт намуна сирти умумий майдони, m^2 ;

$S_{\text{н}}^{\text{сп}}$ – солиширма сирт паспорт қиймати, $\text{m}^2/\text{г}$;

$m_{\text{ст}}$ – намуна массаси, г;

S_{n} – десорбцион чўқки майдони, m^2 .

Натижаларни қайта ишлаш.

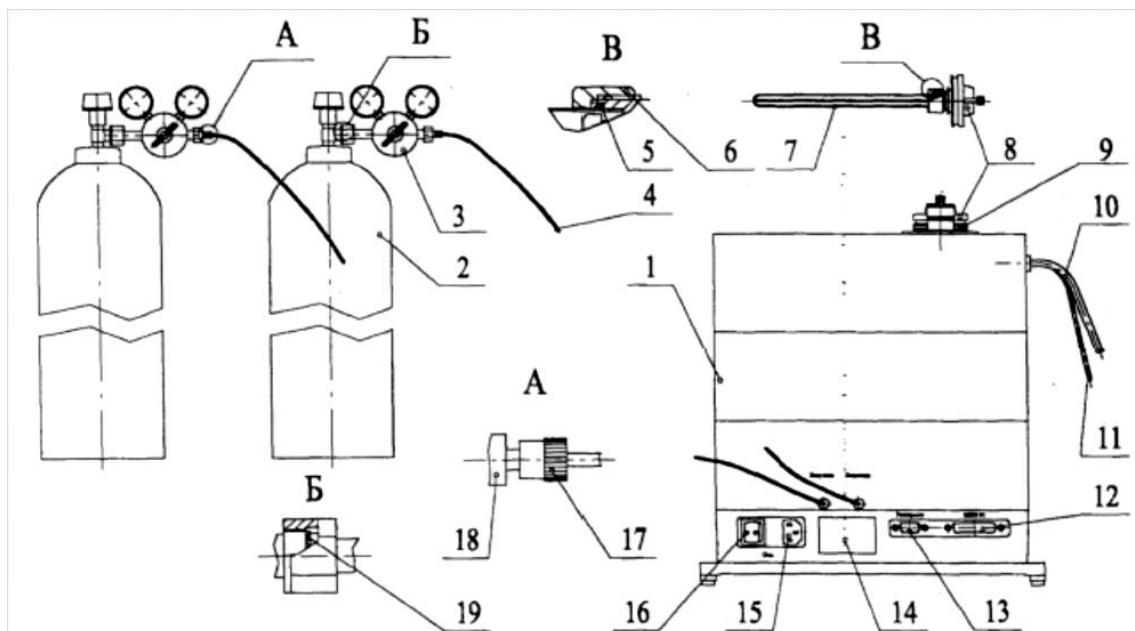
Солиширма сирт катталиги $S_{\text{уд}}$, $\text{m}^2/\text{г}$, қўйидаги формула бўйича аниқланади:

$$S_{\text{уд}} = \frac{K \times S_{\text{n}}}{m} \quad (2.7)$$

бу ерда :

S_{n} – десорбцион чўқки майдони, m^2 ;

m – адсорбент массаси, г.



2.1-расм. «Sorbi» N.1.1 асбоби умумий күриниши.

1- технологик блок; 2- баллон; 3 - газ редуктори; 4 - трубка; 5 - зичлагич;
6 – ташланадиган гайка; 7 - пробирка; 8 - адсорбер каллаги ; 9 – адсорбер
асоси; 10 – суюқ азотни чиқариш трубкаси; 11 – газлар аралашмаси чиқиши
трубкаси; 12 - RS232 РС интерфейса разъеми; 13 – қўшимча ускуналарни
улаш разъеми; 14- ишлаб чиқарувчи серия рақами кўрсатилган тахтача; 15 –
рамоқ шнури уланиши уяси; 16 – тармоқ ўчиргичи; 17 - трубкани маҳкамлаш
гайкаси; 18 - штуцер; 19 - зичлагич

2.8 Адсорбент гранулалари механик мустаҳкамлигини аниқлаш

Синовни ўтказиш.

Адсорбент гранулалари **механик мустаҳкамлигини аниқлаши** ИПГ-1 (2-расм) маркали асбобда ўтказилади. Бунинг учун адсорбент сферасимон гранулалари матрицага кетма-кет қўйилиб, улар синаладиган намунага штокнинг босими орқали юкламага учратилади.

Механик мустаҳкамлик кўрчаткичи бўлиб 30 та ўлчашларнинг ўртача арифметик қиймати ҳисобланади.

Натижаларни қайта ишлаш.

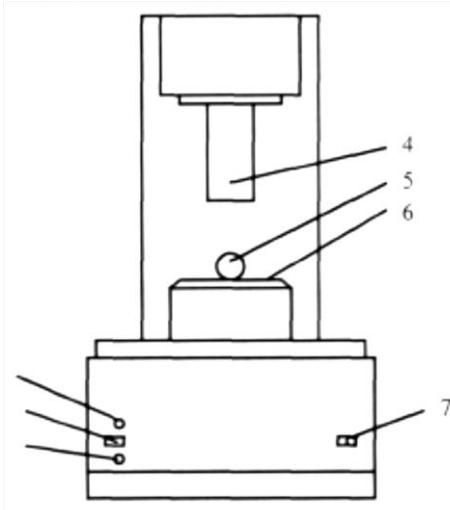
Механик мустаҳкамлик (Y), МПа, қўйидаги формула бўйича аниқланади:

$$Y = \frac{P}{S} \quad (2.8)$$

где:

P - сферик адсорбентни эзиш учун талаб қилинадиган куч, Н;

S - сферик адсорбент майдони, см .



2.2-расм. Гранула мустаҳкамлигини синаш асбоби **ИПГ-1** схемаси:

1 – бошқариш переключатели; 2 – ишга тушириш; 3 – таъминот ўчиргичи;
 4 - шток; 5 – адсорбент намунаси; 6 – олиб қўйиладиган матрица; 7 - сигнал
 лампаси

2.9. Силикагеллар динамик адсорбцион сигимини сув ва н-гептан буглари бўйича аниқлаши

Адсорбентлар (силикагеллар) динамик адсорбцион сигимини сув ва н-гептан буғлари бўйича аниқлаш усули берилган шароитларда ажратиб олинадиган компонент бўйича буғ-ҳаво аралашмасидан қўшимчанинг адсорбент қатламидан кейин “ўтиб кетиши” моментигача сув бўйича -40°C шудринг нуқтасига мувофиқ келувчи концентрацияда адсорбция катталигини аниқлашдан иборат.

2.9.1 Силикагеллар динамик адсорбцион сигимини сув буглари бўйича аниқлаши

Силикагеллар динамик адсорбцион сигимини сув буғлари бўйича аниқлаш схемаси 3-расмда келтирилган лаборатория қурилмасида амалга оширилади.

Ўлчашни ўтказиш.

Магистраль ёки лаборатория газодувкасидан ҳаво вентиль 1, ҳавони механик аралашмалар ва мой томчиларидан тозалаш учун фаоллаштирилган

күмір билан тұлдирилған патрон 2, ва ротаметр 3 орқали ярмигача сув билан тұлдирилған термостатланған Ивицкий шишиасига 4 намлаштириш учун узатилади.

Ивицкий шишиасини термостатлаш термостатдан олинган 20 °C ҳароратли сув циркуляцияланадиган сув ҳаммоли 5 ёрдамида амалга оширилади. Сув ҳаммолидаги сув ҳарорати термометр ёрдамида ўлчанади.

13 дан 15 мг/дм³ гача берилған намлик сақлаган намланған ҳаво қопқон 7, патрон-томчи отбойниги 8 ва уч йүлли кран 9 орқали үрганиладиган адсорбентли адсорбергә 10 берилади. Адсорбердан чиқиша қурилған ҳаво уч йүлли кран 11 ва қисқич 12 орқали иккита оқимга ажратилади. Сарфи 0,5 дан 1,0 дм³/мин гача бўлған оқим шудринг нуқтасини аниқлаш учун ПТР-14 асбобига келиб тушади. Реометрдан 15 сўнг уни тройник ёрдамида ҳаво асосий оқими билан бирлаштирилади. Умумий оқим газ ҳисоблагичига 19 узатилади, кейин эса атмосферага олиб чиқарилади.

Натижаларни қайта ишлаш.

Сув буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим (A_B) мг/см³, қўйидаги

$$A_B = \frac{(M_2 - M_1 - K)}{(M_1 - M_0)} \times p, \quad (2.9)$$

формула бўйича аниқланади:

бу ерда M_2 - синовлардан сўнг адсорбент сақлаган адсорбер массаси, мг;

M_1 - регенерациядан сўнг адсорбент сақлаган адсорбер массаси, мг;

M_0 - адсорбентсиз адсорбер массаси, мг;

K - адсорбцион намлик қўшилған оғирлигига тузатиш, мг;

p - адсорбент солинма массаси, мг/см³.

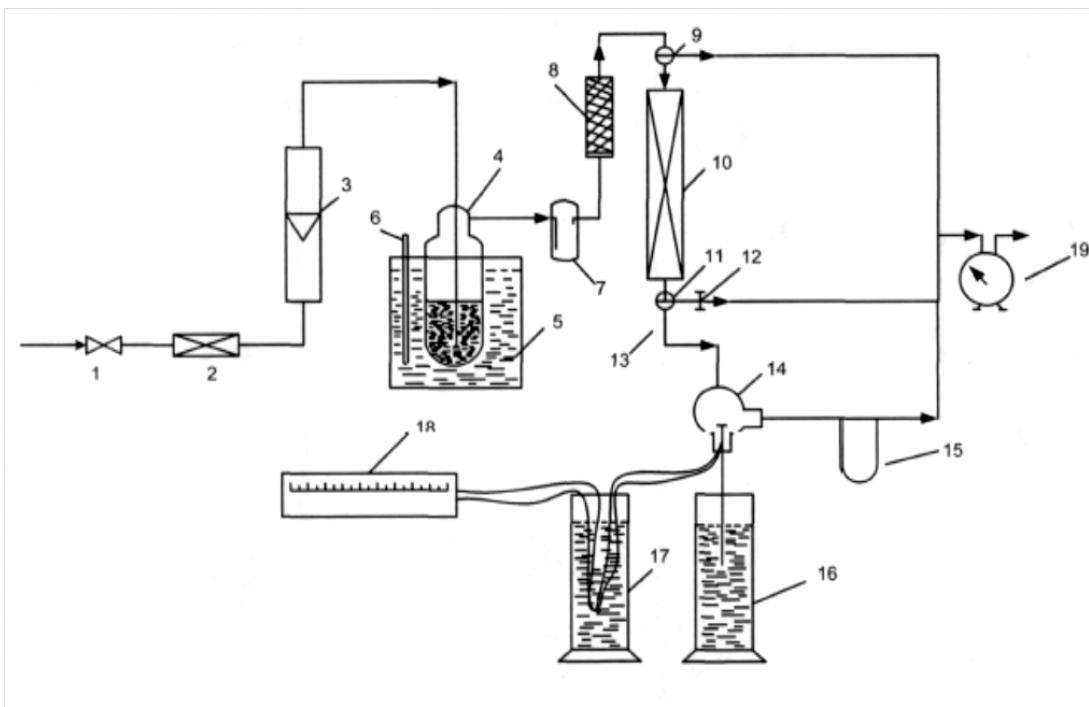
Адсорбцион намлик қўшилған оғирлигига тузатиш K , мг, қўйидаги

$$K = (M_2 - M_1) \times \left(\frac{T - T_1}{T} \right), \quad (2.10)$$

формула бўйича аниқланади:

бу ерда T – адсорбция умумий вақти (минус 70 °C дан юқори шудринг нуқтасигача), мин;

T_1 – минус 70 °C шудринг нуқтасигача ҳимоя фаолияти вақти, мин



2.3-расм. Адсорбентлар динамик адсорбцион сигимини сув бұғлари бүйича аниқлаш учун қурилма схемаси.

1 – игнасимон вентиль; 2 – фаол күмирли патрон; 3 - ротаметр; 4 – Ивицкий шишаси; 5 – сув ҳаммоли; 6 - термометр; 7 – қопқон; 8 - патрон-томучи отбойники; 9, 11 – уч йүлли кранлар; 10 - адсорбер; 12 – қисқич; 13 – мис трубка; 14 – ПТР асбоби; 15 - реометр; 16, 17 – Дьюар идишлари; 18 - потенциометр; 19 - газ ҳисоблагиچ.

2.9.2. Силикагеллар динамик адсорбцион сигимини н-гептан бұғлари бүйича аниқлаши

Үлчашларни үтказиш.

Силикагеллар динамик адсорбцион сигимини н-гептан бұғлари бүйича аниқлаш схемаси 4-расмда көлтирилған лаборатория қурилмасыда амалга оширилади.

Магистрал ёки лаборатория газодувкасидан ҳаво вентиль 1, фаол күмирли патрон 2, реометр (ёки РМ түридаги ротаметр) 3, газ ҳисоблагици 4 ва кран 5 орқали регенерацияланган қуригичли патронга 6 узатиади. Ҳавони қуритиш даражасини текшириш ПТР 25 асбобида, ҳавони линия 27 орқали кран 23 ва қисқич 24 ёрдамида узатиб амалга оширилади. 0,5 дан 1,0 $\text{dm}^3/\text{мин}$ гача ҳаво

сарфи реометр 26 бўйича ўрнатилади. Ҳавони қуритиш чуқурлиги минус 70 °С дан юқори бўлмаган шудринг нуқтасига мос келиши лозим. Мазкур текширишдан сўнг ҳаво патрондан 6 тройникга 8 уч йўлли кран 7 ва қисқич 9 ёрдамида ҳаво иккита оқимга ажратилади: 0,15 дм³/мин ҳажмининг ярмигача н-гептан билан тўлдирилган Ивицкий шишасига узатилади, 3,85 дм³/мин оқими эса смесителга 11 узатилади. Ивицкий шишасига газ сарфи реометр 12 ёрдамида назорат қилинади.

