

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02.30.12.2019.К/Т35.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ЖУМАНАЗАРОВ АКМАЛ РУЗИКУЛОВИЧ**

**ИШЛАТИЛГАН КАДМИЙ-КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТ  
КАТАЛИЗАТОРИДАН КАДМИЙНИ АЖРАТИБ ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ ВА УНИ ЯНГИ КАТАЛИЗАТОР СИНТЕЗИ  
ЦИКЛИГА ЖАЛБ ҚИЛИШ**

**02.00.19 – Камёб, нодир ва радиоактив элементларнинг кимёвий технологияси  
02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллартехнологияси**

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

**ТОШКЕНТ – 2023**

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

**Жуманазаров Акмал Рузикулович**

Ишлатилган кадмий-кальций-фосфат катализаторидан кадмийни ажратиб олиш технологияси ва уни янги катализатор синтези циклига жалб қилиш..... 3

**Жуманазаров Акмал Рузикулович**

Технология извлечения кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора с вовлечением его в новый цикл синтеза катализатора..... 21

**Jumanazarov Akmal Ruzikulovich**

Technology for extraction of cadmium from spent cad-mi-calcium-phosphate catalyst with involving it in a new cycle of catalyst synthesis... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

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

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02.30.12.2019.К/Т35.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**ЖУМАНАЗАРОВ АКМАЛ РУЗИКУЛОВИЧ**

**ИШЛАТИЛГАН КАДМИЙ-КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТ  
КАТАЛИЗАТОРИДАН КАДМИЙНИ АЖРАТИБ ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ ВА УНИ ЯНГИ КАТАЛИЗАТОР СИНТЕЗИ  
ЦИКЛИГА ЖАЛБ ҚИЛИШ**

**02.00.19 – Камёб, нодир ва радиоактив элементларнинг кимёвий технологияси  
02.00.13 – Ноорганик моддалар ва улар асосидаги материаллартехнологияси**

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

**ТОШКЕНТ – 2023**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Олий таълим, фан ва инновациялар Вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2022.4.PhD/T3261.рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси ахборот-таълим порталида жойлаштирилган.

**Илмий раҳбарлар:**

**Гуро Виталий Павлович**

кимё фанлари доктори, профессор

**Дадаходжаев Абдулла Турсунович**

техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Намазов Шафбат Саттарович**

техника фанлари доктори, академик

**Рузиев Улугбек Насматович**

техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Ётақчи ташкилот**

**Тошкент кимё технология институти**

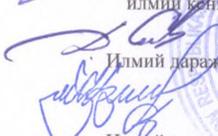
Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 рақамли Илмий кенгашнинг «18» апрель 2023 йил соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (99871) 262-79-90).

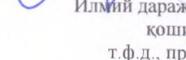
Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (32 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо-Улугбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60.

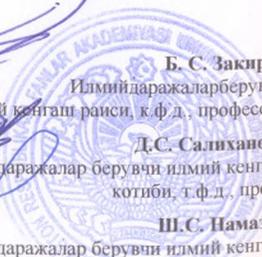
Диссертация автореферати 2023 йил « 3 » апрель куни тарқатилди.

(2023 йил « 3 » апрелдаги № 32 - рақамли реестр баённомаси).

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

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

  
**Ш. С. Намазов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш  
қошидаги Илмий семинар раиси,  
т.ф.д., профессор, ЎЗР ФА академиги



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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда техноген чиқиндиларнинг экологияга таъсирини камайтириш, “Ҳавонинг узок масофаларга трансчегаравий ифлосланиши тўғрисида”ги конвенциясига мувофиқ оғир металллар (шу жумладан кадмий) таъсирини аниқлаш ва уларни ажратиб олишга қаратилган қатор тадқиқотлар ўтказилиб келинмоқда. Қаттиқ чиқиндилар таркибидан радиактив, оғир ва рангли металлларни ажратиб олиш нафақат экологик муаммони олдини олади, балки қимматбаҳо ресурсларни тизимга қайтариш имконини беради. Бундай эътибор, кадмийнинг антропоген эмиссияси табиийсидан кўпроқ эканлиги билан изоҳланади ва уларни камайтириш муаммосининг долзарблигини кўрсатади.

Жаҳон амалиётида таркибидан кадмий мавжуд бўлган металлургия саноати техноген чиқиндиларни қайта ишлаш технологиялари ва улардан янги маҳсулотлар олиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, металлургия саноати чиқиндиларини физик кимёвий таркибини аниқлаш; физик-кимёвий усуллар билан қайта ишланган ККФ катализатори намуналарининг моддий ва кимёвий таркибини аниқлаш; ККФ-Н катализаторидан кадмийни ажратиб олиш усулини ишлаб чиқиш; кадмийли чиқиндилардан ККФ-Н катализаторини синтез қилиш усулини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикада металлургия саноати техноген чиқиндиларни қайта ишлаш, маҳаллий хомашёдан юқори қўшимча қийматли маҳсулотлар яратишда маълум назарий ва амалий натижаларга эришилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт Стратегиясининг учинчи йўналишида “...миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлашга қаратилган саноат сиёсатини амалга оширишни давом эттириш, ялпи ички маҳсулотда саноатнинг улушини ошириш ва саноат ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 баробарга ошириш...”<sup>1</sup> каби вазифалар белгиланган. Бу борада, кадмий сақловчи техноген чиқиндиларни қайта ишлаш, уларни иккиламчи хомашёга айлантиришга оид тадқиқотлар муҳум аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2019 йил 30 октябрдаги ПФ-5863-сон «Ўзбекистон Республикасининг 2030 йилгача бўлган даврда Ўзбекистон Республикасининг атроф-мухитни муҳофаза қилиш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2021 йил 24 июндаги ПФ-5159-сон «Кон-металлургия ва унга боғлиқ бошқа саноат соҳаларини ривожлантиришнинг қўшимча чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2022-2026 йилларда Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон Фармони

**Тадқиқотнинг республикада фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республикада фан ва технологиялар ривожланишининг VII. “Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Таркибида оғир металллар бўлган техноген чиқиндиларни комплекс қайта ишлаш борасида фан ва амалиётни ривожлантиришга чет эллик ва маҳаллий олимлар: Зеликман А.И., Никольский Б.П., Марченко Н.В., Вершинина Е.П., Барашев А.Р., Мамяченков С.В., Анисимова О.С., Гришин С.В., Холин Ю. Ю., Волынский В.В., Чернышев Д.О., Jozef Plachy, Tomoyuki Shiraishi, Masao Tamadab, Kyouchi Saito, Takanobu Sugob, Jae-chun Lee, Hai Trung Huynh and Jinki Jeong, Mahdi Gharabagh ва бошқалар. Ўзбекистонда таркибида оғир рангли металллар, оғир металллар бўлган техноген хомашёни қайта ишлашнинг экологик тоза технологияларини яратиш муаммолари билан таниқли назарий ва амалиётчилар Шарипов Х.Т., Якубов М.М., Юсупходжаев А.А., Санакулов К.С., Саттаров Г.С., Хасанов А.С., Исматов Х.Р., Аллабергенов Р.Д. ва бошқалар шуғулланишган. Адабиёт маълумотларига кўра, бу соҳадаги ишланмаларнинг жаҳон тажрибасини чуқур ўрганиш шуни кўрсатдики, бугунги кунда очик мақолаларда кадмий сақлаган техноген хомашёни ва унинг асосидаги чиқиндиларни қайта ишлашга оид маълумотлар чекланган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ПЗ-201709202 “Чиқинди кадмий-кальций-фосфат (ККФ) катализаторидан кадмийни ажратиб олиш ва унинг асосида катализатор синтези технологиясини ишлаб чиқиш” (2018-2020 йй.) амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** чиқинди кадмий-кальций-фосфат ККФ-Н катализаторидан кадмийни ажратиб олиш ва унинг асосида синтезланган ККФ-Н катализатор кўринишида фойдаланишнинг янги циклига жалб қилиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

физик-кимёвий усуллари билан қайта ишланган ККФ катализатори намуналарининг моддий ва кимёвий таркибини ўрганиш;

“Навоийазот” АЖнинг қайта ишланган ККФ-Н катализаторидан кадмийни ажратиб олиш усулини ишлаб чиқиш;

кадмий чиқиндиларидан ККФ-Н катализаторини синтез қилиш усулини ишлаб чиқиш;

“Навоийазот” АЖда ККФ-Н катализаторини олиш учун кадмийни қайта ишлаш тажриба синовини ўтказиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида “Кадмий-кальций-фосфатли (ККФ-Н) катализатор” катализатор таблеткалари, кальций оксиди, кадмий оксиди, фосфор оксиди олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** ККФ-Н катализатори чиқиндисини қайта ишлаш ва уни янги ККФ-Н катализатор олиш жараёнига қайтариш ва синовидан ўтказишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертацияда спектрометрик таҳлиллар учун Perkin-Elmer 3030B, Agilent 7500 ICP ва полярография, кадмий ва кальций сорбцияси учун Purolite C100Н қатрондан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

қайта ишланган қаттиқ ККФ-Н катализаторини турли эритувчилар ёрдамида эритмага ўтказиш қонуниятлари аниқланган;

кадмий-кальций-фосфат-ионларини биргаликдаги эритмасидан, кадмийни ионалмашинувчи смоладан ажратиб олиш схемаси ишлаб чиқилган;

тоза кадмий тузи ёки унинг концентратини ажратиш билан кадмий сақловчи техноген иккиламчи минерал хомашё сифатидаги қайта ишланган ККФ катализаторини ишлаб чиқиш технологияси яратилган;

ишлатилган ККФ катализаторини қайта ишлаш натижасида олинган хомашё компоненти сифатида тоза кадмий тузи ёки унинг концентрати асосида янги ККФ-Н катализаторини синтез қилиш технологияси яратилган;

айланувчан шиша углеродли катодда кадмийни назорат қилишнинг инверсион-полярографик усули (сезгирлиги  $10^{-9}$  % гача) ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

ишлатилган ККФ-катализаторидан ажратиб олинган кадмий хлоридни аралашмалардан (каталитик заҳар) тозалаш усули ишлаб чиқилган;

ишлатилган ККФ-Н-катализаторидан паст концентрацияли кальций ва фосфат ионларини сақловчи кадмий концентратини ажратиб олиш усули ишлаб чиқилган;

ишлатилган ККФ-Ндан кадмийни қайта ишлаб олиш технологияси яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Олинган натижаларнинг ишончлилигини замонавий тадқиқот усулларида фойдаланилганлиги, лаборатория ва кенгайтирилган лаборатория тажриба синовлари ва “Навоийазот” АЖ да ўтказилган саноат тажриба синовлари тасдиқлайди.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқотнинг натижаларининг илмий аҳамияти кадмийни ишлатилган кадмий-кальций-фосфат катализаторидан эритмага ўтказиш учун мақбул шароитларни асослаш, уни кўшимчалардан тозалаш усуллари ишлаб чиқиш ва ацетальдегидни ацетилендан синтез қилиш учун янги катализатор каталитик массаси ҳосил бўлиш реакцияларининг таркибий қисми сифатида фойдаланишга асос бўлади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлатилган кадмий-кальций-фосфат катализаторидан қайта ишлашга яроқли хлорид кислота тузи шаклида кадмийни танлаб ажратиб олиш усуллари ишлаб чиқиш, кадмий тузи ёки унинг концентратидан янги катализаторни синтез қилиш, катализаторни қайта ишлаш жараёнининг технологик харитасини ишлаб

чиқишга ҳамда ўқув муассасаларида кимё ва кимёвий технология соҳаларида магистрлар ва бакалаврларни тайёрлашда ўқув жараёни учун хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги.** ККФ-Н катализаторидан кадмийни қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ишлатилган ККФ-Н катализатори таркибидан кадмийни ажратиб олиш технологияси “Ўзкимёсаноат” АЖнинг “2024-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истикболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Ўзкимёсаноат” АЖнинг 2021 йил 30 августдаги 01-3106-сон маълумотномаси). Натижада бу атроф-муҳит ифлосланишини камайтириш ва қимматбаҳо компонентни ажратиб олиш имконини беради;

ажратилган кадмийдан ККФ-Н катализаторини синтез қилиш технологияси “Ўзкимёсаноат” АЖнинг “2024-2025 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истикболли ишланмалар рўйхати”га киритилган (“Ўзкимёсаноат” АЖнинг 2021 йил 30 августдаги 01-3106-сон маълумотномаси). Натижада бу импорт ўрнини босувчи нисбатан арзон катализатор олиш имконини беради.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 6 та анжуманларда, шу жумладан: 4 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 12 та илмий иш чоп этилган, шу жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссияси томонидан чоп этиш тавсия этилган журналларда 5 та илмий мақола ва 1 та патент.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 113 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг объект ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар тараққиёти устувор йўналишларига мослиги кўриб чиқилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари, уларнинг амалиётга жорий этилишига оид баённомалар тўғрисида маълумотлар келтирилган.