Ивицкий шишасини термостатлаш термостатдан олинган 20 °С ҳароратли сув циркуляцияланадиган сув ҳамоми 14 ёрдамида амалга оширилади. Сув ҳамомидаги сув ҳарорати термометр ёрдамида ўлчанади. Н-гептан билан тўйинтирилган ҳаво смесителга 11 келиб тушиб, у ерда линия 10 бўйича узатиладиган оқимнинг катта қисми билан аралашади. Олинган буғ-ҳаво аралашмаси кран 17 ёрдамида таҳлил қилинадиган адсорбент сақлаган адсорберга 18 узатилади. Адсорбердан чиқишида тозаланган ҳаво кран 19 ва қисқич 20 ёрдамида иккита оқимга ажратилади: 0,5 дан 1,0 дм³/мин гача оқим линия 21 орқали н-гептан конденсацияси ҳароратини аниқлаш учун ПТР 25 асбобига келиб тушади. Ҳаво сарфи реометр 26 бўйича назорат қилинади. Реометрдан сўнг кичикроқ оқим вентиляцияга ташалади, ва бу ерга қисқич 20 орқали асосий оқим ҳам келади.

Натижаларни қайта ишлаш

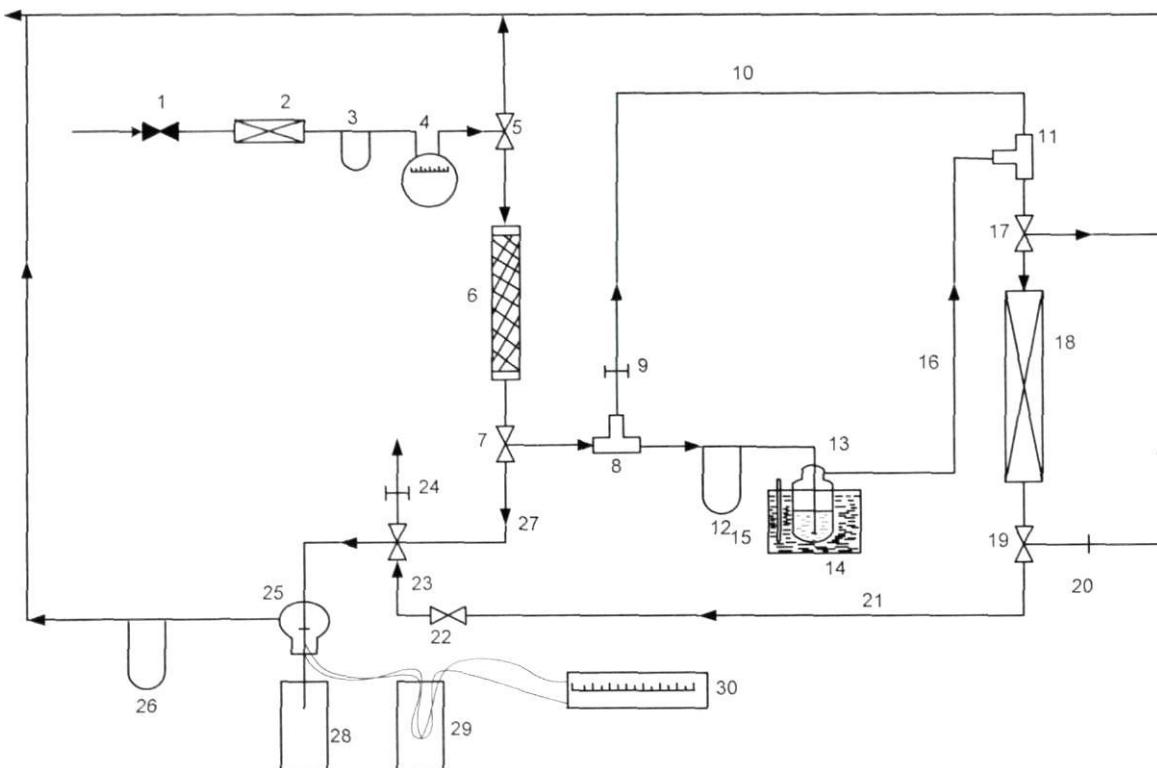
Н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим ($A_{n\cdot r}$) мг/см³ сув буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим каби аниқланади.

Ўлчовлар натижаси сифатида иккита кетма-кет ўлчашлар ўртacha арифметик қиймати олиниб, улар орасидаги рухсат этилган тафовут 10 мг/см³ дан ошмайди.

Силикагеллар динамик адсорбцион сифимини сув ва н-гептан буғлари бўйича аниқлаш синовларнинг қўйидаги доимий шароитларда амалга оширилади:

- адсорбер диаметри - 25 мм;
- адсорбент қатлами баландлиги - 300 мм;

- сув-буғ аралашмаси тезлиги - ($4+/- 0,25$) $\text{дм}^3/\text{мин}$ ёки ($0,81+/-0,02$) $\text{дм}^3/\text{мин} \cdot \text{см}^2$
- сув буғлари (н-гептан) концентрацияси 12 дан 15 $\text{мг}/\text{дм}^3$ гача);

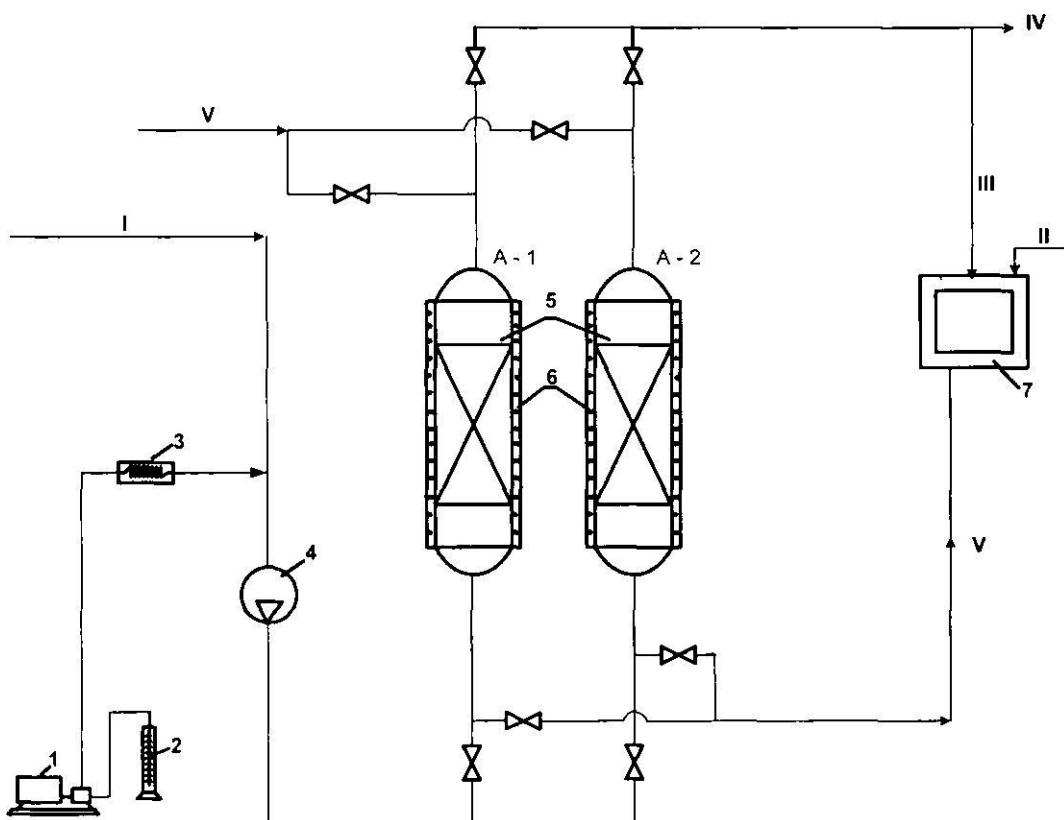


2.4-расм. Н-гептан буғлари бўйича адсорбентлар динамик адсорбцион сигимини аниқлаш учун қурилма схемаси:

1 – игнасимон вентиль; 2 – фаол кўмирли патрон; 3, 12, 26 - реометрлар; 4 – газ ҳисоблагич; 5, 7,17,19, 22, 23 – уч йўлли кранлар; 6 - патрон-қуритгич; 8 - тройник; 9, 20, 24 – қисқичлар; 10, 16, 21, 27 – мис трубка; 11 - смеситель; 13 – Ивицкий шишаси; 14 – сув ҳамоми; 15-термометр; 18-адсорбер; 25 – ПТР асбоби; 28, 29 – Дьюар идишлари; 30 - потенциометр.

2.10. Пилот адсорбцион қурилмасида адсорбент намуналари адсорбцион хоссаларини аниқлаш

Фаол алюминий оксиidi ва силикагеллар намуналарининг *адсорбцион хоссаларини аниқлаши* «Газпром ВНИИГАЗ» МЧЖ тажриба-экспериментал базаси *пилот адсорбцион қурилмасида амалга оширилиб, унинг* принципиал схемаси 5-расмда келтирилган.



2.5-расм. Пилот адсорбцион қурилма принципиал схемаси

1 - насос-дозиметр; 2 – суюқ н-гептанли сифим; 3 – буғлатгич; 4 – компрессор; 5 - адсорберлар; 6 – электр иситгичлар; 7 – газ таҳлили узели; I – табиий газ; II – таҳлилга бошланғич газ; III – таҳлилга адсорбциядан сўнг гази; IV – шамга газ; V – регенерация гази.

Пилот адсорбцион қурилма қўйидагиларни ўз ичига олади:

- бошланғич газ аралашмасини тайёрлаш ва **компримирование** узели;
- зангламас пўлатдан тайёрланган, ички диаметри 0,05 м ва баландлиги 3 м иккита адсорбердан иборат адсорбцион узел; ташқи электр иситишли

адсорберлар; адсорберлардан бири ўрганиладиган силикагель (алюминий оксида асосидаги адсорбент/адсорбентлар комбинацияланган қатлами) билан юкландын, иккинчиси эса цеолит билан юкланды, ва силикагель регенерациясига узатиладиган газни қуритиш учун мүлжалланған;

- пўлатдан ясалған намуна ажратиш трубкаларидан ташкил топған газ намуналарини ажратиб олиш ва таҳлил қилиш узели, бунда трубкалар орқали бошланғич ва тозаландын газ таҳлил асбобларига келиб тушади.

Газни бир вақтда қуритиш ва углеводородлардан тозалашда модель углеводород сифатида н-гептан қўлланилиб, у бошланғич нам газга дозировкалаш насоси орқали узатилди. Н-гептан буғлатгичга узатилишидан ва аралаштирилганидан сўнг газ аралашмаси компрессорга узатилиб, у ерда 5,0 МПа босимгача сиқилди, кейин эса ротаметр орқали адсорберга узатилди.

Адсорбер киришида ва чиқишида синаладиган намуна сақлаган н-гептан микдори қўйидаги характеристикаларга эга газ хроматографи *Varian CP – 4900 ёрдамида аниқланди*:

- колонкалар термостати изотермик режими ҳарорат диапазони: 30-180 °C;
- инжектор изотермик режими ҳарорат диапазони: 30-110 °C;
- колонкадаги бериладиган босимлар диапазони: 50-350 кПа;
- колонкада босим ўзгариши градиенти: 0-300 кПа/мин.;
- атроф-муҳит ҳавоси ҳарорат диапазони (эксплуатация шартлари): 5-40 °C;
- атроф-муҳит ҳавоси нисбий намлиги диапазони: 0-95 %.

Алюминий оксида асосидаги силикеллар ва адсорбентлар синовлари қўйидаги шароитларда амалга оширилди:

- газнинг чизиқли тезлиги $0,06 \pm 0,005$ м/с
- газдаги намлик микдори $0,35-0,45$ г/м³
- газдаги н-гептан концентрацияси $0,5-3,5$ г/м³
- н-гептан ўтиб кетиш (проскоковая) концентрацияси газни тозалаш ва қуритишда бошланғичдан 5%

Н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим (а), % мас., кўйидаги формула бўйича аниқланади:

$$a = \frac{t_{\text{пр}} \times Q \times C}{G} \times 100, \quad (2.11)$$

бу ерда: $t_{\text{пр}}$ – адсорбентнинг ўтиб кетишгача (**проскок**) ишлаши вақти, соат;

Q – бошланғич газ аралашмаси сарфи, $\text{m}^3/\text{соат}$;

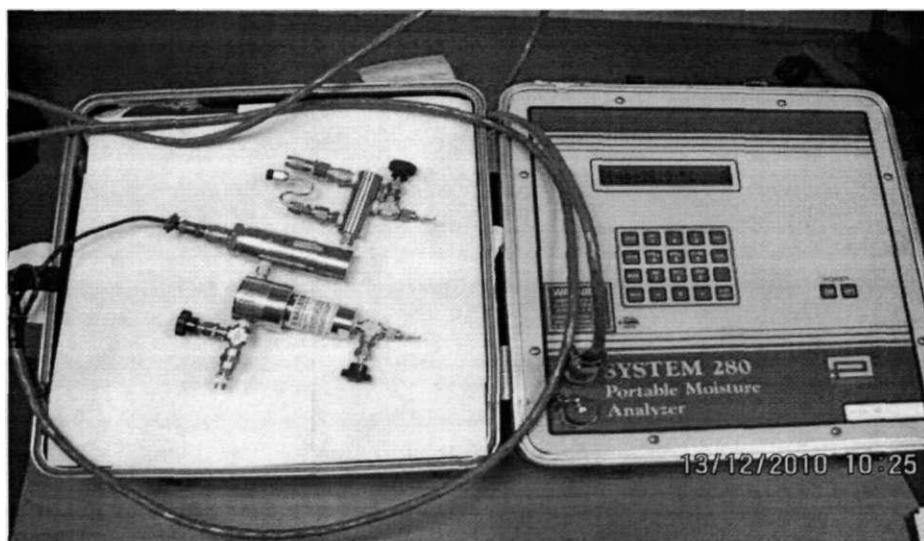
C – бошланғич газдаги н-гептан концентрацияси, $\text{г}/\text{м}^3$;

G – реакторга юкланган адсорбент массаси, г ;

100 – қайта хисоблаш (пересчет) коэффициенти, %.

Табиий газнинг сув бўйича шудринг нуқтасини «Panametrics System-280» (6-расм) намлик портатив анализатори ёрдамида ўлчаниб, у кўйидаги асосий техник характеристикаларга эга бўлган:

- шудринг нуқтаси / музлаши ҳароратларининг ўзгариши диапазони: -110 дан +60 °C гача;
- ишчи ҳарорат: -110 дан +70 °C гача.