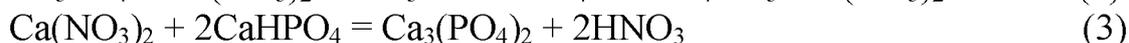
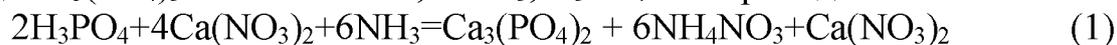
Диссертациянинг **“Кадмий сақловчи хомашёни қайта ишлаш усуллари аналитик кўриб чиқиш”** деб номланган биринчи бобида кадмий чиқиндиларини йўқотиш тўғрисидаги маълумотлар таҳлили берилган: кадмий-никел батареяларини қайта ишлаш, таркибида кадмий бўлган катализаторлар, кадмий-кальций-фосфат катализаторларини синтез қилиш. Ушбу мавзу бўйича чоп этилган нашрлар ҳақида умумий маълумот берилган. Уларнинг танқидий таҳлили асосида ишнинг мақсади ва вазифалари баён этилган.

Диссертациянинг **“Кадмий сақловчи иккиламчи хомашёнинг**

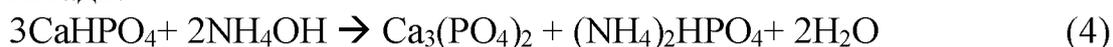
**хусусиятлари, уни қайта ишлашга ёндашувлар”** мавзусидаги **иккинчи бобида** объектларнинг тадқиқот усулларига бағишланган: чиқинди кальций-кадмий-фосфат катализатори (ККФ-Н) ТШ 113-03-00209510-108-2006 “Навоийазот” АЖДа, таркиби, %: СаО 43,85; СdО 11,40; Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> 33,21; аммофос “Аммофос-Максам” АЖДа, рух оксиди “Олмалик КМК” АЖДа, нитрат кислотаси “Максам-Чирчиқ” АЖДа, ККФ-катализатор синтези учун хомашё, катализатор синтези учун хомашё, оғир металл кадмийни қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқиш ва синовдан ўтказиш. Тадқиқотларни таҳлилий аналитик қўллаб-қувватлаш учун Perkin-Elmer 3030В, Agilent 7500 ICP, вольт-амперометрик АВС-1.1. “Максам-Чирчиқ” АЖДа 1% ли кўмир қўшилган ККФнинг суспензияланган массаси таблеткалаштирилди. ККФ-Н катализатор намуналарининг каталитик фаоллиги “Навоийазот” АЖДа, ацетилендан ацетальдегид синтез қилиш қурилмасида амалга оширилди.

Диссертациянинг **“Маҳаллий хомашёдан ККФ катализаторининг лаборатория намуналарини синтез қилиш усулини ишлаб чиқиш”** сарлавҳали **учинчи бобида** технологияси мавжуд эмаслиги сабабли ҳозиргача республикада унинг импорт ўрнини босиш муаммоси ҳал этилмаганлиги қайд этилган.

*“Навоийазот” АЖнинг ККФ катализатори чиқиндиларидан катализатор синтези.* Эритмалар Са(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+Сd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ва (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> керакли моляр нисбатда ҳайдалади. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> эритмаси билан СаНРО<sub>4</sub>·2Н<sub>2</sub>О (қаттиқ фаза) мувозанати ўрнатилади; НРО<sub>4</sub><sup>2-</sup>, топокимёвий ўтиш билан СаНРО<sub>4</sub> асосий тузда Са<sub>5</sub>(РО<sub>4</sub>)<sub>3</sub>ОН ва аксинча, ННО<sub>3</sub>, Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub> иштирокида:



NH<sub>4</sub>ОНнинг локал ва умумий ортиқча микдори мувозанатни ўнгга силжитади:



Пульпа таркибидаги НРО<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ионларининг кўплигисабабли реакция учун шароит яратилади:

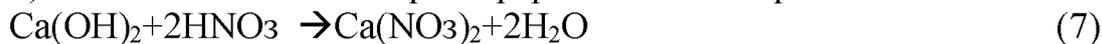


*ККФ катализаторини синтез қилиш жараёнининг схемаси ишлаб чиқилди:*

а) аммоний фосфат эритмасини <35°С ҳароратда (температура) тайёрлаш:



б) кальций ва кадмий нитратлар эритмасини тайёрлаш:



Сd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>- эрийди ва чўккан Са(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> эритмаси билан аралаштирилади;

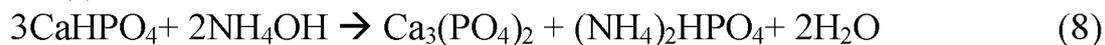
в) фосфатларни чўктириш Са, Сd чўктирувчи эритмаларнинг берилиши ҳисобига:

Са(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+ Сd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ва (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 1,5-2 соат давомида, 20-25°С, рН 6,8-7,1.

г) суспензияни филтрлаш ва чўкмаларни NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ионлардан ювиш.

д) қуриштириш, 100-110 °С ҳароратда чўқиш ва таблеткалаштириш.

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  аралашмасида нитрат кислота борлиги реакциянинг (7) боришини тақозо қилади, ортиқча  $\text{NH}_4\text{OH}$  эса мувозанатни (8) ўннга силжитилади:



$\text{HPO}_4^{2-}$  ионларининг кўпайиши билан реакция учун шароит яратилади:



Маҳаллий хомашёдан олинган ККФ катализатори массаси намуналарининг физик-механик хоссалари ўлчанди (1-жадвал).

**1-жадвал. Каталитик массанинг физик-механик хоссалари**

Кўрсаткич номи	Техник хусусиятлари
Оммавийзичлик, кг/дм <sup>3</sup>	0,9±0,1
Механик мустаҳкамлиги, кг/см <sup>2</sup>	
- қирғичда, %, кўпи билан	12,0
- майдалаш учун, %, кам бўлмаган	90,0

$\text{CaHPO}_4$  эса асосий туз  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  зонага ўтади. рН нинг рН 6,8 дан пасайиши  $\text{P}_2\text{O}_5$ нинг 52% дан ортиқ масса ўсишига ҳисса кўшади. Ҳаддан ташқари тез аммонизацияди-, три-кальций фосфат ва  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$  ҳосил бўлишига олиб келади, шу билан бирга, рН қиймати 7,1 дан юқори бўлган гидроксилпатит, ди-кальций-, дикадмий-фосфат туфайли коллоид ҳосил бўлиши кузатилади.

Жараён параметрлари адабиётларда кўрсатилмаган, шунинг учун улар қайтадан ишлаб чиқилди. Жумладан, рН нинг маҳсулот кўрсаткичларига таъсири ўрганилди (2-жадвал).

**2-жадвал. ККФ маҳсулотининг ТШ 113-03-00209510-108-2006 мувофиқлиги кўрсаткичига рН муҳитнинг таъсири (рН  $\text{NH}_4\text{OH}$  ва  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  томонидан тартибга солинган)**

рН муҳити	Таркиб, % масса			(CdO+ CaO)/ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ТШ 113-03-00209510-108-2006 га мувофиқлиги
	CdO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
6,8-7,1	11,5±1,5	42,5±2,5	45,0±2,0	2,65-2,90	Мос келади
> 7,1	<11,5	<42,5	< 44	2,95	Мос келмайди
< 6,8	<9,5	<40	> 52	2,20	Мос келмайди

*Синтез жараёнининг схемаси:* дастлабки эритмалар, г/дм<sup>3</sup>; 1)  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CdO}$  бўйича, 22,8; 2)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CaO}$  бўйича, 103,6; 3)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , 25% оғирлиги.; 4) аммиакли сув, оғирлиги бўйича 10%. ККФ массасини рН 6,8-7,1 да 90 дақиқа давомида чўктириш;  $\text{NO}_3^-$  ионларини йўқотишгача филтрлаш ва

ювиш; чўкмани 100-110 °С хароратда қуритиш; майдалаш, графит билан аралаштириш (оғирлиги бўйича 1%).

Диссертациянинг “Қайта ишланган ККФ катализаторидан кадмий олиш усулини ишлаб чиқиш” мавзусидаги тўртинчи бобида “Навоийазот” АЖнинг “кадмий-кальций-фосфат катализатори ТШ 113-03-00209510-108-2006”, фойдаланиш муддати 6 ойга етгандан сўнг, кадмийни қайта ишлаш учун лозим эканлиги қайд этилган. Бунинг учун республика ўзининг кадмий хомашёсига эга: “Олмалиқ КМК” АЖнинг рух заводидан кадмий ва “Навоийазот” АЖда сарфланган ККФ катализатори.

“Навоийазот” АЖ чиқиндиларидан кадмий олиш усули. Cd-чиқинди учун эритувчилар кўриб чиқилди (3-жадвал):

### 3-жадвал. ККФ катализатор моддасининг суюқ фазага ўтиш даражаси

Эритувчи, кислота	Бошланғич катализатор массаси, мг	Эритилгандан кейинги катализатор массаси, мг	Эритилиш даражаси, %
Нитрат	1000	30	97
Сульфат	1000	700	30
Сирка	1000	790	21

Нитрат кислотада эриши танланди:  $\kappa:c=1:7$ да, рН 4 ва харорат 70-80°C,  $\delta$  (Cd ажралиб чиқиш даражаси)=65%. Такқослаш учун, HCl-эритмасидан  $\delta=46\%$ , такрорлаш билан эса,  $\delta=57,5\%$ . Чўкмада 95% кальций гидрооксиди ва фосфатлар қолади. Cd ни H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> эритмасидан Zn га цементация қилиш орқали ажратиб олинади ( $\delta=94\%$ ). H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> да эриши  $\delta=26\%$ , қайта эриши – 61% гача.

Эритмани Ca(II)дан гипс ёрдамида тозалаш усули. Ca(II) -ионларидан кутулиш учун гипс усулидан фойдаланилди. 1000 г намуна 0,1 мм ўлчам катталикда майдаланади, 10 дм<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> (1:1) да эритилади ва олинган кўмир суспензияси филтрга берилади.

### 4-жадвал. Кадмийни рН эритма орқали чўктириб олиш даражасига боғлиқлиги

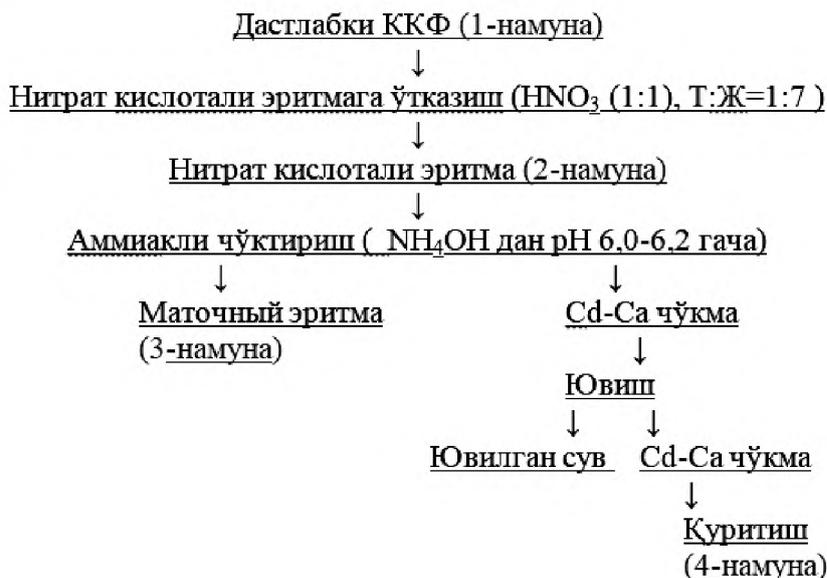
рН	Концентрация Cd, г/л	ККФданCd ажратиб олиш даражаси, %
6,0	3,95	79
6,5	4,25	85
7,5	4,95	97
8,0	4,50	90
8,8	3,50	70

Таркибида кадмий бўган эритмани Ca(II)дан гипслаш йўли билан тозалаш рН~0 гача NaOH кўшиш билан олиб борилди, стехиометрик