2.6-расм. «Panametrics System-280» (6-расм) намлик портатив анализатори

Ш-БОБ. ТАБИЙ ГАЗНИ БИР ВАҚТНИНГ ЎЗИДА ҚУРИТИШ ВА БЕНЗИНСИЗЛАНТИРИШ ЖАРАЁНИ УЧУН ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН АДСОРБЕНТЛАРНИНГ ХОССАЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

3.1 Россия адсорбентлари намуналарининг физикавий-техникавий хоссаларини тадқиқ қилиш

Илмий адабиётларда келтирилган маълумотлар таҳлили асосида дастлабки лаборатория тажрибаларини ўтказиш учун кўйидаги адсорбентлар ажратиб олинди:

«Химзавод им. Л.Я. Карпова» ОАЖ ишлаб чиқарадиган КСМГ маркали силикагель ГОСТ 3956-76 бўйича 1, 2, 3 ўзгаришлар билан. Силикагель сифат паспорти 1-Иловада келтирилган.

«Салаватнефтеоргсинтез» ОАЖ (01.06.2010й. дан «Салаватский катализаторный завод» МЧЖ га номи ўзгаририлган) ишлаб чиқарадиган КСКГ маркали силикагель ГОСТ 3956-76 бўйича 1, 2, 3 ўзгаришлар билан. Силикагель сифат паспорти 2-Иловада келтирилган.

«Салаватнефтеоргсинтез» ОАЖ (01.06.2010й. дан «Салаватский катализаторный завод» МЧЖ га номи ўзгаририлган) ишлаб чиқарадиган АССМ маркали силикагель ТУ 2161-121-05766575-2004 бўйича 1 ўзгариш билан. Силикагель сифат паспорти 4-Иловада келтирилган

Модификацияланган «Завод молекулярных сит «Реал Сорб» ОАЖ ишлаб чиқарадиган АССМ маркали силикагель ТУ 2161-023-21742510-2008 бўйича Силикагель сифат паспорти 4-Иловада келтирилган

«НИАП-КАТАЛИЗАТОР» ишлаб чиқарадиган НИАП-АОС маркали алюминий оксиidi асосидаги силикагель ТУ 2163-00783940154-2009 бўйича. Силикагель сифат паспорти 5-Иловада келтирилган

«Щелковский катализаторный завод» ишлаб чиқарадиган ОС-1-01 маркали алюминий оксиidi асосидаги силикагель ТУ 2163- 011-51444844-2005 бўйича. Силикагель сифат паспорти 6-Иловада келтирилган

Адсорбентлар танлови қўйидаги тамойилларга асосланиб бажарилди: газни қуритиши таъминланадиган чукурлиги, н-гептан буғлари бўйича динамик

адсорбцион сиғим ва эзишдаги механик мустаҳкамлик юқори күрсаткичлари.
Олинган маълумотлар 2-7 жадвалларда келтирилган

3.1-жадвал.

«Химзавод им. Л.Я. Карпова» ОАЖ ишлаб чиқарадиган КСМГ маркали силикагель асосий физик-кимёвий характеристикалари

Күрсаткич номи	ГОСТ 3956-76 ўзгаришлар 1, 2,3 билан меъёрлари	«Газпром ВНИИГАЗ» ОАЖ да тадқиқотлар натижалари
1. Ташқи кўриниши	Сферик ёки нотўғри шаклдаги шаффоф ёки хира доналар. Ранги – рангиздан қора доғли тўқ жигаррангача	Мувофиқ келади
2. Доналарнинг масса улуши, %, камида, доналар ўлчамида, мм (айланга ячейкали элаклар)	94 2,8-7,0	97,5 4,2
3. Механик мустаҳкамлиги, %, камида	94	0,9*
4. солинма зичлиги, г/дм ³ , камида	720	830
5. Намлик сиғими, %, камида, нисбий намлика, % 20 40 60	9,0 16,0 25,0	8,0 - -
6. Қуритишдаги йўқотишлиарнинг масса улуши, %, кўпи билан	10	10,5
* эзишдаги механик мустаҳкамлик, Мпа		

3.2-жадвал.

«Салаватнефтеоргсинтез» ОАЖ ишлаб чиқарадиган КСМГ маркали силикагель асосий физик-кимёвий характеристикалари

Күрсаткич номи	ГОСТ 3956-76 ўзгаришлар 1, 2,3 билан меъёрлари	«Газпром ВНИИГАЗ» ОАЖ да тадқиқотлар натижалари

1. Ташқи күриниши	Сферик ёки нотұғри шаклдаги шаффоф ёки хира доналар. Ранги – рангиздан қора доғли түқ жигаррангача	Мувофиқ келади
2. Доналарнинг масса улуси, %, камида, доналар үлчамида, мм (айланы ячейкали элаклар)	94 2,8-7,0	98,0 4,4
3. Механик мустаҳкамлиги, %, камида	86	0,8*
4. Солинма зичлиги, г/дм ³ , камида	400	460
5. Намлик сифими, %, камида, нисбий намлика, % 20 40 60 100	Меъерда эмас Меъерда эмас Меъерда эмас 70	4,2 - - -
6. Куритишдаги йүқотишларнинг масса улуси, %, күпі билан	5,0	4,1
* эзишдеги механик мустаҳкамлик, Мпа		

3.3-жадвал.
«Салаватнефтеоргсинтез» ОАЖ ишлаб чиқарадиган АССМ маркали силикагель асосий физик-кимёвий характеристикалари

Күрсаткыч номи	ТУ 2161-121-05766575-2004 ўзгариш 1 билан меъёрлари	«Газпром ВНИИГАЗ» ОАЖ да тадқиқотлар натижалари
1. Ташқи күриниши	Сферик ёки нотұғри шаклдаги шаффоф ёки хира доналар. Ранги – рангиздан қора доғли түқ жигаррангача	Мувофиқ келади
2. Солиштирма сирт катталиги, м ² /г	600-800	610
3. Үлчами 2,8-7,0 мм фракция масса улуси, %, камида	90	94,0
4. Солинма зичлиги, г/дм ³ , камида	0,6	0,79

5. Динамик сиғими, мг/см ³ , камида: - сув буғлари бўйича - н-гептан буғлари бўйича	7,0 6,0	6,9* 6,1*
* сув буғлари (н-гептан буғлари) бўйича динамик адсорбцион сиғим, % мас.		

3.4-жадвал.

Модификацияланган «Завод молекулярных сит «Реал Сорб» ОАЖ ишлаб чиқардиган АССМ маркали силикагель асосий физик-кимёвий характеристикалари

Кўрсаткич номи	ТУ 2161-023-21742510-2008 бўйича меъёр	«Газпром ВНИИГАЗ» ОАЖ да тадқиқотлар натижалари
1. Ташқи кўриниши	Шишасимон шаффоффоналар, сферик ёки овал шаклида; ранги очжигаррангдан жигарранггача	Мувофик келади
2. Доналар ўлчами, мм	2,8-7,0	5,5
3. Гранулометрик таркиби, % мас.	каміда 90,0	94,0
4. 180°C да қиздиришда йўқотишлар, мас. %	кўпи билан 5,0	4,3
5. Солинма зичлик, г/см ³	0,6-0,9	0,80
6. Эзишдаги механик мустаҳкамлик, МПа	каміда 1,0	1,9
7. Солиштирма сирт катталиги, м ² /г	каміда 600	660
8. Буғлар бўйича динамик адсорбцион сиғим, % мас. (фракция 2,0-3,5 мм), р=0,1 МПа; t= 20 °C; т.р. = -60 °C сув бўйича н-гептан бўйича	каміда 8,0 7,1	8,6 7,3
9. Ейилишга механик мустаҳкамлик, % мас./мин. сирт қатлами (5 мин да) ўртача (45 мин да)	кўпи билан 1,75 0,5	1,05 0,3

3.5-жадвал.

«НИАП-КАТАЛИЗАТОР» ишлаб чиқарадиган НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги силикагель асосий физик-кимёвий характеристикалари

Күрсаткич номи	ТУ 2163-007-83940154-2009 бўйича меъёрлари	«Газпром ВНИИГАЗ» ОАЖ да тадқиқотлар натижалари
1. Ташқи кўриниши	Оқ рангли сферик гранулалар	Мувофиқ келади
2. Гранулалар диаметри, мм, чегарасида	2,5-8,0	3,9
3. Солинма зичлиги, г/дм ³ , камида	0,7-0,9	0,75
4. Механик мустаҳкамлиги, %, камида	4,5	10,5
5. 60 % нисбий намлиқда ва 20-25 °C ҳароратда ҳаводан намлик адсорбцияси бўйича статик фаоллиги, % мас., кўпи билан	15,0	18,0

3.6-жадвал.

«Щелковский катализаторный завод» ишлаб чиқарадиган ОС-1-01 маркали алюминий оксида асосидаги силикагель асосий физик-кимёвий характеристикалари

Күрсаткич номи	ТУ 2163- 011-51444844-2005 бўйича меъёрлари	«Газпром ВНИИГАЗ» ОАЖ да тадқиқотлар натижалари
1. Ташқи кўриниши	Оқ рангли сферик гранулалар	Мувофиқ келади
2. Гранулалар диаметри, мм	2,8-8,0	5,8
3. Берилган ўлчамдаги гранулалар масса улуши, %, камида	94,0	99,5
4. Солинма зичлиги, г/см ³	0,70-0,85	0,75
5. 800 °C да қиздиришда йўқотишларнинг масса улуши, %, кўпи билан	8,0	4,8
6. Солишлирма сирт	250	285

катталиги, м ² /г, камида		
7. Эзишдаги механик мустаҳкамлик, МПа	6,0	7,1
8. Ҳаводан намликтининг адсорбцияси бўйича статик фаоллик, г Н ₂ O/100 г қуритувчи, камида, % нисбий намлика	4,5 10,0 60	5,0*
9. Ейилиш тезлиги, % мас. чанги /мин., кўпи билан сирт қатлами ўртача	0,6 0,4	0,5 0,3
10. Ғовакларнинг умумий ҳажми, см ³ /г, камида	0,5	0,51

* 20 % нисбий намлика

2-7 жадвалларда келтирилган алюминий оксиди асосидаги Россия силикагеллари ва адсорбентлари намуналарининг физикавий-техникавий хоссаларини тадқиқ қилиш натижаларидан келиб чиқадики, АССМ ва РС-АССМ-М маркадаги силикагеллар стандарт шароитларда ($t=20$ °C; $p=0,1$ МПа) ўлчангандан ҳам сув, ҳам н-гептан бўйича анча юқори динамик адсорбцион сифимга эга бўлади.

Шунингдек таъкидлаб ўтиш лозимки, алюминий оксиди асосидаги НИАП-АОС ва ОС-1-01 маркадаги адсорбент намуналари ўз кўрсаткичлари бўйича ҳаводан намлик адсорбцияси бўйича анча юқори статик фаолликка эга бўлади.

Бироқ, пилот адсорбцион қурилмада синовларни бажаришдан олдин табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни учун адсорбентлар танлашнинг асосий мезонларини ажратиб кўрсатиш мақсадга мувофиқ бўларди.

Саноатда эксплуатацияда адсорбентлар газни ташишга тайёрлаш қурилмасининг юқори унумдорлигини, юкланган қатлам бўйича босим кичик

ўзгариб туришини, сув ва углеводородлар буғлари бўйича юқори динамик адсорбцион сифимини таъминлаши лозим [14].

Маълумки [14, 32], асосий қатлам силикагеллари учун танловнинг асосий мезонлари бўлиб қўйидагилар ҳисобланади:

гранулометрик таркиби;

механик мустаҳкамлиги;

н-гептан буғлари бўйича юқори динамик адсорбцион сифим

Ўз навбатида, ҳимоя қатлами адсорбентлари учун танловнинг асосий мезонлари бўлиб қўйидагилар ҳисобланади:

гранулометрик таркиби;

механик мустаҳкамлиги;

сув буғлари бўйича юқори динамик адсорбцион сифим;

томчили намликка барқарорлик.

Энди ҳар бир кўрсатиб ўтилган мезонга алоҳида тўхталиб ўтамиз, жумладан қайд этиб ўтиш лозимки, гранулометрик таркиб ва механик мустаҳкамлик бўйича қўйиладиган талаблар асосий қатлам ва ҳимоя қатлами учун бир хил бўлади.

Гранулометрик таркиб. Силикагель эксплуатацияси давомида унинг гранулометрик таркиби ўзгариши содир бўлади: доналар майдаланиши ва силикагель зичлашиши ҳисобидан қатламдаги эркин фазо камайиши кузатилади. Бу қатламнинг гидравлик қаршилиги ошишига олиб келиб, бу билан параллел равишда силикагель структуравий характеристикалари ёмонлашуви содир бўлади, бу эса унинг динамик адсорбцион сифими пасайишига, ва ўз навбатида, адворбцион қобилияти пасайишига олиб келади.

Илгари ўtkazilgan тадқиқотлар [10, 14] шуни кўрсатдик, доналарининг ўлчами 3,0 мм гача бўлган силикагелдан фойдаланганда қатламнинг гидравлик қаршилиги ошади, бу эса адсорбердаги босим ўзгариб туриши ошишига олиб келади, доналарининг ўлчами 6,0 мм дан юқори бўлганида эса қатламда бўшлиқлар пайдо бўлиши мумкин бўлиб, улардан

кейинчалик хом газ ўтади. Шунинг учун силикагель доналарининг оптималь ўлчами 3,0-6,0 мм чегарасида бўлиши лозим.

Механик мустаҳкамлик. Механик мустаҳкамлик ҳам маълум даражада адсорбент қатлами гидравлик қаршилиги вақтида ўзгаришлар характерини белгилайди. Кўзгалмас қатламли саноат адсорберларида адсорбент статик ва динамик юкламалар таъсири остида майдаланишга учрайди [14]. Статик юкламаларга биринчи навбатда аппарат кесимида гранулалардан юқори жойлашган адсорбент қатлами босими киради. Динамик юкламалар аппаратдаги ҳарорат ва босим ўзгариши натижасида, шунингдек регенерация пайтида газ оқимлари ўзгариши натижасида юзага келади.