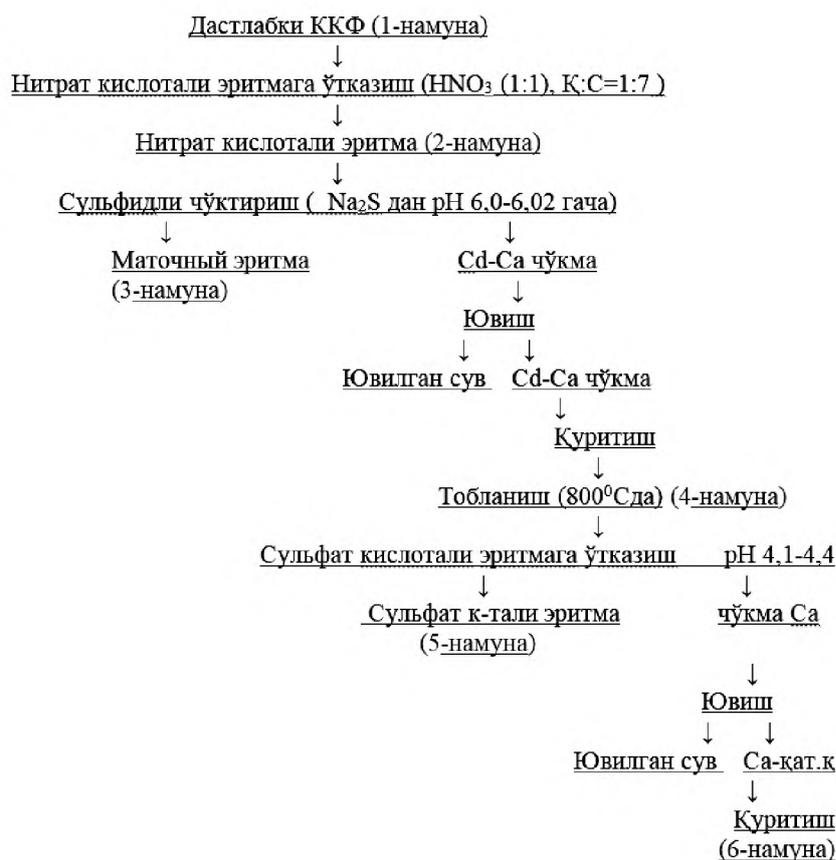
микдорда кўшилди, 990 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , гипс чўктирилди, чўкма 24 соатга қолдирилди (90-95% кальций ажратиб олинди).

### Технологик схема

1-расм. ККФ катализаторини нитрат кислотали эритмага ўтиши билан кадмийни аммиакли чўкиш схемаси



2-расм. ККФ катализатори нитрат кислотали эритмага ўтиши билан кадмийнинг сульфидли чўкиш схемаси



$\text{Cd(II)}$ , “чўктирувчи”ларни самарадорлиги бўйича таққослаш. Нитрат кислота эритмасидан  $\text{Cd(II)}$  чўктиришнинг 2 усули қўлланилди: 1) аммиак билан; 2) сульфид ионлари, чўкма таркиби назорат қилиш билан. Уларни батафсилроқ кўриб чиқиш мақсадга мувофиқ. 1-ҳолатда  $\text{Cd(II)}$ -ионлари қийин эрийдиган кадмий гидроксид чўкмасига айлантирилди (1-расм, 5-

жадвал). 2-ҳолатда натрий сульфид эритмаси ишлатилди (2-расм, 5-жадвал).

5-жадвалдан кўринадики: 1)  $\text{HNO}_3$  эритмадан Cd(II) (74%) ва Ca(II) (99%) ни чўкмага тўлиқ ўтказди; эритмада фосфат-ионлари 46%; 2) иккала чўктирувчи ҳам (аммиак ва сульфид-ионлари) Cd(II)-ионларини ажратиб олишнинг селективлигини таъминламайди.

Cd(II)-, Ca(II)-, фосфатионларининг ажратиб олиш схемаси. Бир қатор мумкин бўлган вариантлардан, катионларнинг сорбцияси учун PuroliteC-100 қатрони танлаб олинди, эритмада фосфат ионлари билан (3-расм). Cd(II) сорбция изотермаси олинди (4-расм).

**5-жадвал. Аммиакли чўктириш усули ёрдамида ККФни (Cd 10%) қайта ишлаш**

Т/р	Намуналарнинг номи	Элемент, мг/г	Элемент, % масс.	Ажралиб чиқиш, %
1	ККФ бошланғич, қаттиқ фаза	Cd 100,13 Ca 294,34 P 156,47	10 29 15	- - -
2	ККФдан нитрат кислота эритмаси орқали кадмийни эритмага ўтказиш	(мг/л) Cd 7400 Ca 28000 P 6900	- - -	74 99 99
Cd(II) аммиакли чўктириш				
3	ККФни нитрат кислотаси ёрдамида эритмага ўтказилган кадмийни аммиакли чўктириш маточли эритмаси	(мг/л) 98,0 7700 12	- - -	
4	Аммиакли чўктиришдаги чўкма (қаттиқ фаза: $\text{CdO-CaO-P}_2\text{O}_5$ )	Cd 78,52 Ca 194,66 P 155,12	- - -	93 61 99
Cd(II) Сульфидли чўктириш				
5	Эритмага ўтган Cd ни сульфидли чўктириш маточли эритмаси	96,0 7500 10,0	- - -	
6	Сульфидли чўктиришдаги чўкма, қаттиқ фаза: $\text{CdS-CaO}$	Cd 79,5 Ca 197,0 P 150,9	- - -	93 60 100

**5-боб “ККФ-катализаторидан кадмийни қайта ишлашнинг комплекс технологияси” деб аталган.** Ушбу усулни кенгайтирилган лаборатория синовларига, Cd эритмасини кальцийдан тозалаш усулини такомиллаштиришга ва “Навоийазот” АЖда кадмийни қайта ишлаш технологиясини тажрибавий синовдан ўтказишга бағишланган.



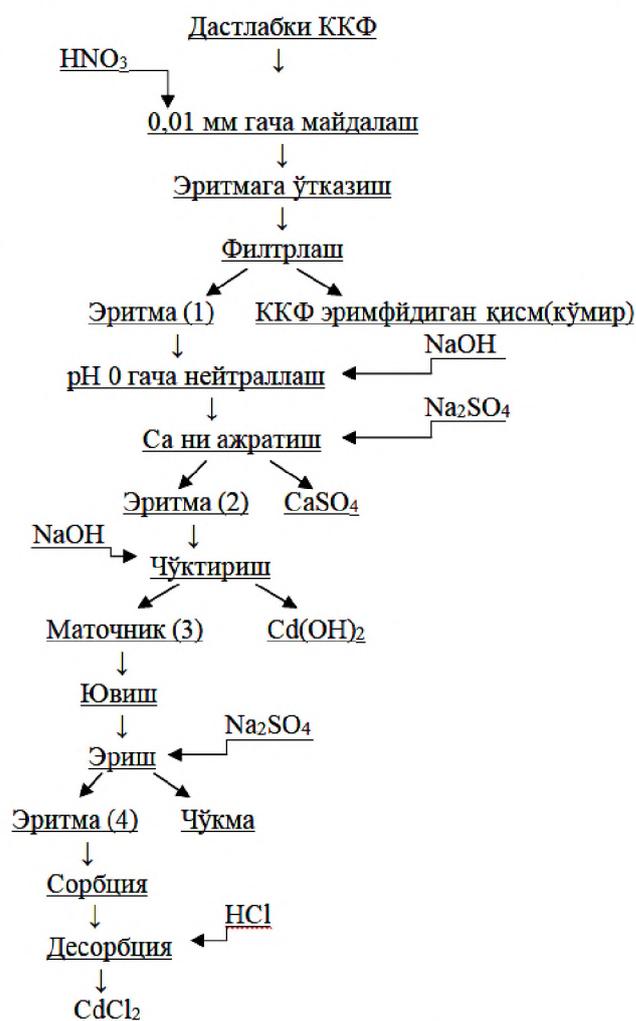
десорбцияси бошланмади. Cd(II)- ионлари ААС методи ёрдамида назорат қилинди (7-жадвал).

7-жадвал. Cd(II) эритмалардаги таркиби (усул: ААС, АAnalyst 200)

Т/р	Технологик эритма	Таркиби Cd, g/L	Ажратиб олинishi Cd, %
1	Кадмийни кадмий гидроксиддан H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ли эритмага ўтказиш	9,60	94,8
2	Cd сорбциясидан кейинги эритма	0,50	
3	Cd десорбциясидан кейинги эритма	9,10	99,8

АВС-1.1 анализаторда (1,5см<sup>3</sup>) аликвотада Cd аниқланди (калибровка 10.0 мг/дм<sup>3</sup> стандарт бўйича): 4,8 г/дм<sup>3</sup>, бу ААС, АAnalyst 200 билан мос келди (8-жадвал).

Кадмийни қайта ишлаш: жараённинг технологик картаси (5-расм). 1000 г ишлатилган ККФ-Н катализаторидан CdCl<sub>2</sub> кўринишда 250 г Сдажратиб олинди, сўнгра CdO. Кадмий учун ККФ катализаторини қайта ишлаш ва унинг асосида янги ККФ катализаторини ва бошқа маҳаллий компонентларни синтез қилишнинг технологик схемалари тузилди. Хомашё: ортофосфат кислота, оғирлиги 25%; CdO сифатида ҳисобланган, 22,8 г/дм<sup>3</sup> Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, қайта ҳисобланганда CaO, 103,6 г/дм<sup>3</sup>, аммиакли сув 10%, режим: рН 6,8÷7,1; вақт 90 дақиқа; қуритиш ККФ 100-110 °Сда; таблеткаләш. ККФ катализатор массасини синтез қилиш усули эритмалар аралашмасини керакли моляр нисбатда кўшишдан иборат бўлди: Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ва (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.



5-расм. Ишлатилган ККФ катализаторини қайта ишлаш технологик схемаси.

\*) ККФ – дахлабки ишлатилган катализаторнинг таркиби ККФ, мг/г: Cd 100,13; Ca 294,336; P 156,467

Шу муносабат билан вольтамперометрик АВС-1.1 ТШ 4300-022-27458903-09 анализаторда айланувчи шиша углеродли катодда (сезгирлиги 10<sup>-9</sup>% гача) кадмийни назорат қилиш инверсион-полярографикли методи

ишлаб чиқилди. Унга кўра, таҳлил қилинадиган эритмани 100000 марта суюлтирилди.

### 8-жадвал. Cd(II) эритмалардаги таркиби: полярограф ABC1.1 ва ААС

Т/р	Технологикэритма	Cd (II), г/л	Топилди Cd, г/л
1	Нитрат кислотали эритма ККФ	4,8	4,9
2	Ca (II)сиз маточли эритма	4,6	4,7
3	Cd (II)сиз маточли эритма	0,0014	0,001
4	Cd(II) сорбциясидан кейинги эритма	0,0011	0,001

Каталитик массани чўктириш  $(CdO+CaO)/P_2O_5=2,8\pm 0,2$  нисбати билан ва фосфор кислотасини рН 8,0-9,4 гача аммонизациялаш, филтрлаш қобилятига эга структурани шакллантириш, “Максам-Чирчик” АЖда “Катализатор кадмий-кальций-фосфатли ККФ-Н” ТШ 113-03-00209510-108-2006 га мувофиқ таблеткалаш, таркиб бўйича, мг/г: Cd 100.13; Ca 294.34; P 156.47 ва хоссалари.

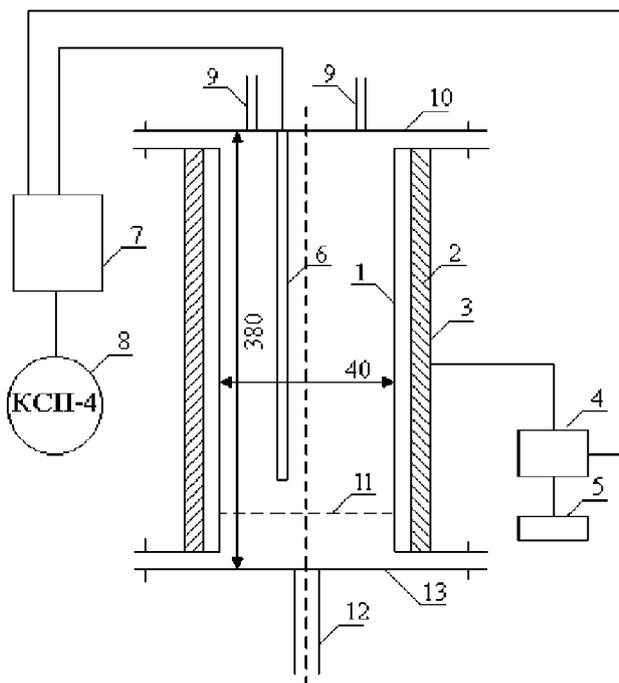
ККФ-катлизаторининг намуналари ацетилендан ацетальдегидни синтез қилиш қурилмасида “Навоийазот” АЖга синовдан ўтказиш учун берилди (6-расм). Тажриба маълумотлари асосида Ўзбекистон Республикаси патентига талабнома берилди. Кадмийни ККФ катализатори синтезининг янги циклига қайтариш билан икки босқичли жараённинг (қайта ишлашнинг) мураккаб технологияси ишлаб чиқилган. Ажратиб олинган кадмий ва реагентлардан ККФнинг каталитик массаси тайёрланиб, “Максам-Чирчик” АЖга топширилди, ККФ катализатор таблеткалари преслаш машинасида пресланди. Олинган намуналар “Навоийазот” АЖга топширилди ҳамда ацетиленнинг ацетальдегидгача бўлган буғ фазали гидрацияси жараёнида синовдан ўтказилди. Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки: “1-сонли ККФ катализаторининг намунаси ацетальдегид учун етарлича юқори селективлик ва унумдорликни кўрсатди. Ацетальдегид учун селективлик 73,28%, унумдорлиги  $33,98 \text{ mg/cm}^3 \cdot \text{h}$ ”.

*Кадмийни қайта ишлаш технологиясини синовдан ўтказиш.* Катализатор намунаси етарлича термал барқарор эмас. Ушбу камчиликни ҳисобга олган ҳолда ККФнинг янги партиялари синтез қилинди. Технология қуйидагича: 1,0 т ишлатилган ККФ катализатори шарли тегирмонда 0,1 мм гача майдаланилди,  $10 \text{ м}^3$  нитрат кислотада (1:1) эритилди.

Эримайдиган қисм (кўмир) филтрланди. ККФ-Н нитрат кислотали эритмасини Ca(II) ионларидан тозалаш қуйидагича амалга ошади: 30% NaOH ни рН~0 гача нейтралланади, қайнагунча қиздирилади, кальций сульфатни чўктириш учун (18) реакция бўйича стехиометрик миқдорда натрий сульфат (990 кг) қўшилади.

6-расм. ККФ-Н катализатори юзасида ацетилендан ацетальдегидни синтез қилиш учун лаборатория қурилма схемаси.

*Белгилари:* 1 - реактор; 2 – иситгич ТЕН-06; 3 - корпус; 4 - трансформатор; 5 - вольтметр; 6 - термокарман; 6 - термopара ТХК; 7 – ҳароратни назорат қилиш мосламаси; 8 - КСП-4 ёзиш мосламаси; 9 – хомашё билан таъминлаш мосламаси; 10 - фланец-крышка; 11 - панжара; 12 – маҳсулот чиқариш мосламаси; 13 -пастки гардиш.



Олинган кальций сульфат чўкмаси филтрлашни осонлаштирадиган структурани “етилиши” учун 24-72 соатга қолдирилади; филтрланади. 95% кальций чўкмага тушади, кальцийни ажратиб олишдан олдинги ва кейинги эритмадаги Cd(II) иони концентрацияси доимий. Филтрат натрий гидрооксид билан рН 6-7 бўлгунча (19) реакцияси бўйича нейтралланади. Тушган кадмий гидрооксид чўкмаси (шу жумладан кальций фосфат) филтрланади, нитрат ионларини йўқотиш учун деионланган сув билан ювилади, 10 м<sup>3</sup> сульфат кислота (конц., 98%) эритмасида (20) реакция бўйича эритилади. Эритмадан кальций фосфат чўкмасини ажратиб олиш учун филтрланади. Фосфат ионларини йўқотиш учун кадмий сульфат эритмаси “Purolite C-100” оркали Н<sup>+</sup>-шаклида соатига 2-3 колонка ҳажм (катрон ҳажми 2,0 м<sup>3</sup>) тезликда ўтказилади.

#### 9-жадвал. ККФ катализатори таркибининг ТШ талабларига мувофиқлиги

ККФдаги бирикманинг улуши, %	Талабнома ТШ 113-03-00209510-108-2006, %	ККФ намунасининг таркиби, %
кальций оксид	42,0-47,0	46±1,5
кадмий оксид	10,0-13,0	12±1,0
фосфор оксид (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	40,0-47,0	45±2,5

Сорбция даражаси 99,9% ни ташкил этади. Ионитли колонкалар рН 7 бўлгунча деионизацияланган сув билан ювилади, кадмий 6 ҳажм НСl (72 г/дм<sup>3</sup>) билан десорбцияланади, каталитик масса, кальций ва фосфатлар аралашмаси билан, ТШ113-03-00209510-108-2006 га мос келиши керак (9-

жадвал). Ундан “Максам-Чирчик” АЖда 1% кўмир билан пресс-машинасида таблеткалар ясалади. Каталитик фаоллик ацетальдегид синтези учун лаборатория курилмасида (габарит  $\varnothing$  40 mm, h380 mm) синовдан ўтказилди, “Навоийазот” АЖ 007 цехининг 650-биноси (0.00 баландлик) да унинг ишлаши учун 33-ПЦ-6 кўлланмаси асосида синовдан ўтказилди. Амалдаги хомашё: ацетилен концентрати таркиби:

$C_2H_2$  96,90 - 98,63 % ҳажм; ўртача.96,37 % ҳажм  
 $H_2$  отс-1,10% ҳажм  
 $N_2$  0,15 -2,23 % ҳажм  
 $CH_4$  отс - 0,24 % ҳажм  
 $CO$  отс - 0,92 % ҳажм  
 $CO_2$  0,054 - 1,95 % ҳажм  
 $O_2$  0,077 - 0,36 % ҳажм  
 $\Sigma$  ВГА\* 0,39- 1,87% ҳажм - ацетиленнинг олий гомологлари.

*Синов шартлари:* юкланган катализаторнинг ҳажми- 200 см<sup>3</sup>(212 г).

Технологик режим кўрсаткичлари:

ацетилен сарфи 50,1 дм<sup>3</sup>

ацетилен ҳажмий тезлиги 241,41 h<sup>-1</sup>

моляр нисбат  $H_2O : C_2H_2(1,031 - 1,612) : 1,330$

катализатор қатлам ҳарорати - 365 °С; орасида 352,5 °С.

Ҳарорат ва компонентлар сарфи ўлчанди. Маҳсулотларнинг таркибий қисми газ хроматографияси орқали таҳлил қилинди. Кирувчи ва чиқувчи газлар таҳлил қилинди. Ҳажмий тезлик газ оқими тезлиги ва ККФ ҳажми, маълум вақт давомида альдегиднинг массаси, ҳажми ва массаси ва ККФ катализаторининг ишлаши билан ҳисоблаб чиқилди. Технологияни синовдан ўтказиш маълумотлари ацетальдегид учун анча юқори селективликни ва самарадорликни кўрсатди (10-жадвал).

### 10-жадвал. ККФ-Н томонидан синтез қилинган намуналарнинг синов натижаси

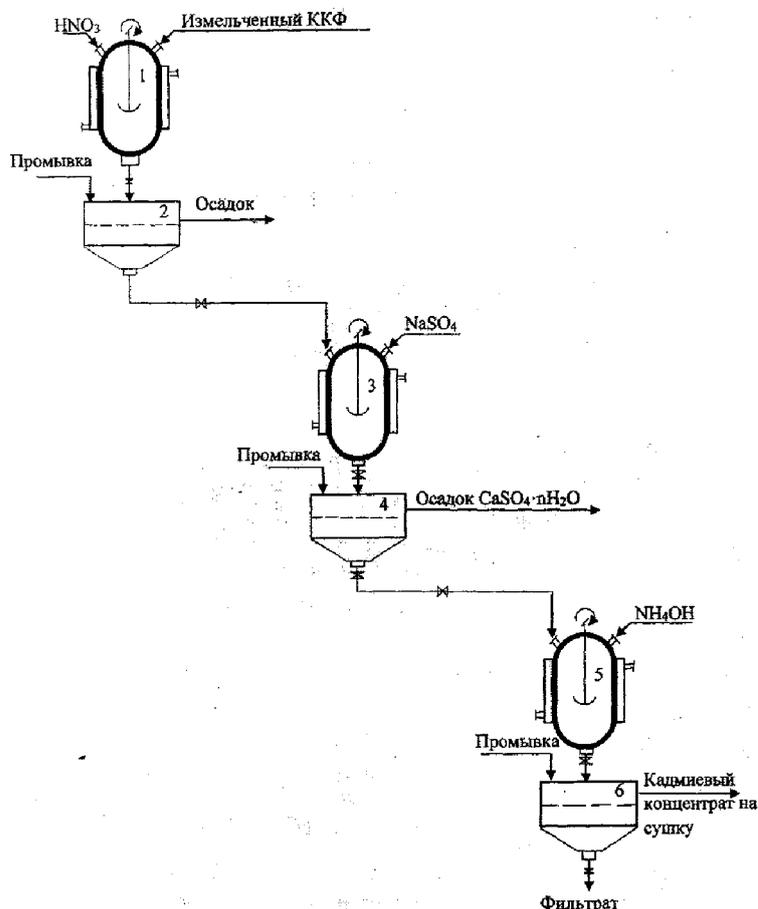
Ацетальдегид учун селективлик	Ацетальдегид учун унумдорлик
Ўртача 73,28%	Ўртача 3,98 mg/cm <sup>3</sup> ·h

Ушбу кўрсаткичлар “Навоийазот” АЖнинг техник хизматлари томонидан уларни ишлаб чиқариш технологиясини янгилаш ҳисобига таъминланди. Шундай қилиб, кадмийни янги ККФ маҳсулотини синтез циклида қайтариш билан ишлатилган техноген кадмий сакловчи минерал хомашё ККФ катализаторида қайта ишлаш технологияси яратилди. Бу ТШ 113-03-00209510-108-2006 талабларига жавоб берадиган ККФ ёки тоза кадмийдан, ёки кадмийли концентрат, унча катта бўлмаган миқдорда кальций ва фосфат ионлари мавжуд бўлган ажратиб олинган кадмийдан ККФ синтезини назарда тутди.

Технология “Навоийазот” АЖда яратилган ККФ катализаторининг

тажриба синовидан ўтди. ККФ катализатор ишлаб чиқариш жараёнининг технологик харитаси тузилди. Тавсия этилган қайта ишлаш технологиясида нитрат кислота (махаллий хомашё) эритмага ўтказиш воситаси сифатида ишлатилди, эритмадан қаттиқ фазали углерод чўкмаси ажратиб олинди, сўнгра мақсадли маҳсулот ишлаб чиқаришга олиб келадиган операциялар бажарилди.

7-расм. Кадмий концентрати учун ККФ катализаторни қайта ишлашнинг мукаммал принципиал схемаси.  
Белгиланиши: 1, 3, 5 – реактор аралаштиргич билан ва буғ қобиғи, қувурли мослама; 2, 4, 6 – фильтрловчи қурилмалар.



*Кадмийни қайта ишлаш технологиясининг модификацияси.* Амалиёт шуни кўрсатадики, тоза кадмийни ажратиш схемаси ишлаб чиқаришга етарлича мослаштирилмаган, муайян ортиқчалик мавжуд. Ярим маҳсулот сифатида тоза кадмий эмас, балки каталитик фаоллик ва таркибга салбий таъсир кўрсатмайдиган миқдордаги Ca(II) ва фосфат ионларини ўз ичига олган кадмий концентратини олиш билан уни соддалаштириш зарурати юзага келди, чунки синтез таркибий қисмлари уларни ўз ичига олади. Юқоридагиларни инобатга олган ҳолда, ишлатилган ККФ катализаторидан ажратиш учун соддалаштирилган схема ишлаб чиқилди, хомашё сифатида - ярим маҳсулот, тоза кадмий ўрнига Ca(II) ва фосфат ионлари аралашмаси бўлган кадмий концентрати ишлатилди (натигага таъсир қилмайдиган), синтезнинг мажбурий таркибий қисмлари уларни ўз ичига олади (6-расм).

## ХУЛОСА

1. Эритувчиси нитрат кислота ( $K:C = 1:7$ )  $pH=4$ ; ҳарорат  $70-80\text{ }^{\circ}C$  бўлган қайта ишланган катализатор ККФдан кадмий ажратиб олиш усули ишлаб чиқилди. Кальций ионларидан холос бўлиш учун гипслаш усули қўлланилди, бунда нитрат кислотани  $pH=0$  бўлгунча натрий сульфат кўшиб нейтралланади. Кадмий сакловчи филтрат  $pH=7,5$  гача нейтралланади, филтратдаги кальций фосфат қолдиқлари бор кадмий гидрооксиди нитрат ионларидан ювилади ва сульфат кислотада эритилади. Эритмадаги  $Cd$ ,  $Ca$  ва фосфат ионларининг ажратилиши катионларни Purolite C-100H (фосфат ионлари-эритмада) катронда сорбция натижасида амалга оширилди.