Ўтказилган тадқиқотлар кўрсатишича, адсорбент бундай юкламаларни кўтариши учун унинг механик мустаҳкамлиги камида 1,0 МПа ни ташкил қилиши лозим [14].

Н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим. Бу кўрсаткич газни C5+ углеводородлардан тозалаш учун адсорбентни танлашда ҳисобга олиниши лозим бўлган энг муҳим кўрсаткич бўлиб ҳисобланади, чунки у C5+ оғир углеводородларни адсорбциялаш қобилиятини характерлайди. УПГТ КС «Краснодарская» эксплуатацияси саноат тажрибаси, шунингдек Медвежье конидаги адсорбцион қурилмалар эксплуатацияси шуни кўрсатадики, тоза тайёрланган адсорбентнинг динамик адсорбцион сифими камида 8,0 % мас. бўлиши лозим.

Сув буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим. Мазкур кўрсаткич адсорбентнинг сув буғларини сақлаб туриш қобилиятини характерлайди. Газда маълум даражада C5+ углеводородлар, сув буғи миқдорида ва маълум босимда кристаллогидратлар ҳосил бўлиши мумкин. Кристаллогидратлар ҳосил бўлиши уларнинг қувур деворларида чўкинди ҳосил қилишига ва самарали диаметр камайишига, ва натижада ишдан чиқишига сабаб бўлиши мумкин.

Томчили намликка барқарорлик. Бир вақтнинг ўзида оғир углеводородлар C5+ ва сувни сақлаб қоладиган силикагеллар ўз табиати бўйича микроовакли бўлади, ва шу сабабли томчили намликка барқарор бўла олмайди. Томчили намликнинг тор ($< 20 \times 10-10\text{m}$) ғовакларга тушиб қолганида “Ребиндер эфекти” деб маълум бўлган томчили намликнинг мениски пона уриб чиқарадиган таъсири содир бўлади, натижада силикагель гранулалари шикастланади. Шунинг учун майда ғовакли силикагель томчили намликка энг барқарор адсорбент билан ҳимояланишни талаб қиласди. Мазкур адсорбент бўлиб алюминий оксиди асосидаги адсорбент ҳисобланади.

Сув бўйича шудринг нуқтаси. Газни қуритиш чуқурлигини характерловчи кўрсаткич бўлиб сув бўйича шудринг нуқтаси – газнинг берилган босим қийматида сув буғи билан тўйиниши ҳарорати ҳисобланади. Ҳароратнинг кейинги туширилиши сув буғи конденсациясига олиб келади (доимий босим мавжудлиги шартида).

Магистраль газ қувурлари бўйича етказиладиган ва ташиладиган табиий газлар учун сув бўйича шудринг нуқтаси СТО Газпром 089-2010 билан регламентланади. Шунингдек таъкидлаб ўтиш лозимки, Россиядан хорижга етказиладиган табиий газга техник талаблар уни етказиб бериш мувофиқ шартномаларида алоҳида келишиб олинади [54].

Шу қаторда қайд этиб ўтиш лозимки, силикагелларга бўлган барча мавжуд техник шартларда ва ГОСТ ларда юқори босимда н-гептан буғлари бўйича адсорбентлар динамик сиғими ва бунда эришиладиган сув бўйича шудринг нуқтаси каби параметрлар йўқ бўлиб, бироқ улар саноатда ишлашнинг асосий кўрсаткичлари бўлиб ҳисобланади. Шунинг учун алюминий оксиди асосидаги силикагеллар ва адсорбентларнинг пилот адсорбцион қурилмада юқорида кўрсатиб ўтилган эксплуатацион параметрларини аниқлаш улардан табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинизлантириш жараёнида имкониятини тўлалигича баҳолаш имконини беради.

3.2 Адсорбентларнинг бир қатламли ва комбинацияланган қатламларда табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни қонуниятларини тадқиқ қилиш.

Илмий-техникавий адабиёт таҳлили шуни кўрсатдики, турли кутблилика эга молекулаларнинг биргалиқдаги адсорбциясини тадқиқ қилиш бўйича илмий ишлар сони кам бўлиб, асосан бу жараённинг бир қатламли адсорбентларда ўрганилишига бағишлиланган. Шунга қарамай, саноатда танлаб олувчан адсорбцияли адсорбентлар ҳар хил турларининг мавжудлиги адсорбентларнинг комбинацияланган қатламида сув буғлари ва оғир углеводородлар C5+ бир вақтдаги адсорбцияси самарадорлигини аниқлаш бўйича тадқиқот ишларини олиб боришни мақсадга мувофиқлигини кўрсатади.

Хозирги вақтда ҳам миллий ва ҳам хорижий адабиётларда қатламма-қатlam жойлашган адсорбентларда кўп компонентли газ фазасининг ютилиши шароитларида адсорбцион жараёнларнинг тадқиқотлари тўғрисида маълумотлар жуда кам.

Таъкидлаб ўтиш лозимки, икки қатламли адсорбентларда табиий газни қуритиш муаммолари баъзи муаллифларнинг тадқиқот обьекти бўлиб ҳисобланган, ва бир қатор нашрларда [14, 55-57] ёритилган бўлиб, уларда алюмосиликат адсорбент (протектор), силикагель (асосий қуритувчи) ва цеолита (қўшимча қуритувчи) дан иборат комбинацияланган қатлам адсорбцион хоссалари тадқиқотлари натижалари келтирилади. Тадқиқот вазифаси газни қуритиш тўлақонлигини таъминлайдиган адсорбентлар қатламининг оптималь таркибини аниқлашдан ва силикагелнинг гранулометрик таркибини саклашдан иборат бўлган.

Адсорбентларнинг икки қатламли юкланиши шунингдек газобензин заводларида ҳам қўлланилади: намликнинг асосий микдори биринчи қатламда – силикагелда йўқотилади, намликнинг қолган қисми эса иккинчи қатлам – цеолит билан қўшимча йўқотилади [55].

Илмий ишда [35] миллий ва хорижий ишлаб чиқарилган силикагелларда табиий газни адсорбцион тозалаш ва қуриши тадқиқотлари натижалари келтирилган.

Илгари ўтказилган тадқиқотлар [35] натижаларини эътиборга олиб, бизлар алюминий оксиди асосидаги Россия силикагеллари ва адсорбентлари турли маркаларини табиий газ, сув буғлари ва н-гептандан иборат бўлган кўп компонентли аралашманинг юқорида кўрсатилган адсорбентлар бир қатламли ва комбинацияланган қатламларида адсорбцияси бўйича пилот тадқиқотларини бажардик. Адсорбентлар комбинацияланган қатламлари таркиби шундай танландики, бунда адсорбентларнинг бир қатламида сув молекулалари, иккинчи қатлами билан эса н-гептан молекулалари юқори ютилиши таъминлансин. Сув молекулалари адсорбент ғовакларидан илгари ютилган н-гептан молекулаларини сиқиб чиқара олиши маълум бўлганлиги сабабли [14, 37], адсорбентларнинг қатlam баландлиги бўйича адсорбентларнинг шундай жойлашуви кўзда тутилгандики, унда ўрганиладиган газнинг комбинацияланган қатламда ҳаракати давомида сув молекулалари углеводородлардан олдин ушлаб колинади, яъни адсорбентларнинг биринчи қатламида адсорбцияланади.

Пилот адсорбцион қурилмада тадқиқотларни ўтказиша адсорбентларнинг комбинацияланган қатламда ҳимоя қатлами / асосий қатлам нисбати ҳозирги кунда УПГТ КС «Краснодарская» да қўлланиладиган импорт силикагеллар нисбати каби бўлган, ва 10%/90% (1:9) ни ташкил қилди

Тажрибалар «Газпром ВНИИГАЗ» ОАЖ пилот адсорбцион қурилмасида ўтказилиб, унинг принципиал схемаси 2-бўлимнинг 5-расмида келтирилган. Тажрибаларнинг мақсади бўлиб алюминий оксиди асосидаги Россия силикагеллари ва адсорбентлари н-гептан буғлари ва намлик бўйича шудринг нуқтаси динамик адсорбцион сифимини аниқлашдан иборат бўлган.

8-жадвалда адсорбентларнинг индивидуал ва комбинацияланган қатламларида тажрибалар давомида тармоқ табиий гази ўртача таркиби келтирилган.

3.7-жадвал.

Адсорбентларнинг индивидуал ва комбинацияланган қатламларида тажрибалар давомида тармоқ табиий гази ўртача таркиби

Компонентлар	Микдори, (% ҳажм.)
CH4	96,910
C2H6	0,592
C3H8	0,359
i-C4H10	0,041
n-C4H10	0,042
i-C5H12	0,010
n-C5H12	0,012
C6H14	0,010
n-C7H16	0,080
N2	1,905
CO2	0,039

Табиий газдаги н-гептан (*n*-C7H16) микдори 0,08 % ҳажм. ни ташкил қилиб, бу 3,0-3,5 г/м³ га тўғри келади, ва суюқ н-гептаннинг буғлатгичга насос билан узатилиши таъминланди, кейин табиий газ оқими билан компрессор қабул қилиш жойига узатилиши таъминланди. Газнинг намлик сақланиши микдори 0,35-0,45 г/м³; адсорбердаги босим - 5,0 МПа; адсорбентлар қатлами баландлиги 1,0 м; адсорбентлар қатлами ҳарорати – 10-20 °С; газни узатиш чизиқли тезлиги - 0,06 ± 0,005 м/с ни ташкил қилди. Регенерация цеолитда (иккинчи адсорберда) қуритилган тармоқ табиий гази билан 70 минут давомида $t=280$ °С да (қабул қилинган давомийлик ва ҳарорат УПГТ КС «Краснодарская» да қўлланиладиган силикагеллар

регенерацияси параметрларига мувофиқ келади). Регенерация бутун цикли, шу жумладан иситиш ва совитиш, 5 соат атрофида вақтни олди.

Н-гептан буглари бўйича динамик адсорбцион сифим a , % мас., қўйидаги формула бўйича ҳисоблаб чиқилди:

$$a = \frac{v_{\text{в}} \times Q \times C}{G} \times 100, \quad (3.1)$$

бу ерда : тпр. – ўтиб кетишгача адсорбент ишлаши вақти, соат;

Q – бошланғич газ аралашмаси сарфи, м³/соат;

C – газ аралашмасидаги н-гептан миқдори, г/м³;

G – адсорберга юкландган адсорбент массаси, г;

100 - %% да ҳисоблаш коэффициенти

Синаладиган намунали адсорберда кириш ва чиқиш жойларидағи н-гептан миқдори газ хроматографи Varian CP – 4900 ёрдамида аниқланди. “Ўтиб кетиш”* деб адсорбердан чиқишида н-гептан концентрацияси бошланғичдан 5% ҳажм. ни ташкил қилган момент ҳисобланади.

Табиий газнинг сув бўйича шудринг нуқтаси намликни аниқлаш портатив анализатори «Panametrics System-280» ёрдамида аниқланди.

Адсорбентларнинг бир қатламли ва комбинацияланган қатламларини пилот синовлари натижалари 9-19 жадвалларда келтирилган.

3.8-жадвал.

«Химзавод им. Л.Я. Карпова» ОАЖ ишлаб чиқарадиган КСМГ маркали

силикагель пилот синовлари натижалари

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртacha сарфи, м ³ /соат	н- гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буглари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудрин г нуқтаси, °C
КСМГ (1660,0 г)	1	20,0	100	67,2	4,6	-44,9
	2	19,8	105	65,9	4,5	-44,7
	3	19,9	100	76,1	5,2	-45,5

9-жадвалдан кўриниб турибдики, КСМГ маркали силикагель сув бўйича шудринг нуқтаси қониқарли кўрсаткичини $-45,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ кўрсатади, бироқ унинг н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигими анча паст ($4,8\text{ \%}$ мас.).

3.9-жадвал.

«Салаватнефтеоргсинтез» ОАЖ ишлаб чиқарадиган КСКГ маркали силикагель пилот синовлари натижалари

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м ³ /соат	н- гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигим, % мас.	Сув бўйича шудрин г нуқтаси, °C
КСКГ (920,0 г)	1	20,0	105	22,0	2,0	-20,0
	2	19,8	102	21,9	2,0	-20,1
	3	19,9	100	22,1	2,1	-20,1

10-жадвалда келтирилган маълумотлар кўрсатдики, КСКГ маркали силикагель сув бўйича шудринг нуқтаси паст кўрсаткичини ($-20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) (бизнинг фикримизча, сув бўйича шудринг нуқтаси қониқарли кўрсаткичи $-30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ дан ошмаслиги керак), ва н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигими паст ($\sim 2,0\text{ \%}$ мас.) кўрсатди. Ундан ташқари, лаборатория тажрибаларини ўтказиш давомида аниқландики, КСКГ маркали силикагель гранулалари сувли колбага туширилганида бузилади. Бу силикагелнинг сувга ёмон барқарорлиги, ва ундан ҳимоя қатлами сифатида қўллаш имкони йўқлиги ҳақида гапиради.

3.10-жадвал.

«Салаватнефтеоргсинтез» ОАЖ ишлаб чиқарадиган АССМ маркали силикагель пилот синовлари натижалари

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м ³ /соат	н- гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион	Сув бўйича шудрин г нуқтаси,
-----------	--------	--	--------------------------	----------------------------------	--	------------------------------

					сигим, % мас.	°C
АССМ (1585,0 г)	1	18,9	100	122,1	8,2	-61,8
	2	19,2	105	120,9	8,2	-61,9
	3	19,0	100	122,0'	8,2	-61,8

11-жадвалда келтирилган маълумотлар АССМ маркали силикагель юқори техник характеристикаларга эга эканлигини кўрсатади: у таъминлайдиган сув бўйича шудринг нуқтаси кўрсаткичи $-61,8$ °C чегарасида, н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигими эса 8,2 % мас. чегарасида бўлади.

3.11-жадвал.