2. Кадмий сакловчи эритмани тозалаш усули гипсни  $100\text{ }^{\circ}C$ да чўктириш (эрувчанлик минимуми:  $0,162\%$ ) билан қайта ишланган катализатордаги темирдан тозалаш учун кадмий ва темирни Purolite C-100H катронда сорбцияси билан, кадмийнинг хлорид кислотаси ёрдамида десорбцияси (бунда темир (III) катионларининг десорбцияси  $Cd(II)$ ни десорбцияси тугамагунча бошланмай турган) билан асосланди.

3. Кальцийни қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган, биринчи қисм – кадмийни ажратиб олиш, иккинчи қисм – янги ККФ катализатори синтези; хомашё: ортофосфор кислотаси,  $25\%$  оғирлик;  $CdO$   $22,8\text{ г/дм}^3$ ;  $Ca(NO_3)_2$  қайта ҳисобланганда  $CaO$  га нисбатан  $103,6\text{ г/дм}^3$ ;  $10\%$  ли аммиакли сув, режим  $pH$   $6,8-7,1$ ; вақт  $90$  дақиқа; қуритиш  $100\text{ }^{\circ}C$ да; таблеткаш. Бу усул эритмалар  $(Cd + CaO)/P_2O_5 = 2,8 \pm 0,2$  нисбатда аралашшига фосфат кислотани  $pH$   $8,0-9,4$  гача аммонийланишига ККФ таркиби ТШ -03-00209510-108-2006 талабларига мос келиши билан асосланди.

4. “Навоийазот” АЖда синтез қилинган ККФ катализатор намуналарида тажриба синов тадқиқотлари ўтказилди, жараён ацетиленни ацетальдегидгача қўш фазали гидротациялаш жараёни борадиган қурилмада (ишлатиш бўйича қўлланма ЗЗ-ПЦ-6 га асосан) амалга оширилди. Олинган маҳсулотнинг таркибий қисмини (кирувчи ва чиқувчи газлар) газли хроматография усулида аниқланди. Селективлик  $73,28\%$ , ацетальдегид бўйича унумдорлик  $33,99\text{ мг/см}^3 \cdot \text{h}$  га етказилди.

5. Кадмийни қайта ишлаш усули ишлаб чиқаришда етарли эмаслиги сабабли бу жараённи кадмий оксиди ўрнига кадмий концентратини ажратишнинг (таркибида  $Ca(II)$  ва фосфат ионларининг қолдиқ миқдорлари бўлган), катализатор таркиби ва каталитик фаоллиги ноҳўя таъсир қилмайдиган ҳолда, соддалаштирилган усули ишлаб чиқилди. Мос келувчи жараённинг соддалаштирилган схемаси ишлаб чиқилди.

6. Вольтамперометрик АВС-1.1 ТШ  $4300-022-27458903-09$  анализаторида айланувчи шиша углеродли катодда (сезгирлик  $10^{-9}\%$  гача) кадмийни назорат қилишнинг инверсион-полярографик усули ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И  
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**ЖУМАНАЗАРОВ АКМАЛ РУЗИКУЛОВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КАДМИЯ ИЗ ОТРАБОТАННОГО  
КАДМИЙ-КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНОГО КАТАЛИЗАТОРА С  
ВОВЛЕЧЕНИЕМ ЕГО В НОВЫЙ ЦИКЛ СИНТЕЗА КАТАЛИЗАТОРА**

**02.00.19 – Химическая технология редких, благородных и радиоактивных элементов  
02.00.14 - Технология неорганических веществ и материалов на их основе**

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

**Ташкент 2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2022.4.PhD/T3261.

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

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

**Научные руководители:** **Гуро Виталий Павлович**  
доктор химических наук, профессор  
**Дадаходжаев Абдулла Турсунович**  
доктор технических наук, профессор

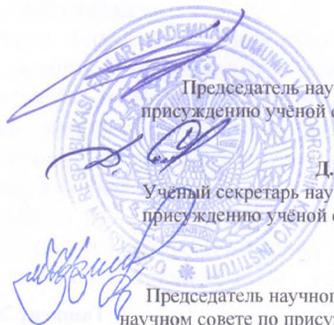
**Официальные оппоненты:** **Намазов Шафоат Саттарович**  
доктор технических наук, академик  
**Рузиев Улугбек Незматович**  
доктор философии по техническим наукам, PhD

**Ведущая организация:** **Ташкенский химико-технологический институт**

Защита состоится «18» апреля 2023 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 при Институте Общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан по адресу: 1000170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а.Тел.: (99871) 262-56-60, Факс: (99871) 2627990, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Институте общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан (зарегистрирована за № 32) по адресу: 1000170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60.

Автореферат диссертации разослан 3 апреля 2023 г.  
(реестр протокола рассылки № 32 от 3 апреля 2023 г.).



**Б.С. Закиров**  
Председатель научного совета по  
присуждению учёной степени, д.х.н.,  
профессор

**Д.А. Салиханова**  
Учёный секретарь научного совета по  
присуждению учёной степени, д.т.н.,  
профессор

**Ш.С. Намазов**  
Председатель научного семинара при  
научном совете по присуждению учёной  
степени, д.т.н., профессор, академик

## **ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации на ученую степень (PhD)).**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире ведётся ряд исследований, направленных на снижение экологической нагрузки от техногенных отходов, определение и извлечение тяжелых металлов (включая кадмий) по Протоколу Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Извлечение радиоактивных, тяжелых и цветных металлов из твердых отходов предотвращает не только экологические проблемы, но и даёт возможность возвращать благородные ресурсы с систему. Такое внимание обусловлено тем, что антропогенная эмиссия кадмия превышает природную и показывает актуальность проблемы их снижения.

В мировой практике проводятся научные исследования по технологиям переработки техногенных отходов металлургической промышленности, содержащих кадмий, и получению из них новых продуктов. В этом направлении, особое внимание уделяется: определению физико-химического состава отходов металлургической промышленности, определению физико-химическими методами переработки содержания вещественного и химического состава образцов катализатора ККФ-Н; разработке способа извлечения кадмия из катализатора ККФ-Н; разработке метода синтеза катализатора ККФ-Н из кадмий содержащих отходов.

В республике достигаются определенные теоретические и практические результаты в переработке техногенных отходов металлургической промышленности и создании продукции с высокой добавленной стоимостью из местного сырья. В третьем направлении Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы поставлены такие задачи, как: «...продолжить реализацию промышленной политики, направленной на обеспечение устойчивости национальной экономики, повышение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и увеличение объема промышленной продукции в 1,4 раза...»<sup>1</sup>. В связи с этим актуальны исследования по переработке кадмий содержащих техногенных отходов, превращению их во вторичное сырье.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», от 30 октября 2019 года УП-5863 «Об утверждении концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года», Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и связанных с ним других направлений», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 г. ПФ-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы»

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в Республике Узбекистан: VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** Значительный вклад в развитие науки и практики комплексной переработки техногенных отходов, содержащих тяжелые металлы, внесли зарубежные и отечественные ученые: Зеликман А.И., Никольский Б.П., Марченко Н. В., Вершинина Е. П., Барашев А.Р., Мамяченков С. В., Анисимова О.С., Гришин С.В., Холин Ю. Ю., Волынский В.В., Чернышев Д. О., Jozef Plachy, Tomoyuki Shiraishi, Masao Tamadab, Kyouichi Saito, Takanobu Sugob, Jae-chun Lee, Hai Trung Huynh and Jinki Jeong, Mahdi Gharabagh и др. В Узбекистане внимание к проблемам создания экологически чистых технологий переработки техногенного сырья, содержащего тяжелые цветные металлы, содержащего тяжелые металлы, уделяли: Шарипов Х.Т., Якубов М.М., Юсупходжаев А.А., Санакулов К.С., Сагтаров Г.С., Хасанов А.С., Исмаатов Х. Р., Аллабергенев Р.Д. Анализ литературных данных, обращение к мировому опыту разработок в этой области показали, что в открытых публикациях сведения, касающиеся переработки кадмий-содержащего техногенного сырья, рециклинга отработанных продуктов на его основе, ограничены.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где была выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института общей и неорганической химии и прикладных проектов, в рамках практического проекта ПЗ-201709202 «Разработка технологии извлечения кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного (ККФ) катализатора с вовлечением его в новый цикл синтеза катализатора» (2018-2020 гг.).

**Целью исследования** является разработка технологии извлечения кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора ККФ-Н с вовлечением его в новый цикл использования в виде синтезированного ККФ-Н катализатора.

**Задачи исследования:**

изучение вещественного и химического состава проб отработанного ККФ катализатора физико-химическими методами исследования;

разработка способа извлечения кадмия из отработанного ККФ-Н катализатора АО «Навоийазот»;

разработка способа синтеза ККФ-Н катализатора из извлеченного из отходов кадмия;

проведение опытно-промышленного испытания технологии рециклинга кадмия и полученного катализатора ККФ-Н в АО «Навоийазот».

**Объектом исследования** является «Катализатор кадмий-кальций-фосфатный (ККФ-Н)», таблетки катализатора, оксид кальция; оксид кадмия; оксид фосфора;

**Предметом исследования** является переработка отхода катализатора ККФ-Н и его рециклинг на новый катализатор ККФ-Н и его испытание.

**Методы исследования:** Элементный анализ образцов выполнялся спектрометрически (Perkin-Elmer 3030В), (Agilent 7500 ICP) и полярографически. Сорбция кадмия и кальция выполнялась на ионообменной смоле Purolite C100Н.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

определены закономерности перевода в раствор, путем применения различных растворителей, твердого отработанного катализатора ККФ-Н;

обоснованно выбрана схема разделения кадмия-, кальция-, фосфат-ионов в совместном растворе, с селективной сорбцией кадмия на ионообменной смоле;

создана технология переработки техногенного кадмий-содержащего минерального вторичного сырья - отработанного ККФ катализатора, с выделением чистой соли кадмия или его концентрата;

создана технология синтеза нового ККФ-Н катализатора на основе чистой соли кадмия или его концентрата, в качестве компонента сырья, полученной в результате переработки отработанного ККФ катализатора;

создан инверсионно-полярографический метод контроля кадмия на вращающемся стеклоуглеродном катоде (чувствительность до  $10^{-9}$  %).

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработан способ очистки от примесей (каталитических ядов) извлекаемого из отработанного ККФ-катализатора хлорида кадмия;

разработан способ извлечения из отработанного ККФ-Н катализатора кадмиевого концентрата, содержащего низкие концентрации кальция и фосфат-ионов.

создана технология рециклинга кадмия из отработанного ККФ-Н.

**Достоверность полученных результатов** обоснована применением современных методов исследований, объемом лабораторных и укрупненно-лабораторных экспериментов и проведенным в АО «Навоийазот» опытно-промышленным испытанием.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость исследовательской работы заключается в обосновании оптимальных условий перевода в раствор кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора, разработке способов очистки его от примесей и использовании в качестве компонента реакции образования каталитической массы нового катализатора синтеза ацетальдегида из ацетилена.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке способов селективного извлечения кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора в виде солянокислой соли, пригодной для рециклинга, синтеза нового катализатора из выделенной соли кадмия или его концентрата, разработке технологической карты процесса переработки катализатора, проведении их испытаний в АО «Навоийазот».

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по разработке технологии извлечения кадмия при переработке катализатора ККФ-Н:

технология извлечения кадмия из отработанного катализатора ККФ-Н включена в Перечень перспективных разработок для внедрения в 2024-2025 годах АО «Узкимёсаноат» (справка АО «Узкимёсаноат» № 01-3106 от 30 августа 2021 г.). В результате создается возможность сокращения загрязнения окружающей среды и извлечения ценного компонента;

технология синтеза катализатора ККФ-Н из выделенного кадмия включена в Перечень перспективных разработок для внедрения в 2024-2025 годах АО «Узкимёсаноат» (справка АО «Узкимёсаноат» № 01-3106 от 30 августа 2021 г.). В результате стало возможным получить относительно дешевый заменитель импортного катализатора.

**Апробация результатов исследования.** Результаты работы доложены и обсуждены на 6 конференциях, из них 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 12 научных работ, получен 1 патент Республики Узбекистан. Из них 5 научных статей, в том числе в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна, приводятся научная и практическая значимость, а также сведения о внедрении результатов исследования.

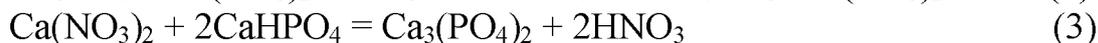
**В первой главе** диссертации под названием «**Аналитический обзор способов переработки кадмий-содержащего сырья**» приведен анализ сведений об утилизации техногенных отходов кадмия: способы переработки кадмий-никелевых батарей, синтез кадмий-содержащих катализаторов и кадмий-кальций-фосфатных катализаторов. Приведен обзор публикаций по этой тематике. На основе их критического анализа изложены цели и задачи работы.