Модификацияланган «Завод молекулярных сит «Реал Сорб» ОАЖ ишлаб чиқарадиган РС-АССМ-М маркали силикагель пилот синовлари натижалари

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м3/соат	н- гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигим, % мас.	Сув бўйича шудрин г нуқтаси, °C
РС-АССМ-М (1600,0 г)	1	20,2	105	131,7	9,2	-63,0
	2	20,1	105	131,0	9,1	-63,1
	3	20,1	100	131,2	9,2	-63,1

12-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, РС-АССМ-М маркали силикагель жуда юқори техник характеристикаларга эга, ва адсорбентларнинг бошқа тадқиқ қилинган намуналаридан устун туради. У сув бўйича паст шудринг нуқтаси кўрсаткичини $-63,0$ °C таъминлай олади, н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигими эса $\sim 9,2$ % мас. ташкил қиласи.

3.12-жадвал.

НИАП-КАТАЛИЗАТОР» ишлаб чиқарадиган НИАП-АОС маркали алюминий оксиди асосидаги силикагель пилот синовлари натижалари

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртacha сарфи, м3/соат	Намлиknинг “ўтиб кетиш” вақти, мин	Сув буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудринг нуқтаси, °C
НИАП-АОС (1523,0 г)	1	20,2	193,3	23,8	-54,2
	2	20,0	193,7	23,9	-54,0
	3	19,9	193,7	23,9	-54,0

13-жадвалда келтирилган маълумотлардан келиб чиқиб таъкидлаб ўтиш лозимки, НИАП-АОС маркали алюминий оксиди асосидаги силикагель сув бўйича шудринг нуқтаси анча юқори кўрсаткичини таъминлаб (-54,0 °C), негептан буғлари бўйича инерт бўлади, яъни у сув буғларини ажратиб олган ҳолда адсорбциялайди, бироқ углеводородлар адсорбцияси хусусиятига эга бўлмайди. Илгари, лаборатория тажрибалари давомида аниқланган эдики, мазкур адсорбент томчили намликка барқарор бўлади. Мазкур ҳолат ундан табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёнида ҳимоя қатлами сифатида қўлланилиши имконияти ҳақида дарак беради.

3.13-жадвал.

«Щелковский катализаторный завод» ишлаб чиқарадиган ОС-1-01 маркали алюминий оксиди асосидаги силикагель пилот синовлари натижалари

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртacha сарфи, м3/соат	Намлиknинг “ўтиб кетиш” вақти, мин	Сув буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудринг нуқтаси, °C
ОС-1-01 (1500,0 г)	1	20,0	131,7	16,3	-30,4
	2	19,7	131,0	16,1	-30,6
	3	19,8	134,2	16,2	-30,5

14-жадвалдан кўриниб турибдики, ОС-1-01 маркали алюминий оксиди асосидаги силикагель табиий газнинг сув бўйича шудринг нуқтасининг -30,0 °C атрофига кўрсаткичини намоён қиласи, ва бу кўрсаткич бўйича НИАП-

АОС маркали алюминий оксида асосидаги силикагелга нисбатан паст туради. Тажрибаларни ўтказиш давомида шунингдек мазкур адсорбентнинг углеводородлар адсорбцияси хусусиятига эга бўлмаганлиги ҳам маълум бўлди.

Илгари таъкидлаб ўтилгандики, УПГТ КС «Краснодарская» да қўлланиладиган импорт силикагеллар комбинацияланган қатламда ҳимоя қатлами /асосий қатlam - 1:9 нисбатда юкланган. Шунинг учун бизлар Россия адсорбентларининг комбинацияланган қатламда пилот синовларини ўтказиши ҳам 1:9 нисбатда ўтказиши мақсадга мувофиқ деб ҳисобладик. 15-18 жадвалларда Россия адсорбентларининг комбинацияланган қатламда ҳимоя қатлами /асосий қатlam - 1:9 нисбатда пилот синовларининг натижалари келтирилган.

ОС-1-01 маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ва АССМ маркали силикагелдан мувофиқ равища 150 ва 1426,5 г (1:9 нисбат) иборат комбинацияланган қатлам пилот синовлари натижалари

3.14-жадвал

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м ³ /соат	н-гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудринг нуқтаси, °C
Комбинацияланган қатлам ОС-1-01 +АССМ	1	19,9	105	114,4	8,4	-62,0
	2	19,8	105	114,7	8,4	-62,2
	3	19,9	100	117,0	8,4	-62,3

15-жадвал маълумотларидан кўриниб турибдики, ўз таркибида ҳимоя қатлами – ОС-1-01 маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ва асосий қатлам – АССМ маркали силикагелдан иборат адсорбентларнинг комбинацияланган қатлами сув бўйича шудринг нуқтаси -62,2 °C кўрсаткичини таъминлайди, н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифими эса ~ 8,2 % мас. ташкил қиласи.

НИАП-АОС маркали алюминий оксидаи адсорбент ва АССМ маркали силикагелдан мувофиқ равиша 152,3 ва 1426,5 г (1:9 нисбат) иборат комбинацияланган қатлам пилот синовлари натижалари.

3.15-жадвал.

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м3/соат	н-гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудрин г нуқтаси, °C
Комбинацияланган қатлам НИАП-АОС+АССМ	1	20,1	100	131,0	8,6	-62,9
	2	20,0	105	131,2	8,5	-63,0
	3	20,0	100	131,3	8,6	-63,1

16-жадвал маълумотларидан кўриниб турибдики, мазкур адсорбентларнинг комбинацияланган қатлами 15-жадвалда келтирилган адсорбентларнинг комбинацияланган қатламидан фарқли равиша ҳимоя қатлами сифатида НИАП-АОС маркали алюминий оксидидан фойдаланилади, ва мазкур комбинацияланган қатлам сув бўйича шудринг нуқтаси -63,0 °C кўрсаткичини таъминлайди, н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифими эса ~ 8,6 % мас. ташкил қилиб, 15-жадвалда келтирилган маълумотлардан сезиларли фарқ қилмайди.

ОС-1-01 маркали алюминий оксидаи адсорбент ва РС-АССМ-М маркали модификацияланган силикагелдан мувофиқ равиша 150 ва 1440,0 г (1:9 нисбат) иборат комбинацияланган қатлам пилот синовлари натижалари

3.16-жадвал.

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м3/соат	н-гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудрин г нуқтаси, °C
Комбинацияланган қатлам ОС-1-01 + РС-АССМ-М	1	20,0	105	139,8	9,3	-61,7
	2	20,0	100	139,8	9,4	-61,8
	3	20,2	100	138,8	9,4	-62,0

ОС-1-01 маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ва РС-АССМ-М маркали модификацияланган силикагелдан иборат адсорбентларнинг комбинацияланган қатлами (17-жадвал) сув бўйича шудринг нуқтаси $-61,8^{\circ}\text{C}$ кўрсаткичини таъминлайди, н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифими эса $\sim 9,4\%$ мас. ташкил қилади. Таъкидлаб ўтиш лозимки, бу анча юқори эксплуатацион кўрсаткичлар бўлиб ҳисобланади.

НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ва РС-АССМ-М маркали модификацияланган силикагелдан мувофиқ равишда 152,3 ва 1440,0 г (1:9 нисбат) иборат комбинацияланган қатlam пилот синовлари натижалари

3.17-жадвал.

Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м ³ /соат	н-гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудрин г нуқтаси, °C
Комбинацияланга н қатlam НИАП-АОС+ РС-АССМ-М	1	20,0	105	144,3	9,6	-64,9
	2	19,9	100	144,7	9,7	-65,1
	3	19,9	100	144,5	9,6	-65,0

18-жадвалда келтирилган НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ва РС-АССМ-М маркали модификацияланган силикагелдан иборат комбинацияланган қатlam пилот синовлари натижалари шуни кўрсатдики, мазкур комбинацияланган қатlam н-гептан буғлари бўйича энг юқори динамик адсорбцион сифимга эга $\sim 9,6\%$ мас., мазкур қатlamда қуритиш эса сув бўйича шудринг нуқтаси $-65,0^{\circ}\text{C}$ кўрсаткичини таъминлайди.

Ўтказилган баҳолаш ҳисоб-китоблари (7-Илова) кўрсатдики, комбинацияланган қатlamда НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги адсорбентнинг н-гептан “ўтиб кетиш” вақтигача сув буғлари бўйича динамик фаоллигидан фойдаланиш даражаси 53% ни ташкил қилди. Шу сабабли бизлар ҳимоя қатламини 2 марта камайтириш, ва пилот синовларини 1:19 нисбатда ўтказишни мақсадга мувофиқ деб ҳисобладик.

Олинган натижалар 19-жадвалда келтирилген.

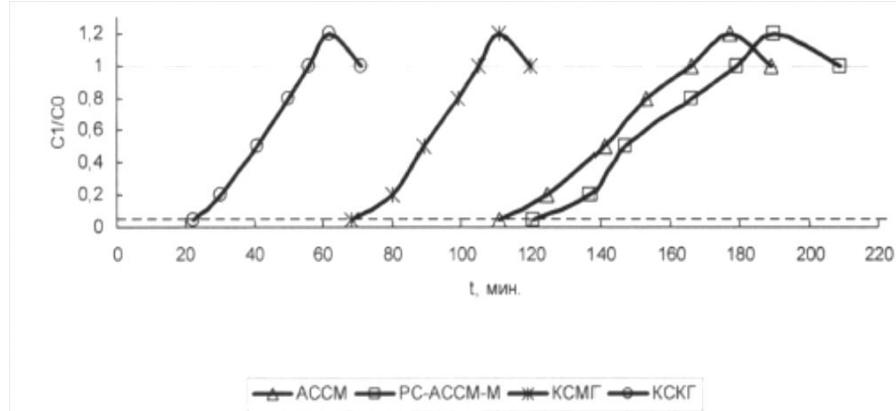
НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ва РС-АССМ-М маркали модификацияланган силикагелдан мувофиқ равища 76,2 ва 1520,0 г (1:19 нисбат) иборат комбинацияланган қатlam пилот синовлари натижалари

3.18-жадвал.

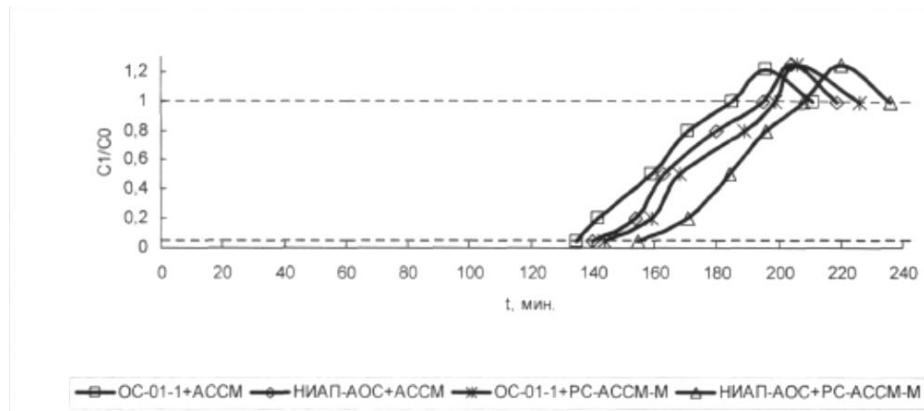
Адсорбент	Цикл №	Газнинг ўртача сарфи, м ³ /соат	н-гептан сарфи, мл/соат	н-гептан “ўтиб кетиш” вақти, мин	н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	Сув бўйича шудрин г нуқтаси, °C
Комбинацияланга н қатlam НИАП- АОС+ РС-АССМ- М	1	20,1	105	147,3	10,2	-64,9
	2	19,8	100	147,7	10,2	-65,2
	3	19,9	100	147,7	10,2	-65,3

19-жадвалда келтирилган НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ва РС-АССМ-М маркали модификацияланган силикагелдан (1:19 нисбат) иборат комбинацияланган қатlam пилот синовлари натижалари шуни кўрсатдики, у 1:9 нисбатга кўра н-гептан буғлари бўйича юқорироқ динамик адсорбцион сифимга эга (10,2 % мас.). Мазкур комбинацияланган қатlamда қуритиладиган газнинг сув бўйича шудринг нуқтаси 1:9 нисбатга кўра 0,3 °C юқорироқ туриб, бу сезиларли фарқ қилмайди.

7-8 расмларда бир қатlamli ва комбинацияланган қатlamli адсорбентларда тажрибаларни ўтказишида олинган н-гептан учун чиқувчи эгри чизиқлар кўрсатилган. С0 – адсорберга киришда н-гептан миқдори; С1 – адсорбердан чиқишида н-гептан миқдори.



3.1-расм. Бир қатламли адсорбентларда $20\ ^{\circ}\text{C}$ да н-гептан учун чиқувчи әгри чизиқлар.



3.2-расм. Комбинацияланган қатламли адсорбентларда $20\ ^{\circ}\text{C}$ да н-гептан учун чиқувчи әгри чизиқлар.

Чиқувчи әгри чизиқлар таҳлили күрсатдикі, адсорбентларнинг комбинацияланган қатламлари түйиниши вақти (“үтиб кетиш” вақти) бир қатламли адсорбентларнинг түйиниши вақтига нисбатан ошиши адсорбентларнинг алохida қатламлари аралашмалари компонентлари ажратиб олувчи адсорбцияси билан боғлиқ. Бунинг сабаби шундаки, адсорбентларнинг ҳар бир қатламлари учун алохida шаклланиши ва адсорбция фронти ўтказилиши мавжуд бўлади. Комбинацияланган қатламда адсорбция стационар фронти ўтказилиши тезлиги компонентларнинг алохida қатламлар орқали ажратиб олувчи адсорбцияси билан белгиланади, бу эса

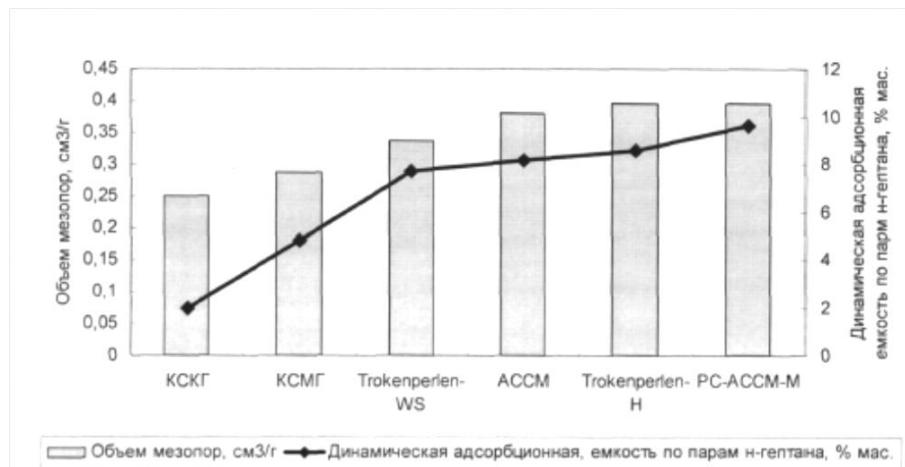
бир қатламли адсорбентларда адсорбцияга нисбатан “ўтиб кетиш” вақтининг ошиши асосий сабаби бўлиб ҳисобланади.