**Вторая глава** по теме «**Характеристика кадмий-содержащего вторичного сырья, подходы к его переработке**» посвящена методам исследования объектов: отработанного катализатора кальций-кадмий-фосфатного (ККФ-Н) ТУ 113-03-00209510-108-2006 АО «Навоийазот»,

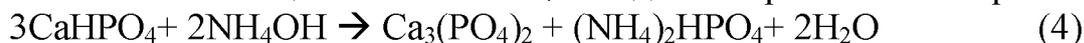
состава, %: CaO 43,85; CdO 11,40; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 33,21; аммофоса АО «Аммофос-Максам», оксида цинка АО «Алмалыкский ГМК», азотной кислоты АО «Максам-Чирчик», сырья для синтеза ККФ-катализатора, разработки и испытания технологии рециклинга тяжелого металла кадмия. Для аналитической поддержки исследований применялись анализаторы спектрометрические Perkin-Elmer 3030В, Agilent 7500 ICP, вольтамперометрический АВС-1.1. Суспензированная масса ККФ с 1% угля таблетировалась в АО «Максам-Чирчик». Контроль каталитической активности образцов катализатора ККФ-Н выполнялся в АО «Навоийазот» на установке синтеза ацетальдегида из ацетилену.

**В главе 3 «Разработка способа синтеза лабораторных образцов катализатора ККФ из местного сырья»** отмечено, что в настоящее время в республике из-за отсутствия технологии проблема его импортозамещения не решена.

*Синтез катализатора из отхода ККФ катализатора АО «Навоийазот».* Растворы Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> сливают в требуемом молярном соотношении. Устанавливается равновесие CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O (твердой фазы) с раствором NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, с топомхимическим переходом CaHPO<sub>4</sub> в основную соль Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>OH и обратно, в присутствии HNO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>:



Локальный и общий избыток NH<sub>4</sub>OH сдвигает равновесие вправо:



При избытке в пульпе ионов HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> создаются условия для реакции:



*Разработана схема процесса синтеза катализатора ККФ:*

а) приготовление раствора фосфата аммония при температуре <35°C:



б) приготовление раствора нитратов кальция и кадмия



Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>- растворяют и смешивают с отстоявшимся раствором Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>;

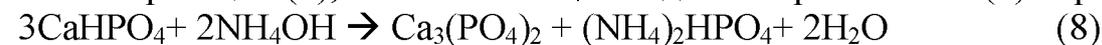
в) осаждение фосфатов Ca, Cd за счет подачи в осадитель растворов: Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+ Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> в течение 1,5-2 ч, при 20-25°C, pH 6,8-7,1.

г) фильтрование суспензии и промывка осадка от NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ионов.

д) сушка, осадка при температуре 100-110 °C и таблетирование.

Измерены физико-механические свойства образцов полученной массы ККФ-катализатора из местного сырья (табл. 1).

Присутствие азотной кислоты в смеси Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> способствует протеканию реакции (7), а избыток NH<sub>4</sub>OH сдвигает равновесие (8) вправо:



При нарастании избытка ионов HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> создаются условия для реакции:



а CaHPO<sub>4</sub> переходит в основную соль Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>OH. Снижение pH ниже

pH 6,8 способствует увеличению доли P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в массе более 52%. излишне быстрая аммонизация приводит к образованию ди-, три-кальций фосфата и Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·Ca(OH)<sub>2</sub>, при этом наблюдается коллоидообразование из-за гидроксил-апатита, дикальций-, дикадмий-фосфатов при pH более 7,1.

**Таблица 1. Физико-механические свойства каталитической массы**

Наименование показателя	Техническая характеристика
Насыпная плотность, kg/dm <sup>3</sup>	0,9±0,1
Механическая прочность, kg/cm <sup>2</sup> - на истирание, %, не более - на раздавливание, %, не менее	12,0 90,0

Параметры процесса не отражены в литературе, поэтому их разработали заново. В частности, изучено влияние pH на показатели продукта (табл. 1).

**Таблица 2. Влияние pH среды на показатель соответствия продукта ККФ ТУ 113-03-00209510-108-2006 (pH регулирован NH<sub>4</sub>OH и (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)**

pH среды	Содержание, % масс			(CdO+CaO)/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Соответствие ТУ 113-03-00209510-108-2006
	CdO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
6,8-7,1	11,5±1,5	42,5±2,5	45,0±2,0	2,65-2,90	Соответствует
> 7,1	<11,5	<42,5	< 44	2,95	Не соответствует
< 6,8	<9,5	<40	> 52	2,20	Не соответствует

*Схема процесса синтеза:* исходные растворы, g/dm<sup>3</sup>; 1) Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, в пересчете на CdO, 22,8; 2) Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, в пересчете на CaO, 103,6; 3) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 25% вес.; 4) аммиачная вода, 10% вес. Осаждение ККФ массы при pH 6,8-7,1 в течение 90 минут; фильтрация и промывка до удаления ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; сушка осадка при температуре 100-110 °С; дробление, смешивание с графитом (1% вес).

**В главе 4 «Разработка способа извлечения кадмия из отработанного ККФ-катализатора»** отмечено, что «Катализатор кадмий-кальций-фосфатный ТУ 113-03-00209510-108-2006» АО «Навоийазот», по достижении ресурса эксплуатации 6 месяцев, пригоден для рециклинга кадмия. Республика обладает своим кадмиевым сырьем: кадмий цинкового завода АО «Алмалыкский ГМК» и отработанный катализатор ККФ в АО «Навоийазот».

*Способ извлечения кадмия из отхода АО «Навоийазот».*

Рассмотрены растворители Cd-отхода (табл. 3).

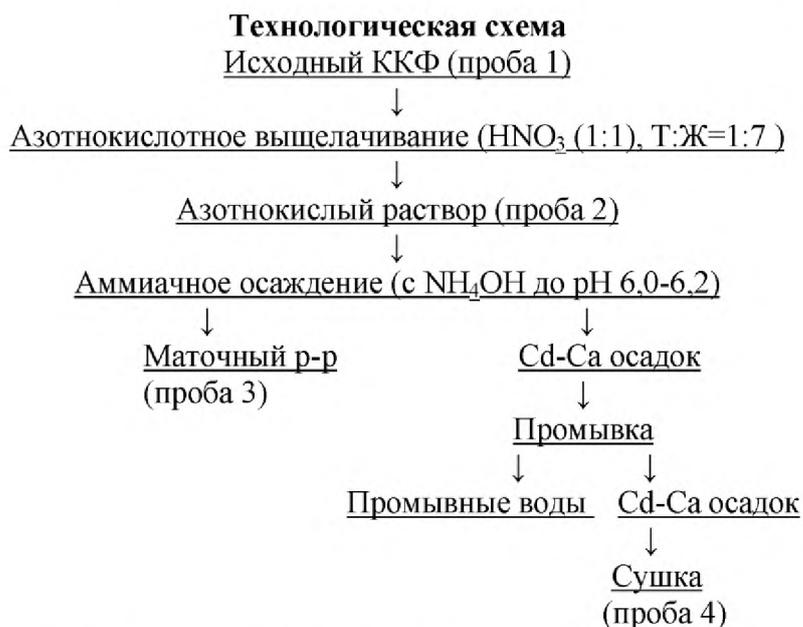
**Таблица 3. Степень перевода материала катализатора ККФ в жидкую фазу**

Растворитель, кислота	Масса исходная катализатора, мг	Масса катализатора после растворения, мг	Степень растворения, %
Азотная	1000	30	97
Серная	1000	700	30
Уксусная	1000	790	21

**Таблица 4. Влияние pH раствора осаждения кадмия на степень извлечения**

pH	Концентрация Cd, г/л	Степень извлечения Cd из ККФ, %
6,0	3,95	79
6,5	4,25	85
7,5	4,95	97
8,0	4,50	90
8,8	3,50	70

Рис. 1. Схема азотнокислого выщелачивания катализатора ККФ с аммиачным осаждением кадмия



*Способ очистки раствора от Ca(II) гипсованием.* Для избавления от Ca(II)-ионов использован метод гипсования. Навеска образца массой 1000 г измельчена до 0,1 мм размера, растворена в 10 дм<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> (1:1) образовавшаяся угольная суспензия подана на фильтр. Очистку кадмий-содержащего раствора от Ca(II) гипсованием провели добавкой NaOH до pH~0, добавили стехиометрическое количество, 990 г Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, осадил гипс, оставили осадок на 24 ч (выделили 90-95% Ca). Маточный раствор контролировался по содержанию кадмия. Фильтрат нейтрализован 10 М раствором NaOH до pH 6-7, при pH 7,5 – максимум,  $\delta = 97\%$  (табл. 4).

Осадок Cd(OH)<sub>2</sub> со следами Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> отфильтровали, отмывали от нитрат-ионов, растворяли в 10 дм<sup>3</sup> 1М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.





вариантов, выбрана сорбция катионов на смоле Purolite C-100, в  $H^+$ -форме, с фосфат-ионами в растворе (рис. 3). Получена изотерма сорбция Cd(II) (рис. 4).

**Глава 5 «Комплексная технология рециклинга кадмия из ККФ-катализатора»** посвящена укрупненному лабораторному испытанию способа, совершенствованию метода очистки Cd-раствора от кальция и опытно-промышленному испытанию технологии рециклинга кадмия в АО «Навоийазот».

При разработке комплексной технологии переработки ККФ-катализатора, во-первых, были использованы наработки двух способов: азотнокислого растворения с очисткой раствора от Ca(II), а также синтеза нового катализатора ККФ. Способы масштабированы в рамках опытно-промышленного испытания. В ходе испытания, способ очистки Cd-раствора от кальция был модифицирован: осаждение гипса вели из горячего раствора (при температуре 100 °C растворимость  $CaSO_4$  минимальна: 0,162%), осадок, при стехиометрии  $Na_2SO_4$  и pH 0, выдерживали 24 ч (табл. 6).

**Таблица 6. – Содержание элементов при сульфатном осаждении**

Наименование пробы	Содержание элементов, мг/л	
	Состав раствора азотнокислого выщелачивания ККФ до очистки от Ca (II)	Cd
P		29000
Ca		14600
Маточный раствор после сульфатного осаждения Ca (II)	Cd	9650
	P	197,0
	Ca	144,9

Модификация способа вызвана также загрязнением катализатора Fe(III)-ионами, видимо, из газа. Очистка кадмия от железа и фосфат-ионов выполнена на смоле Purolite C-100 в  $H^+$ -форме: сорбировали Cd(II) (степень сорбции 99,9%) и Fe(III)-ионы, но не фосфат-ионы. При десорбции Cd(II)-ионов 2 М HCl степень их десорбции = 98%, а извлечения 95-98%. Десорбция Fe(III)-ионов не начиналась до конца десорбции Cd(II). Контроль Cd(II)-ионов осуществляли методом ААС (табл. 7).

**Таблица 7. – Содержание Cd(II) в растворах (метод ААС, АAnalyst 200)**

№	Технологический раствор	Содержание Cd, g/L	Извлечение Cd, %
1	$H_2SO_4$ выщелачивания кадмия из гидроксида кадмия	9,60	94,8
2	Раствор после сорбции Cd	0,50	
3	Раствор после десорбции Cd	9,10	99,8

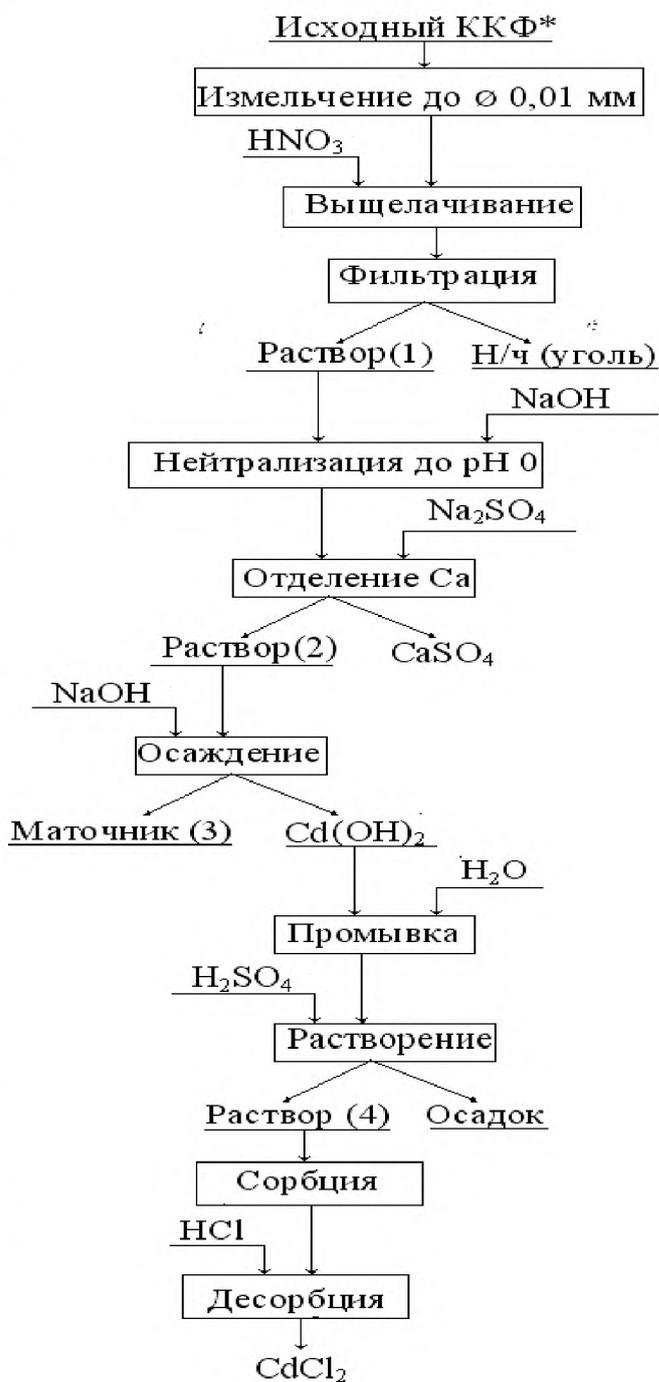
*Электрохимический контроль кадмия в растворах.* По мере развития темы исследования стало актуальным применение высокочувствительного