Ўтказилган тажрибалар натижасида аниқландики, ACCM, PC-ACCM-M силикагеллари комбинацияланган қатламлари (томчили намликка барқарор алюминий оксиди асосидаги ОС-ОМ ва НИАП-АОС адсорбентлари билан биргаликда) учун “ўтиб кетиш” вақтлари уларнинг бир қатламли юкланишига нисбатан юқори бўлади. Комбинацияланган юкланишда “ўтиб кетишгача” ишлаши вақтлари бир қатламли юкланишига нисбатан 16-20% га ортди. ОС-01-1 +PC-ACCM-M ва НИАП-АОС+PC-ACCM-M

Комбинацияланган қатламлари давомийроқ “ўтиб кетиш” вақтларига эга (мос равища 144 ва 155 минут).

Силикагеллар асосан мезоговакларнинг ривожланган ҳажмига эга адсорбентларга тааллуқли бўлиб, улар орқали модданинг “сифимларга” – микроғовакларга етказилиши амалга ошади. Силикагелларнинг адсорбцион ва текстуравий характеристикалари тажриба маълумотлари бўйича бизлар томондан н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимнинг мезоговакларнинг ҳажмига боғлиқлиги олинди (9-расм).

9-расмда келтирилган график-гистограммадан келиб чиқадики, н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим кўрсаткичи сезиларли даражада мезоговакларнинг ҳажми билан белгиланади. Эҳтимол, айнан шу ғоваклар силикагелларнинг C5+ углеводородлар бўйича динамик адсорбцион сифимини характерлайди. Trokenperlen-H маркали импорт силикагели ва Россиянинг модификацияланган PC-ACCM-M маркали силикагели мезоговакларнинг ҳажми деярли бир хил, ва 0,395 см³/г ни ташкил қиласди.

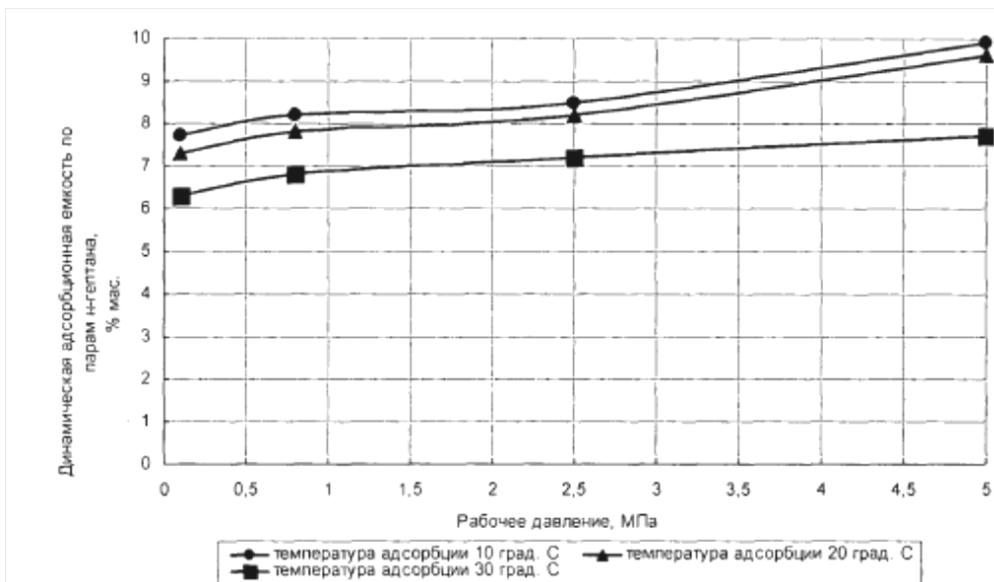


3.3-расм. Силикагелларнинг н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимининг мезофовакларнинг ҳажмига боғлиқлиги

Маълумки , сиртни кимёвий модификациялаш йўли билан адсорбентларнинг кимёвий ва физик хоссаларини кескин яхшилаш мумкин. Модификацияланган PC-ACCM-M маркали силикагель адсорбцион сифимининг юқорироқ кўрсаткичи, эҳтимол, унинг сиртининг OH-гурухларнинг органик радикаллар билан алмаштирилиши ҳисобидан модификацияси билан тушунтирилади.

Илгари таъкидлаб ўтилганидек, адсорбентларнинг энг муҳим техник характеристикаларидан бири бўлиб унинг ажратиб олинадиган компонент бўйича динамик сифими бўлиб ҳисобланади. Динамик сифим – ўзгарувчан катталик бўлиб, бир қатор мезонлардан: адсорбцияланадиган модда концентрацияси, адсорбер ўлчамлари, адсорбция ҳарорати ва босими ва бошқ. боғлик бўлади. Шунинг учун модификацияланган PC-ACCM-M маркали силикагелнинг 0,1 - 5,0 МПа босим диапазонида ва контакт 10, 20 ва 30 °C ҳароратларида н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимини аниқлаш бўйича тажриба тадқиқотлари амалга оширилди.

Тадқиқот натижалари бўйича н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимининг системадаги ишчи босимдан боғлиқлиги олинди (10-расм).



3.4-расм. Комбинацияланган қатламда модификацияланган PC-АССМ-М маркали силикагелнинг н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимнинг системадаги ишчи босимдан боғлиқлиги

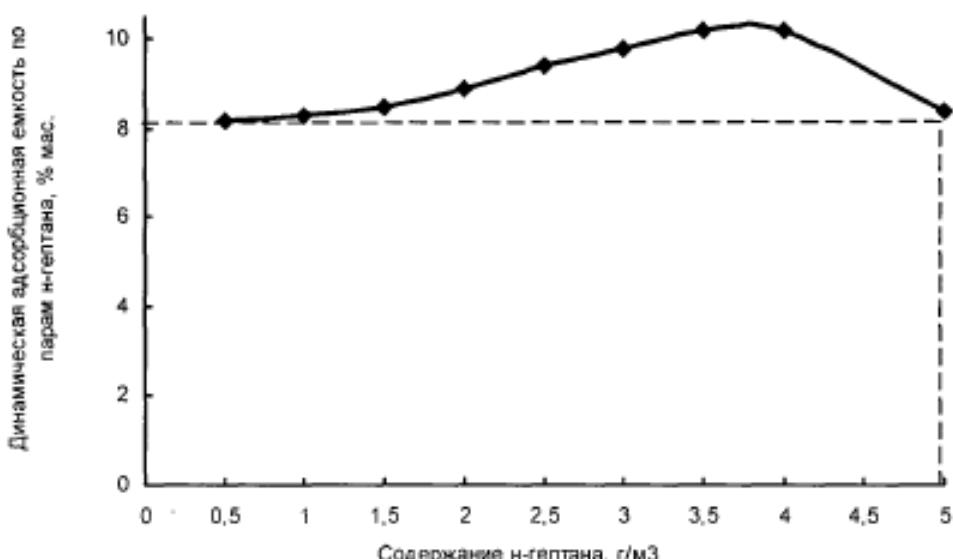
10-расмда берилган график кўрсатадики, модификацияланган PC-АССМ-М маркали силикагелнинг н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифими системадаги ишчи босими ошиб бориши сайн ортиб боради. 5,0 МПа максимал ишчи босимда н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимнинг кўрсаткичи 30, 20, 10 °C ҳароратларда мос равища 7,7; 9,6; 9,9 % мас. ташкил қилди. 30 °C ҳароратда табиий газни қуритиш ва бензинсизлантириш тажрибалари вақтида н-гептан бўйича динамик фаоллик сезиларли пасайиши кузатилди, демак, модификацияланган PC-АССМ-М маркали силикагелнинг максимал эксплуатацион кўрсаткичларига эришиш учун адсорберга киришдаги газ ҳарорати 20 °C дан ошмаслиги лозим.

Газни ташишга тайёрлаш қисқа цикли адсорбцион қурилмаларининг эксплуатацияси саноат тажрибаси кўрсатишича, C5+ углеводородларни йўқотиш учун тоза тайёрланган адсорбентлар қатлами н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимнинг камида 8,0 % мас. кўрсаткичига эга бўлиши керак (5,0 МПа босимда).

Шунинг учун модель газ аралашмасида танланган Россия адсорбентлари комбинацияланган қатламининг (1:19 нисбат) н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимини модель газ аралашмасида н-гептан

микдоридан боғлиқлигини аниқлаш амалий аҳамият касб этади. Мазкур боғлиқлик н-гептан самарали йўқотилиши кузатиладиган газдаги н-гептан микдори диапазонини аниқлаш имконини беради.

Тадқиотнинг олинган натижаларини 11-расм яққол ифода этиб, ундан келиб чиқадики, Россия адсорбентлари комбинацияланган қатлами (1:19 нисбат) н-гептан буғларини уларнинг 0,5 дан 5,0 г/м³ микдорида самарали йўқота олади (тажрибалар 5,0 МПа босимда ўтказилди). Бунда н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимнинг максимал қиймати (10,2 г/100 г) н-гептан 3,5-4,0 г/м³ микдорида эришилади.

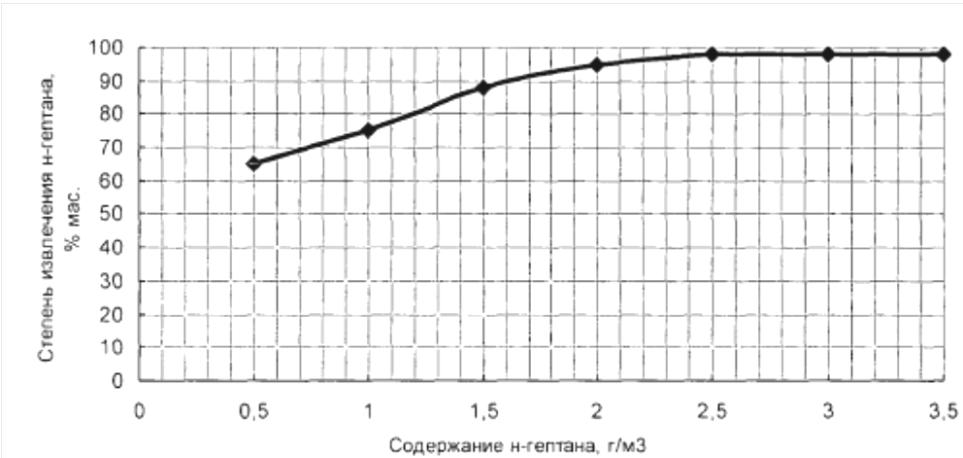


3.5-расм. НИАП-АОС+РС-АССМ-М адсорбентларнинг (1:19) комбинацияланган қатламининг н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифимиning системадаги модель газ аралашмасида н-гептан микдоридан боғлиқлиги

Пилот адсорбцион қурилмада олинган тажриба маълумотлари бўйича бизлар томондан шунингдек модель газ аралашмасида н-гептан микдоридан боғлиқ равишда н-гептан ажратиб олиниши даражаси ҳам ҳисоблаб чиқилди. Олинган боғлиқлик 12-расмда келтирилган.

Графикдан (12-расм) кўриниб турибдики, н-гептан микдори ошиб бориши сайнин унинг НИАП-АОС+РС-АССМ-М комбинацияланган қатламида ажратиб олиниши даражаси ҳам ортади. Н-гептан микдори 3,0-3,5 г/м³ чегарасида бўлганида уни ажратиб олиш даражаси 98 % мас. гача

ортади, бу қиймат эса УПГТ КС «Краснодарская» лойиҳалаштирилишида ҳисоб-китобларда импорт силикагеллар учун кўзда тутилган қийматдан (93 % мас.) юқори бўлади.



3.6-расм. НИАП-АОС+РС-АССМ-М комбинацияланган адсорбент қатлами билан н-гептан ажратиб олиниши даражасининг модель газ аралашмасида н-гептан миқдоридан боғлиқлиги

Шундай қилиб, ўтказилган тажрибалар натижалари шуни кўрсатадики, кўп компонентли аралашма адсорбцияси жараёнида адсорбентларнинг комбинацияланган қатлами (адсорбентларнинг алоҳида ҳажмлари) тўғри танланиши аралашманинг адсорбцияланадиган компонентлари миқдори билан аниқланадиган асосий фактор ҳисобланади.

Аниқландики, адсорбентларнинг комбинацияланган қатламида адсорбцияда аралашманинг ажратиб олинадиган компонентлари танлаб олиб ютилиши содир бўлади, яъни ҳимоя қатлами (НИАП-АОС) томонидан сув буғлари ютилади, асосий қатлам (модификацияланган силикагель РС-АССМ-М) томонидан эса н-гептан молекулалари ютилади.

Олинган натижалар таққосланганида аниқландики, н-гептан буғлари бўйича энг юқори динамик адсорбцион сифимига ва сув бўйича энг паст шудринг нуктасига РС-АССМ-М маркали силикагель эга, шунингдек алюминий оксиди асосидаги НИАП-АОС маркали адсорбент ҳам газни қуритиш чуқур даражасини таъминлайди. Ундан ташқари, НИАП-АОС маркали адсорбент томчили намлик таъсирига барқарор бўлиб, бу ундан ҳимоя қатлами сифатида фойдаланиш имконини беради.

Юқорида кўрсатилган адсорбентлардан 1:9 ва 1:19 нисбатда тайёрланган комбинацияланган қатламлар ҳам энг юқори динамик адсорбцион сигими ва сув бўйича энг паст шудринг нуқтаси қийматларини беради.

НИАП-АОС (10 % мас.) + РС-АССМ-М (90 % мас.) ва НИАП-АОС (5 % мас.) + РС-АССМ-М (95 % мас.) комбинацияланган қатламларида қуритилган газнинг сув бўйича шудринг нуқтаси деярли бир хил бўлади (-65,0 °C), н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигими мос равища \sim 9,6 % ва 10,2 % ни ташкил қиласди. Иккинчи ҳолатдаги н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигими юқорироқ кўрсаткичи адсорберга масса бўйича РС-АССМ-М маркали силикагель кўпроқ юклanganлиги билан изоҳланади.

Юқоридагилардан келиб чиқиб, УПГТ КС «Краснодарская» шароитида тажриба-саноат синовларини ўтказиш учун комбинацияланган қатlam таркибиغا кирувчи адсорбентларнинг қайси нисбатини – 1:9 ёки 1:19 қўллашни таклиф қилиш тўлалигича аниқ эмас, чунки улар анча яқин турадиган эксплуатацион кўрсаткичларни намоён қиласди.

Буни тушуниш учун УПГТ КС «Краснодарская» кафолат (лойиха) параметрлари (8-Илова) ҳисоб-китоби учун газ таркибини ҳисобга олган ҳолда биз танлаган комбинацияланган қатлам таркибиغا кирувчи адсорбентлар юклamasи талаб қилинадиган ҳажмлари учун қўшимча баҳоловчи ҳисоб-китоблари бажарилди; бунда улар Россия адсорбентларининг 1:19 нисбатида комбинацияланган қатлами юкланиши мақсадга мувофиқлигини кўрсатди.

3.3 Регенерация (термодесорбция) режимини тадқиқ қилиш

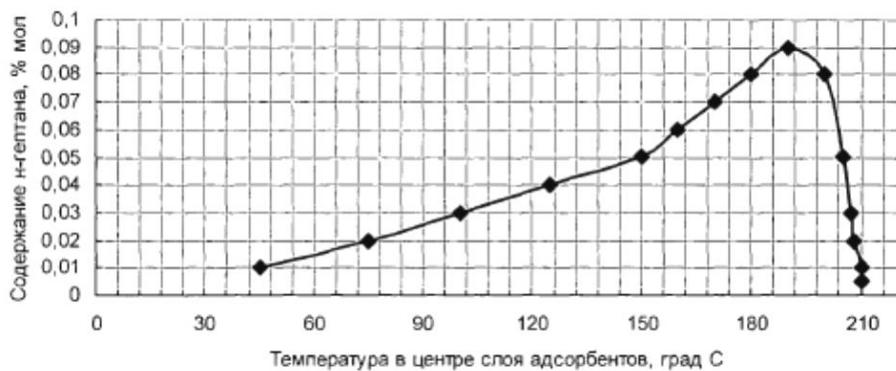
Пилот адсорбцион қурилмада тадқиқотларнинг мазкур босқичи вазифаси бўлиб таклиф қилинган адсорбентлар комбинацияланган қатлами регенерацияси оптимал ҳарорат режимини аниқлаш бўлди. Регенерация оптимал ҳароратини танлашда йўл қўйиладиган хатоликлар десорбция

нотўлиқлиги ҳисобидан (агар регенерация ҳарорати жуда паст бўлса) адсорбцион сифим камайишига, ёки адсорбент структураси бузилишига (агар регенерация ҳарорати жуда юқори бўлса) олиб келади. Регенерацияда оптимал ҳарорат режимини тўғри танлаш деяорбция самарадорлигини таъминлашидан ташқари шунингдек адсорбентларни бузилишдан сақлайди ва уларнинг хизмат муддатини оширади.

Адсорбентларнинг динамик фаоллигини тиклаш учун адсорбция ҳар бир циклидан сўнг комбинацияланган қатлам термодесорбцияга учратилди. Термодесорбция 1 °C/мин тезликда иситиладиган адсорбер орқали қуруқ газни қарама-қарши оқимда узатиш орқали амалга оширилди. Регенерация газининг хроматографик таҳлили ҳар 15 минутда (ёки 15 °C да) ўтказилди.

Бир қатламли адсорбентдан фарқли равишда, комбинацияланган қатлам термодесорбцияси жараёни шу билан мураккаблашадики, қатламма-қатлам жойлашган адсорбентлар турли регенерация ҳароратларига эга бўлади. Хроматографик таҳлил натижаларига асосан НИАП-АОС + РС-АССМ-М комбинацияланган қатлами (буғланадиган намликни ҳисобга олмаган ҳолда) н-гептан десорбцион эгри чизиғи тузилди (13-расм); унга кўра комбинацияланган қатламдан н-гептан тўлиқ десорбцияси унинг 210 °C гача иситилишида тугайди. Адсорбентлар қатлами марказида 220 °C ҳароратда регенерация газининг хроматографик таҳлили н-гептан умуман йўқлигини кўрсатди.

Ўтказилган тадқиқотлар асосида НИАП-АОС + РС-АССМ-М адсорбентлар комбинацияланган қатлами регенерациясида унинг 210 °C дан юқори ҳароратда иситилиши мақсадга номувофиқ деб ҳисобланади.



3.7-расм. НИАП-АОС + PC-АССМ-М адсорбентлар комбинацияланган қатламидан н-гептан термодесорбцияси эгри чизиги

3.4 Россия ва импорт адсорбентлар асосий физик-техник хоссалари қиёсий таҳлили

Пилот синовлар ўтказилиши давомида табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни учун адсорбентларнинг энг истиқболли комбинацияланган қатлами аниқланди. Мазкур адсорбентларнинг табиий газни бир вақтнинг ўзида қуритиш ва бензинсизлантириш жараёни учун қўллаш мақсадга мувофиқлигини янада кўпроқ тушуниш учун ҳозирги кунда УГГТ КС «Краснодарская», УПГТ КС «Портовая» да қўлланиладиган импорт силикагеллар билан Россия адсорбентлари асосий физик-техник хоссалари қиёсий таҳлили ўтказилиши лозим.

20-22 жадвалларда КС «Краснодарская» («Голубой поток» газ қувури), УПГТ КС «Портовая» («Северный поток» газ қувури) ташишга газни тайёрлаш учун қўлланиладиган импорт силикагеллар, бизлар танлаган алюминий оксиди асосидаги модификацияланган силикагель ва адсорбент, шунингдек уларнинг асосидаги комбинацияланган қатламлар асосий физик-техник хоссалари келтирилган.

20-жадвалдан келиб чиқадики, Россия ва импорт силикагеллар доналари ўлчамлари деярли мос тушади, демак, бундан ҳам импорт, ҳам Россия модификацияланган силикагели билан юклangan адсорберларда деярли бир хил гидравлик қаршилик мавжудигини кутишимиз мумкин.

Иккала силикагелнинг ейилишига механик мустаҳкамлиги, сув бўйича шудринг нуқтаси каби яқин қийматларга эга бўлади.

Н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифими қийматига келсак, Россия силикагелларида бу кўрсаткич импорт силикагелларига нисбатан 10-12 % га юқори бўлади. Шундай қилиб, PC-ACCM-M маркали модификацияланган силикагель энг муҳим характеристикалар бўйича импорт KS-TrokenPerlen-H маркали силикагелдан паст бўлмайди.

Асосий қатламнинг импорт KS-TrokenPerlen-H маркали силикагели ва PC-ACCM-M маркали модификацияланган силикагель асосий физик-техник хоссалари

3.19-жадвал.

Кўрсаткич номи	Силикагель маркаси	
	KS -TrokenPerlen-H	PC-ACCM-M
1. Ташқи кўриниши	Овал, сферик ёки нотўғри шаклдаги шишасимон шаффоф ёки шишасимон хира доналар. Ранги – рангиздан қора доғли тўқ рангача	Овал шаклдаги шишасимон шаффоф доналар
2. Доналар ўлчами, мм	4,2	5,5
3. Механик мустаҳкамлиги, Мпа	1,1	1,3
4. Солинма зичлиги, г/см ³	0,68	0,80
5. Қуритишдаги йўқотишлиарнинг масса улуши, %	0,4	4,3
6. Солиштирма сирт катталиги, м ² /г	780	620
7. Ейилишга механик мустаҳкамлиги, % мас. /мин. сирт қатлами (5 мин да) ўртacha (45 мин да)	1,65 0,70	1,05 0,3
8. 50 ат ва t = 20-25 °C да н-гептан, % мас.	8,6	9,6
9. Сув бўйича шудринг нуқтаси, °C	-64,0	-63,1

Химоя қатлами адсорбентлари шунингдек доналарнинг яқин ўлчамлари ва солинма зичликларига эга (21-жадвал).

Химоя қатлами нинг импорт KS-TrokenPerlen-WS маркали силикагели томчили намлиқка барқарор бўлади, бироқ сув бўйича шудринг нуқтаси -40 °C ни таъминлайди. НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги Россия адсорбенти ҳам томчили намлиқка барқарор бўлади, ва сув буғлари бўйича юқорироқ динамик адсорбцион сифимга (23,9 г/100г) ва сув бўйича паст шудринг нуқтасига (-54 °C) эга. Таъкидлаб ўтиш лозимки, НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент ҳимоя қатлами нинг KS-TrokenPerlen-WS маркали силикагелидан фарқли равишда оғир углеводордларга нисбатан умуман инерт бўлади.

Шундай қилиб, НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги Россия адсорбенти ҳозирги кунда УПГТ КС «Краснодарская» да қўлланилаётган импорт KS-TrokenPerlen-WS маркали силикагели ўрнида ҳимоя қатлами сифатида муваффақиятли ўрин алмаштирилиши мумкин.

Кутилмоқдаки, НИАП-АОС маркали алюминий оксида асосидаги адсорбент (ҳимоя қатлами) адсорбция бутун даври давомида адсорберга келиб тушадиган барча баланс намликни (сув, сув-метанол эритмаси) сорбциялайди, PC-ACCM-M маркали модификацияланган силикагель (асосий қатлами) эса оғир C5+ углеводородларни ютиб олади.

22-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, иккала комбинацияланган қатlam табиий газнинг сув бўйича талаб қилинган шудринг нуқтасини таъминлайди. Бироқ Россиянинг алюминий оксида асосидаги модификацияланган силикагель ва адсорбентидан иборат бўлган комбинацияланган қатlam импорт силикагеллари асосидаги комбинацияланган қатlam билан таққосланганда н-гептан буғлари бўйича юқорироқ динамик адсорбцион сифимга (~ 18+20 % га) эга. Мазкур ҳолат шу билан изоҳланадики, асосий қатlam PC-ACCM-M маркали Россия силикагели адсорберга масса юкланиши KS-TrokenPerlen-H маркали импорт силикагели

асосий қатlam юкланишига нисбатан 5% га, шунингдек мақсадли компонентлар адсорбцияси ажратиб олувчанлиги юқори бўлади.

Химоя қатламнинг импорт KS-TrokenPerlen-WS маркали силикагели ва НИАП-АОС маркали модификацияланган силикагель асосий физик-техник хоссалари

3. 20-жадвал

Кўрсаткич номи	Силикагель маркаси	
	KS -TrokenPerlen-H	PC-ACCM-M
1. Ташқи кўриниши	Овал, сферик ёки нотўғри шаклдаги шишасимон шаффофф ёки шишасимон хира доналар. Ранги – рангиздан қора доғли тўқ рангача	Овал шаклдаги шишасимон шаффофф доналар
2. Доналар ўлчами, мм	4,1	3,9
3. Механик мустаҳкамлиги, МПа	1,1	10,5
4. Солинма зичлиги, г/см ³	0,68	0,75
5. Солиштирма сирт катталиги, м ² /г	670	380
6. 5,0 МПа ва t= 20-25 °C да н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, % мас.	7,7	сорбцияланмайди
7. Сув буғлари бўйича динамик адсорбцион сифим, г/100 г	18,0	23,9
8. 60 % нисбий намлиқда ва 20-25 °C ҳароратда ҳаводан намлиқнинг адсорбцияси бўйича статик фаоллик, грамм сув 100 г адсорбентга	26,0	25,0
9. Сув бўйича шудринг нуқтаси, °C	-40,2	-54,1

3.21-жадвал.

Импорт ва Россия адсорбентларидан иборат комбинацияланган қатламларининг асосий физик-техник хоссалари

Кўрсаткич номи	Комбинацияланган қатлам	
	KS -TrokenPerlen - WS (10 % мас.) / KS -TrokenPerlen-H (90 % мас.) нисбати (1:9)	НИАП-АОС (5 % мас.) / PC-ACCM-M (95 % мас.) нисбати (1:19)
1. 5,0 МПа ва $t = 20^{\circ}\text{C}$ да н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сигим, г/100г	8,5	10,2
2. Сув бўйича шудринг нуқтаси, $^{\circ}\text{C}$	-70,0	-65,2

Шундай қилиб, пилот синовлар натижалари асосида Россия адсорбентларининг тажриба-саноат синовларини ўтказиш мақсадга мувофиқ деб ҳисоблаймиз. Бунинг учун УПГТ КС «Краснодарская» адсорберларидан бирини 5 % мас. миқдорда НИАП-АОС маркали алюминий оксидаи адсорбент ва 95 % мас. миқдорда PC-ACCM-M маркали модификацияланган силикагель билан юкланишини амалга ошириш лозим бўлади.

ХУЛОСАЛАР:

Табиий газни тозалаш, қуритиш ва бензинсизлантириш жараёнларида қўлланиладиган мавжуд адсорбентлар бўйича миллий ва хорижий адабиётлар таҳлили тадқиқот йўналишини аниқлаб олиш имкониятини берди.

Росиянинг алюминий оксиidi асосидаги силикагель ва адсорбент турли маркалари физикавий-техникавий хоссалари лаборатория ва пилот тадқиқотлари ўтказилди.