метода контроля кадмия в технологических и сбросных растворах переработки ККФ-катализатора. В этой связи разработан инверсионно-полярографический метод контроля кадмия на вращающемся стеклоуглеродном катоде (чувствительность до  $10^{-9}$  %) на анализаторе вольтамперометрическом АВС-1.1 ТУ 4300-022-27458903-09. Согласно ей, анализируемый раствор разбавляли в 100000 раз. На анализаторе АВС-1.1 в аликвоте ( $1,5\text{см}^3$ ) определили Cd (калибровка по стандарту  $10,0\text{ мг/дм}^3$ ):  $4,8\text{ г/дм}^3$ , что совпало с ААС, АAnalyst 200 (табл. 8).

*Рециклинг кадмия:*  
 технологическая карта процесса (рис. 5). Из 1000 г отработанного катализатора ККФ-Н извлечено 250 г Cd в форме  $\text{CdCl}_2$ , затем  $\text{CdO}$ . Составлены технологические схемы переработки катализатора ККФ на кадмий и синтеза на его и других местных компонентов основе, нового катализатора ККФ. Сырье: ортофосфорная кислота - 25% вес;  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ , в пересчете на  $\text{CdO}$ ,  $22,8\text{ г/дм}^3$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , в пересчете на  $\text{CaO}$ ,  $103,6\text{ г/дм}^3$ , аммиачная вода 10%, режим: pH  $6,8\div 7,1$ ; время 90 мин; сушка ККФ при  $100\text{-}110\text{ }^\circ\text{C}$ ; таблетирование. Способ синтеза катализаторной массы ККФ заключался в сливании смеси растворов, в требуемом молярном соотношении:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  и  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ .

Рис. 5. Технологическая схема переработки отработанного катализатора ККФ.

\* ККФ - состав исходного отработанного катализатора ККФ, мг/г: Cd 100,13; Ca 294,336; P 156,467 (справа).



**Таблица 8 – Содержание Cd(II) в растворах: полярограф АВС1.1 и ААС**

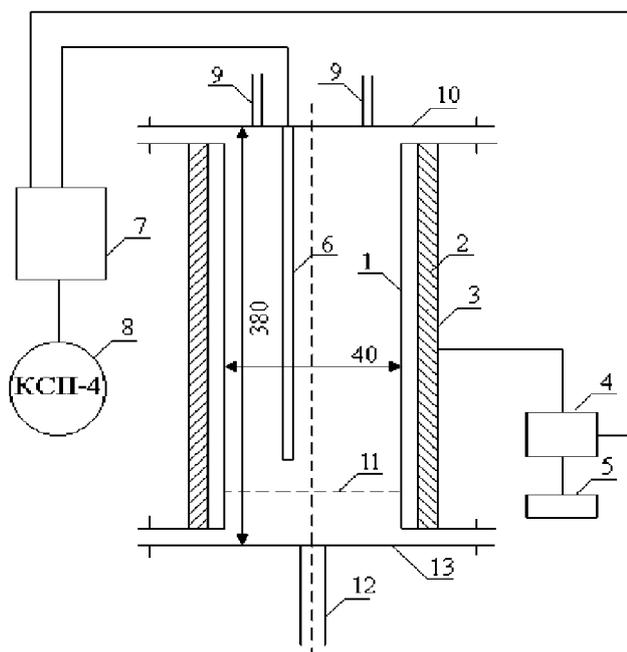
№	Технологический раствор	Cd (II), g/l	Найдено Cd, g/l
1	Азотнокислый раствор ККФ	4,8	4,9
2	Маточный раствор без Ca (II)	4,6	4,7
3	Маточный раствор, без Cd (II)	0,0014	0,001
4	Раствор после сорбции Cd (II)	0,0011	0,001

Осаждение каталитической массы с отношением  $(\text{CdO}+\text{CaO})/\text{P}_2\text{O}_5=2,8\pm 0,2$  и аммонизацией фосфорной кислоты до pH 8,0-9,4, формированием структуры, способной к фильтрации, таблетированию в АО «Максам-Чирчик», в соответствии «Катализатор кадмий-кальций-фосфатный ККФ-Н» ТУ 113-03-00209510-108-2006, по составу, мг/г: Cd 100.13; Ca 294.34; P 156.47 и свойствам.

Образцы ККФ-катализатора переданы в АО «Навоийазот» на испытание в установке синтеза ацетальдегида из ацетилена (рис. 6). На основе экспериментальных данных подана Заявка на патент Республики Узбекистан. Разработана комплексная технология двухстадийного процесса (рециклинга), с возвратом кадмия в новый цикл синтеза катализатора ККФ. Из выделенного кадмия и реагентов изготовлена каталитическая масса ККФ, передана в АО «Максам-Чирчик», где на пресс-автомате запрессованы таблетки катализатора ККФ. Полученные образцы переданы в АО «Навоийазот», где испытаны в процессе парофазной гидратации ацетилена до ацетальдегида. В заключении можно сказать: «Образец катализатора ККФ №1 показал достаточно высокую селективность и производительность по ацетальдегиду. Селективность по ацетальдегиду - 73,28%, производительность 33,98 mg/cm<sup>3</sup>·h».

Рис. 6. Схема лабораторной установки синтеза ацетальдегида из ацетилена на поверхности ККФ-Н катализатора.

Обозначение: 1 - реактор; 2 - нагреватель ТЭН-06; 3 - кожух; 4 - трансформатор; 5 - вольтметр; 6 - термокарман; 6' - термопара ТХК; 7 - регулятор температуры; 8 - самописец КСП-4; 9 - штуцер подачи сырья; 10 - фланец-крышка; 11 - сетка; 12 - штуцер вывода продуктов; 13 - фланец-днище.



*Испытание технологии рециклинга кадмия.* Образец катализатора термически недостаточно стоек. Учитывая этот недостаток, синтезированы новые партии ККФ. Технология, следующая: 1,0 т отработанного катализатора ККФ измельчают в шаровой мельнице до 0,1 мм, растворяют в 10 м<sup>3</sup> азотной кислоты (1:1). Не растворившуюся часть (уголь) отфильтровывают. Очистку азотнокислого раствора ККФ-Н от ионов Са(II) проводят следующим образом: нейтрализуют 30% NaOH до pH~0, нагревают до кипения, добавляют стехиометрическое количество Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> сульфата натрия (990 кг) для осаждения сульфата кальция по реакции (18). Полученный осадок сульфата кальция оставляют на 24-72 ч для «созревания» структуры, облегчающей фильтрование; отфильтровывают. Осаждается 95% кальция, концентрация ионов Cd(II) в растворах до и после отделения кальция постоянна. Фильтрат нейтрализуют гидроксидом натрия до pH 6-7 по реакции (19). Выпавший осадок гидроксида кадмия (включая фосфат кальция) отфильтровывают, промывая деионизированной водой для удаления нитрат-ионов, растворяют в 10 м<sup>3</sup> раствора серной кислоты (концентрат, 98%) по реакции (20). Раствор для отделения от осадка фосфата кальция отфильтровывают. Для устранения фосфат-ионов раствор сульфата кадмия пропускают через катионит “Purolite C-100” в H<sup>+</sup>-форме со скоростью 2-3 объема колонки в час (объем смолы 2,0 м<sup>3</sup>). Степень сорбции 99,9%. Колонки с ионитом промывают деионизированной водой до pH 7, кадмий десорбируют 6-ю объемами HCl (72 г/дм<sup>3</sup>), каталитическая масса, с примесью фосфатов и кальция, должна соответствовать ТУ113-03-00209510-108-2006 (табл. 9). Из нее в АО «Максам-Чирчик» изготавливают таблетки с 1 % угля, на пресс-автомате.

**Таблица 9. - Соответствие состава катализатора ККФ требованиям ТУ**

Доля соединения в ККФ, %	Требования ТУ 113-03-00209510-108-2006, %	Состав образца ККФ, %
оксид кальция	42,0-47,0	46±1,5
оксид кадмия	10,0-13,0	12±1,0
оксид фосфора(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	40,0-47,0	45±2,5

Каталитическая активность проверялась в лабораторной установке (габариты Ø 40 mm, h 380 mm) синтеза ацетальдегида, на отм. 0.00 корпуса 650 цеха 007 АО «Навоийазот», руководствуясь Инструкцией 33-ПЦ-6 по ее эксплуатации. Используемое сырье: концентрат ацетиленас составом:

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 96,90 - 98,63 % об; средн.96,37 % об.  
H<sub>2</sub> отс-1,10% об.  
N<sub>2</sub> 0,15 -2,23 %об.  
CH<sub>4</sub> отс - 0,24 %об.  
CO отс - 0,92 % об.  
CO<sub>2</sub> 0,054 - 1,95 % об.  
O<sub>2</sub> 0,077 - 0,36 % об

$\Sigma$  ВГА\* 0,39- 1,87% об. - высшие гомологи ацетилена

Условия проведения испытаний: объем загруженного катализатора - 200 см<sup>3</sup>(212 г). Параметры технологического режима:

расход ацетилена 50,1 dm<sup>3</sup>  
 объёмная скорость по ацетилену 241,41 h<sup>-1</sup>  
 мольное соотношение H<sub>2</sub>O: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (1,031 - 1,612): 1,330  
 температура в слое катализатора - 365 °С; среди. 352,5 °С.

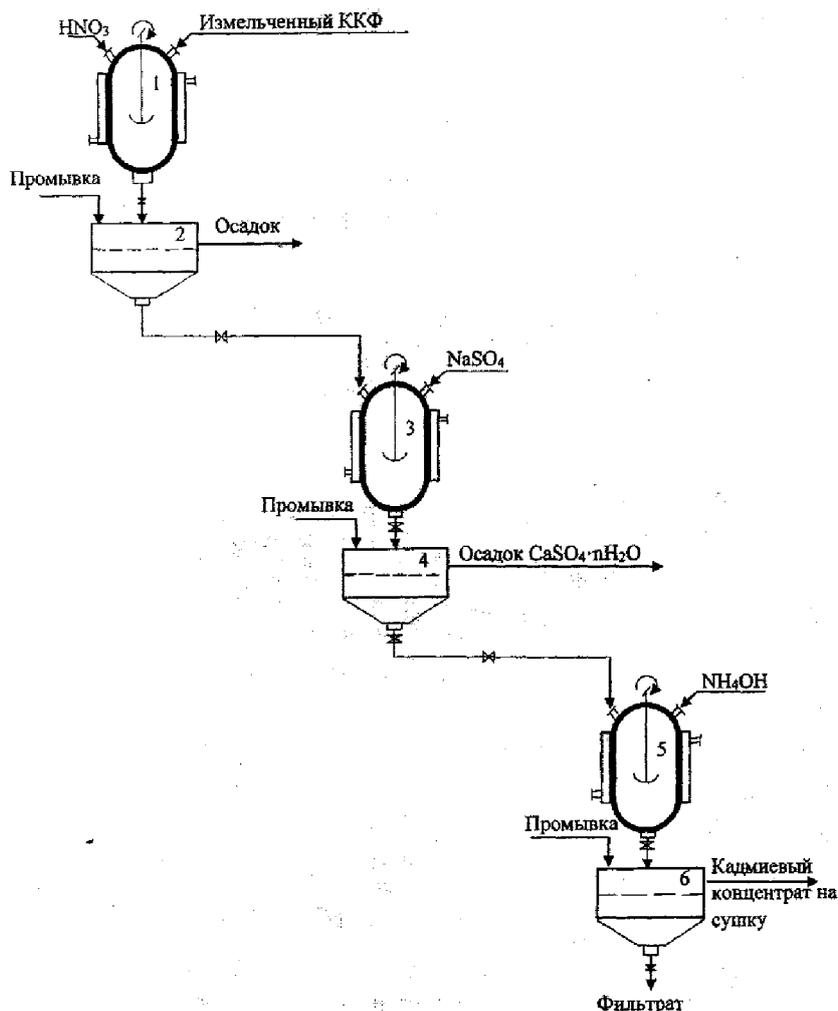
Замеряли температуру и расход компонентов. Продукты анализировали на компонентный состав методом газовой хроматографии. Анализировались входящий и отходящий газы. Рассчитывали по расходу газа и объему ККФ объемную скорость, по массе альдегида за определенный промежуток времени, объему и массе, производительность катализатора ККФ. Данные опытно-промышленного испытания технологии показали достаточно высокую селективность и производительность по ацетальдегиду (табл. 10).