Тажриба йўли билан аниқландики, НИАП-АОС маркали алюминий оксиidi асосидаги адсорбент селектив ҳисобланади, ва сув буғлари бўйича юқори динамик адсорбцион сифимга (23,9г /100 г) эга бўлиб, бу ҳозирги кунда УПГТ КС «Краснодарская» да қўлланилаётган ҳимоя қатлами KS - TrokenPerlen- WS маркали импорт силикагель учун (18,0 г/100г) айнан шу кўрсаткичдан 32-33 % юқори туради

Ўтказилган тадқиқотлар давомида аниқландики, РС-АССМ-М маркали модификацияланган алюминий оксиidi асосидаги силикагель н-гептан буғлари бўйича юқори динамик адсорбцион сифимга (9,6 г /100 г) эга бўлиб, бу ҳозирги кунда УПГТ КС «Краснодарская» да қўлланилаётган асосий қатlam KS -TrokenPerlen-H маркали импорт силикагель учун (8,6 г/100г) айнан шу кўрсаткичдан 10-12 % юқори туради

Кўрсатилдики, 5 % мас. миқдорда НИАП-АОС маркали алюминий оксиidi асосидаги адсорбент ва 95 % мас. миқдорда РС-АССМ-М маркали модификацияланган силикагелдан иборат комбинацияланган қатлам табиий газни қуритиш чуқур даражасини таъминлайди, ва босимларнинг кенг диапазонида юқори динамик адсорбцион сифимга эга бўлади.

Кўрсатилдики, силикагелларнинг н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифими мезоваклар ҳажмидан боғлиқ бўлади. Силикагелда мезоваклар ҳажми ошиши билан адсорбцион сифим кўрсаткичи ҳам ортади.

Аниқландики, н-гептанинг 0,5 дан 5,0 г/м³ гача концентрациялар интервалида н-гептанинг 3,5-4,0 г/м³ миқдорида Россия адсорбентлари комбинацияланган қатлами н-гептан буғлари бўйича динамик сифими

максимал қийматларига етади. Н-гептан ажратиб олиниши даражаси 98 % ни ташкил қилиб, бу УПГТ КС «Краснодарская» лойиҳалаштирилишида ҳисоб-китобларда импорт силикагелларнинг кўзда тутилган мазкур кўрсаткичидан устун туради.

Комбинацияланган қатlam регенерацияси оптимал ҳарорат режими тажриба йўли билан аниқланди. Комбинацияланган қатlamдан н-гептан термодесорбцияси 210 °C ҳароратда тугаши аниқланди.

Россия адсорбентлари танланган комбинацияланган қатлами адсорбцион хоссаларининг ҳозирги кунда УПГТ КС «Краснодарская» да кўлланиладиган импорт силикагеллар адсорбцион хоссалари билан қиёсий тажриба баҳоланиши ўтказилди. Аниқландикни, Россия адсорбентлари танланган комбинацияланган қатлами импорт силикагеллар комбинацияланган қатламига нисбатан н-гептан буғлари бўйича динамик адсорбцион сифими юқорироқ кўрсаткичига (18-20% га) эга.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

- 1.2016-2020 йилларда Углеводород хом ашёсини чуқур қайта ишлаш негизида экспортга йўналтирилган тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўпайтириш чора-тадбирлари тўғрисида 28.09.2016 йил ПҚ-2614-сонли Ўзбекистон Республикаси Президенти Қарори.
- 2.Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар Стратегияси тўғрисида 07.02.2017 йил ПФ-4947-сонли Ўзбекистон Республикаси Президенти Фармони.
3. Бекиров Т.М. Технология обработки газа и конденсата / Т.М. Бекиров, Г.А. Ланчаков. - М.: Недра, 1999. - 596 с.
4. СТО Газпром 089-2010 «Газ горючий природный, поставляемый итранспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия».
5. Кубанов А.Н. Границы применимости технологии НТС / А. Н.Кубанов, Е.Н. Туревский, А.В. Елистратов, Т.С. Цацулина, //Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа: Сб. науч. тр. - М.: ИРЦ «Газпром», 1997. - № 11.-С. 19-26..
6. Зарницкий Г.Э Теоретические основы использования энергии давления природного газа. - М.: Недра, 1968.- 296 с.
7. Коротаев Ю.П. Определение количества конденсата, извлекаемого из природного газа при многоступенчатой низкотемпературной сепарации / Ю.П. Коротаев, М.Ф. Ткаченко. - Газовое дело, 1971, № 5, с. 25-31.
8. Гриценко А.И. Опыт рационального использования холода на промысловых установках / А.И. Гриценко, И.А. Галанин, Р.Ф.Будымка. - М: ВНИИОЭНГ, 1972, 96 с.
9. Л. Гризанти Контроль точек росы природного газа при помощи силикагеля для оптимизации транспорта газа на большие расстояния (На примере установки подготовки газа к транспорту «Портовая» в рамках проекта «Северный поток» / Рекламные фолдеры компании «Siirtec Nigi S.p.A.» // <http://www.nord-stream.com>.
10. Лакеев В.П.Адсорбционный процесс промысловой подготовки газа // Этапы развития газоперерабатывающей подотрасли: Сб. науч. тр. - М.: ООО «ВНИИГАЗ», 1998. - С. 223-249.
11. Hay D.G. Festing and effect of flow on hydrocarbon adsorption units. - Canadian Oil and Gas Industries, December, 1961, № 12, pp. 47-54.
12. Leland T.W. The design of hydrocarbon recovery units using solid adsorbents / T.W. Leland, Holms RE. - Journal of Petroleum Technology, II, 14, 1962, № 2, pp. 179-186.
13. Лакеев В.П. Результаты применения цеолита NaA для осушки природного газа, содержащего пары метанола // Газовая промышленность. - 1973. -№ 10. - С. 39-42.
14. Н.В. Кельцев Основы адсорбционной техники - М.: Химия, 1984. -592 с.

15. Бусыгина Н.В. Технология переработки природного газа и газового конденсата / Н.В. Бусыгина, И.Г. Бусыгин. - Оренбург: ИПК «Газпромпечать» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2002. - 432 с.
16. Г.К. Шах Улучшение работы адсорбера с активированным углем /Нефть, газ и нефтехимия за рубежом, 1993, № 6.
17. Т.М. Бекиров Промысловая и заводская обработка природных и нефтяных газов. - М.: Недра, 1980.
18. Афанасьев А.И. Технология переработки природного газа и конденсата: Справочник .- М.: ООО Недра-Бизнесцентр, 2002. - 4.1. - 517 с.
19. Проведение пилотных испытаний опытных партий российских адсорбентов с предложениями по их загрузке и условиям проведения испытаний на предприятиях ОАО «Газпром»: Отчет о НИР (Этап 1.) / «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых № РГ 9641/2010. - Развилка, 2009. - 88 с.
20. Chi C.W. and Lee H., Natural Gas Purification by 5A Molecular Sieves and Its Design Method, Gas Purification by adsorption, AlChe Symposium Series, Vol. 69, No. 134, pp. 95-101, 1973.
21. Aitani A.M., Sour Gas Drying Using Molecular Sieves, Coop Report,Dhahran, Chemical Engineering Departement, KFUPM, 1982.
22. Соколов В.А. Молекулярные сита и их применение / В.А. Соколов, Н.С. Торочешников, Н.В. Кельцев. - М.: Химия, 1964. - 156 с.
23. Barrer R.M., Marschall D.J. - J. Amer. Chem. Soc, 1964, №7, 2296-2305.
24. Филимонов С.Н. Коксообразование на цеолитах типа NaX и NaY при десорбции гептана, пропантиола и этиленгликоля / С. Н. Филимонов, В.И. Столыпин, А.А. Брюхов, В.Р. Mkrtychan // Газификация.Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа: Сб. науч. тр. - М.: ИРЦ «Газпром», 2003. - № 1. -С. 7-15.
25. Белоцерковский Г.М., Савченко В.И. - Изв. АН СССР. Сер. хим., 1966, № 2, с. 32-42.
26. Артемова И.И. Разработка новых эффективных катализаторов выделения газовой серы: Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Москва, 2009. - 143 с.
27. Chemical Engineering - 1984. - vol. 91, № 8, p. 10.
28. Аристов Ю.И. Селективные сорбенты воды для осушки воздуха: от пробирки до заводского адсорбера // Каталит в промышленности. -2004.-№ 6.-С. 36-41.
29. ГОСТ 3956-76. Силикагель технический. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1976. - 16 с.
30. ТУ 2161-121-05766575-2004. Адсорбент силикагелевый салаватский мелкопористый - АССМ. - Салават: ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»,2004. - 22 с.
31. ТУ 2161-023-21742510-2008. Адсорбент силикагелевый модифицированный РС-АССМ-М. - Ярославль: ООО «Торговый дом «РеалСорб», 2008. -15 с.

32. Ремизов ВВ., Особенности работы установок адсорбционной осушки газа на месторождениях Крайнего Севера / В.В. Ремизов, В.Ф. Зайнуллин, Л.С. Чугунов и др. // Обз. Инф. - Сер.: Подготовка и переработка газа и газового конденсата. - М.: ИРЦ РАО Газпром, 1995. -59 с.
33. Ермилов О.М. Совершенствование систем разработки, добычи и подготовки газа на месторождениях Крайнего Севера / О.М. Ермилов, Л.С. Чугунов, В.В. Ремизов, А.Н. Дмитриевский, ЮГ. Тер-Саакян, К.Л. Каприлов, В.Ф. Зайнуллин, А.П. Попов, А.Н. Харитонов. - М.: Наука, 1996.- 415 с.
34. Серпионова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров . - М.: Высшая школа, 1971.-413 с.
35. Гульбин А.В. Адсорбционная очистка и осушка природного газа на силикагелях отечественного и импортного производства / А.В. Гульбин, Н.Н. Кисленко, Б.П. Золотовский, Н.С. Барсук, П.П. Павленко и др. // Научно-технический прогресс в технологии переработки природного газа и конденсата: Сб. науч. тр. - М.: ООО «ВНИИГАЗ», 2003.-С. 181-185.
36. Денисевич Е.В. Очистка и осушка природного газа силикагелями / Е.В. Денисевич, Л.В. Моргун, С.А. Молчанов, Б.П. Золотовский // Газовая промышленность. - 2001. -№ 6. - С. 23-26.
37. Али-Заде Ф.Г. Разработка процесса одновременной осушки и отбензинивания природного газа в комбинированном слое адсорбентов: Дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Баку, 1982. - 158 с.
38. Али-Заде Ф.Г. Промышленная адсорбционная установка с комбинированным слоем твердых сорбентов // Реф. сб. - Сер.: Подготовка и переработка газа и газового конденсата. - М.: ВНИИОЭНГ, 1979.-С. 1-5.
39. Byat S.G.T., Narajan K.S. - Indian J. Chem. 1978. - V.16A. - № 4. - P. 294-299.
40. Oil and Gas J. - 1958. -V. 56. - № 44. - P . 74-77.
41. Dow W.M. Petrol. Ref. - 1957. - V. 36. - № 6. - P. 141-145.
42. Громова К.И. Современные методы осушки природного газа / К.И. Громова, Г.М. Липкин, К.З. Бочавер, и др. - М.: ВНИИОЭНГ, 1966.-62 с.
43. Шумяцкий Ю.Ш. Опыт эксплуатации установок промысловой обработки газа / Ю.Ш. Шумяцкий, К.И. Громова, Н.В. Кельцев. - М.: ВНИИОЭНГ, 1968.-60 с.
44. Usida Tocuro, Plant and Process, 2, 10,11, 1968.
45. Мак-Бен Дж. Сорбция газов и паров. -М.: Гостоптехиздат, 1934. -341 с.
46. Дубinin M.M. Физико-химические основы сорбционной техники. - М.: ОНТИ, 1935. - 412 с.
47. Брунауэр С. Адсорбция газов и паров. - М.: Изд-во иностр. лит., 1948.-784 с.
48. Бекиров Т.М. Некоторые вопросы эксплуатации УКПГ

- месторождения Медвежье в компрессорный период эксплуатации / Т.М. Бекиров, В.Ф. Зайнуллин, Н.В. Михайлов, А.И. Березняков // Обз. Инф. - Сер.: Подготовка, переработка и использование газа. - М.: ИРЦ РАО Газпром, 1994. № 6. С. 1 - 8.
49. Методические указания по технологическим расчетам систем адсорбционной осушки газа / ТюменНИИГипрогаз, Тюмень, 1989.- 42 с.
50. Технологический регламент по эксплуатации сухопутной части магистрального газопровода «Голубой поток»-«Россия -Турция» (Морской вариант). - 4. - Книга 1. - «Технологический регламент по эксплуатации цеха подготовки газа к транспорту на Компрессорной станции «Краснодарская», «Гипроспецгаз», Санкт-Петербург, 2004.
51. Нормы расхода силикагеля при осушке и отбензинивании природного газа на УПГТ КС «Краснодарская». - ОАО «Газпром». - Москва, 2009. - 10 с.
52. Мониторинг состояния и работы адсорбентов на УПГТ КС «Краснодарская»: Отчет о НИР по договору 142.93.79/Т-16/ПРОЧ-ПР/410 / «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - «ВНИИГАЗ»; Руководитель Б.П. Золотовский; Развилка, 2005.-30 с.
53. Лакеев В.П. Опытно-промышленное освоение процесса адсорбционной осушки природного газа / В.П. Лакеев, Н.В. Жданова, А.М. Климушин, С.Ф. Гудков. // Труды III Всесоюзного совещания по адсорбентам.-Л.: Наука, 1971. -С. 215-218.
54. Гриценко А.И. Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России / А.И. Гриценко, В.А. Истомин, А.Н. Кульков, Р.С. Сулейманов. - М.: Недра, 1999.-473 с.
55. Н.В. Кельцев Основы адсорбционной техники - М.: Химия, 1976. -394 с.
56. Гайнуллин Ф.Г. Применение сложного сорбента для осушки нефтяного попутного газа / Ф.Г. Гайнуллин, И.Н. Дияров, Н.Л. Солодова и др. // Газовая промышленность. - 1969. -№ 5. - С. 44-46.
57. Гайнуллин Ф.Г. Адсорбционная способность некоторых природных адсорбентов / Ф.Г. Гайнуллин, И.Н. Дияров, Н.Л. Солодова // Экспресс информация.: Переработка газа и газового конденсата. - № 8.: ВНИИЭГазпром, 1974. - С. 3-7.

Интернет сахифалари

www.library.ziyonet.uz

www.referat.arxiv.uz

www.uz.m.wikipedia.org

www.slayd.arxiv.info

www.kompy.info

www.howlingpixel.com

www.lex.uz

www.Aim.uz