Таблица 10. – Результат испытания образцов синтезированных ККФ-Н

Селективность по ацетальдегиду	Производительность
Средняя 73.28%	Средняя 3.98 mg/cm <sup>3</sup> ·h,

Рис. 7. Доработанная принципиальная схема переработки ККФ катализатора на кадмиевый концентрат.

Обозначение: 1, 3, 5 - реакторы с мешалкой и паровой рубашкой, штуцером слива; 2, 4, 6 - фильтрующие устройства.



Эти показатели достигнуты путем модернизации технологии их

получения технической службой АО «Навоийазот». Итак, разработана технология переработки техногенного кадмий-содержащего минерального сырья – отработанного ККФ катализатора, с возвратом кадмия в цикл синтеза нового продукта ККФ. Она предусматривает извлечение из ККФ или чистого кадмия, или кадмиевого концентрата, содержащего незначительные количества кальция и фосфат-ионов, а также синтез ККФ из извлеченного кадмиевого полупродукта, удовлетворяющий требованиям ТУ 113-03-00209510-108-2006. Технология прошла опытно-промышленное испытание созданного катализатора ККФ в АО «Навоийазот». Создана технологическая карта процесса производства катализатора ККФ. В предложенной технологии рециклинга, в качестве выщелачивающего агента использована азотная кислота (местное сырье), проведено отделение от раствора осадка твердофазного углерода, а затем осуществлены операции, приведшие к получению целевого продукта.

*Модифицирование технологии рециклинга кадмия.* Как показала практика, схема с выделением чистого кадмия недостаточно адаптирована к производству, избыточна. Возникла необходимость упрощения ее с получением в качестве полупродукта, не чистого кадмия, а кадмиевого концентрата, содержащего следовые количества Са(II) и фосфат-ионов, не влияющих негативно на каталитическую активность и состав, т.к. компоненты синтеза содержат их. С учетом изложенного, разработана упрощенная схема выделения из отработанного ККФ-катализатора, в качестве сырья-полупродукта, не чистого кадмия, а кадмиевого концентрата, содержащего примесь Са(II) и фосфат-ионов, не влияющих на результат, т.к. обязательные компоненты синтеза содержат их (рис. 6).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан способ извлечения кадмия из отработанного катализатора ККФ, растворитель - азотная кислота, при т:ж=1:7, рН 4, температуре 70-80°С. Для избавления от кальция ионов использован метод гипсования путем нейтрализации азотнокислого раствора до рН 0, добавкой сульфата натрия. Кадмий-содержащий фильтрат нейтрализуют до рН 7,5, на фильтре гидроксид кадмия со следами кальция фосфата отмывают от нитрат-ионов, растворяют в серной кислоте. Разделение Cd, Са и фосфат-ионов в растворе достигают сорбцией катионов на смоле Purolite C-100H (фосфат-ионы - в растворе).

2. Способ очистки кадмий-содержащего раствора модифицирован осаждением гипса при температуре 100 °С (растворимость минимальна: 0,162%), очисткой от железа в отработанном катализаторе сорбцией кадмия и железа на смоле Purolite C-100H, десорбцией кадмия соляной кислотой: при этом десорбция катионов железа (III) не начиналась до конца десорбции Cd(II).

3. Разработана технология рециклинга кальция, первая часть – извлечение кадмия, вторая – синтез нового катализатора ККФ; сырье:

ортофосфорная кислота 25% вес; CdO, 22.8 g/dm<sup>3</sup>; Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, в пересчете на CaO, 103.6 g/dm<sup>3</sup>, аммиачная вода 10%, режим: pH 6,8÷7,1; время 90 минут; сушка при 100°C; таблетирование. Способ заключается в сливании растворов при отношении (CdO+CaO)/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=2,8±0,2; аммонизацией фосфорной кислоты до pH 8,0-9,4, обеспечив состав требованиям ТУ 113-03-00209510-108-2006 на ККФ.

4. Проведены опытно-промышленные испытания синтезированных образцов ККФ-катализатора в АО «Навоийазот» в процессе парофазной гидратации ацетилена до ацетальдегида, на установке, руководствуясь инструкцией ЗЗ-ПЦ-6 по ее эксплуатации. Продукты анализировали на компонентный состав методом газовой хроматографии, как входящий и отходящий газы. Достигнута селективность 73,28%, производительность по ацетальдегиду 33,98 mg/cm<sup>3</sup>·h.

5. В связи с недостаточной адаптацией рециклинга кадмия к производству, ввиду избыточности, предложено упростить ее, извлекая не оксид кадмия, а кадмиевый концентрат, содержащий следовые количества Са(II) и фосфат-ионов, не влияющие негативно на каталитическую активность и состав катализатора. Разработана соответствующая упрощенная схема процесса.

6. Разработан инверсионно-полярографический метод контроля кадмия на вращающемся стеклоуглеродном катоде (чувствительность до 10<sup>-9</sup> %) на анализаторе вольтамперометрическом АВС-1.1 ТУ 4300-022-27458903-09.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND  
INORGANIC CHEMISTRY**

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**JUMANAZAROV AKMAL RUZIKULOVICH**

**TECHNOLOGY FOR EXTRACTION OF CADMIUM FROM SPENT  
CADMIUM-CALCIUM-PHOSPHATE CATALYST WITH INVOLVING IT  
IN A NEW CYCLE OF CATALYST SYNTHESIS**

**02.00.19 –Chemical technology of rare, noble and radioactive elements  
02.00.13 - Technology of inorganic substances and materials based on them**

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

**TASHKENT 2023**

The theme of dissertation for doctor of philosophy (PhD) degree was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2022.4.PhD / T3261.

Dissertation was carried out at Institute of General and Inorganic Chemistry.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the scientific council website [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) and Information-educational portal «Ziyonet» [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Scientific supervisors:**

**Guro Vitaliy Pavlovich**

doctor in chemistry, professor

**Dadakhodjaev Abdulla Tursunovich**

doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Namazov Shafolat Sattarovich**

doctor of technical sciences, professor, academician

**Ruziev Ulugbek Nematovich**

technical sciences philosophy doctor (PhD)

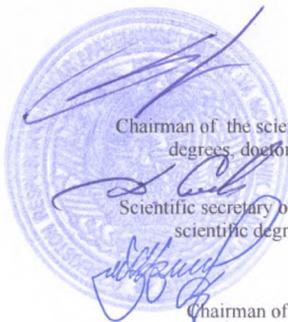
**Leading organization:**

**Tashkent Institute of Chemical Technology**

The defense will take place on April 18, 2023 at 10-00 o'clock at the meeting of Scientific council DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 at Institute of General and Inorganic Chemistry. Address:100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a.Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanruz@mail.ru](mailto:ionxanruz@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource center of the Institute of General and Inorganic Chemistry, (its registered number is No.19). Address:100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street,77-a.Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90.

Abstract of dissertation was mailed by April 3, 2023.  
(mailing report No. 32, dated April 3, 2023).



**B.S. Zakirov**

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

**D.A. Salikhanova**

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of chemical sciences, professor.

**Sh.S. Namazov**

Chairman of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, academician.

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work is** to develop a technology for extracting cadmium from spent cadmium-calcium-phosphate catalyst CCF-N with its involvement in a new cycle of use in the form of a synthesized CCF-N catalyst.

**The object of the study is** "Cadmium-calcium-phosphate catalyst (CCF-N)", catalyst tablets, calcium oxide; cadmium oxide; phosphorus oxide;

**The scientific novelty** of the research is as follows:

the regularities of the transfer into solution, by using various solvents, of the solid spent catalyst CCF-N were determined;

the scheme of separation of cadmium-, calcium-, phosphate-ions in a joint solution, with selective sorption of cadmium on an ion-exchange resin, was reasonably chosen;

a technology for processing technogenic cadmium-containing mineral secondary raw materials was created - a spent CCF-N catalyst, with the release of pure cadmium salt or its concentrate;

a technology for the synthesis of a new CCF-N catalyst based on pure cadmium salt or its concentrate was created as a component of the raw material obtained as a result of processing the spent CCF catalyst;

an inversion-polarographic method for monitoring cadmium on a rotating glassy carbon cathode (sensitivity up to 10<sup>-9</sup>%) has been developed.

### **Implementation of research results.**

Based on the obtained scientific results on the development of a technology for the extraction of cadmium during the processing of the CCF-N catalyst:

the technology for extracting cadmium from the spent CCF-N catalyst is included in the List of promising developments for implementation in 2024-2025 by Uzkiyosanoat JSC (certificate of Uzkiyosanoat JSC No. 01-3106 dated August 30, 2021). As a result, it is possible to reduce environmental pollution and extract a valuable component;

the technology for the synthesis of the CCF-N catalyst from isolated cadmium is included in the List of promising developments for implementation in 2024-2025 by Uzkiyosanoat JSC (certificate of Uzkiyosanoat JSC No. 01-3106 dated August 30, 2021).

As a result, it became possible to obtain a relatively cheap substitute for an imported catalyst.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, 5 chapters, conclusion, the list of references, applications. The volume of the dissertation is 113 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**Ибўлим (I часть; part I)**

1) Патент на полезную модель № FAP 02061 «Способ извлечения кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора», регистр. № FAP 2021 0266 от 19.08.2021, приоритет 10.06.2019. Гуро Виталий Павлович, Ибрагимова Матлуба Анваровна, Ляпин Сергей Борисович, Жураев Нодир Ёдгорович, Жуманазаров Рузикул Боймаматович, Дадаходжаев Абдулла Турсунович, Жуманазаров Акмал Рузикулович.

2) Ибрагимова М. А., Ляпин С. Б., Жуманазаров А. Р., Гуро В. П., Дадаходжаев А. Т. Испытание способа извлечения кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора // Узбекский химический журнал. -2020. -№ 2. –С. 24-29. (02.00.00. №6).

3) Ляпин С.Б., Ибрагимова М.А., Гуро В.П., Жуманазаров А.Р. Определение кадмия в технологических растворах переработки отработанного катализатора ККФ // Узбекский химический журнал. - 2020. - № 1. –С. 83-88. (02.00.00. №6).

4) Ляпин С.Б., Ибрагимова М.А., Гуро В.П., Жуманазаров А.Р. Очистка технологических растворов переработки отработанного катализатора ККФ от примесей фосфат-ионов методом ионного обмена // Узбекский химический журнал. -2020. -№ 5. –С. 44-48. (02.00.00. №6).

5) Жуманазаров, В.П. Гуро, А.Т. Дадаходжаев, М.А. Ибрагимова. Переработка кадмий-содержащих техногенных отходов // Узбекский химический журнал. -2021. -№ 1. –С. 33-40. (02.00.00. №6).

6) Жуманазаров А.Р., Гуро В.П., Дадаходжаев А.Т., Ибрагимова М.А. Утилизация кадмий-кальций-фосфатного катализатора синтеза ацетальдегида из ацетилену // Universum: химия и биология, электронный научный журнал, №2(92), февраль 2022. DOI-10.32743/UniChem.2022.92.2-1. (02.00.00.№2).

**II бўлим (II часть; partII)**

1) М.А. Ибрагимова, С.Б. Ляпин, В.П. Гуро, А.Р. Жуманазаров. Извлечение и переработка кадмия из отработанного катализатора АО «Navoiyazot». В материалах Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья. 6-8 ноября 2019 г., Екатеринбург, Россия. – С.438-439.

2) Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги, Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети, профессори, кимё фанлари доктори Акбаров Ҳамдам Икромович таваллудининг 70 йиллиги ҳамда илмий фаолиятининг 45 йиллигига бағишланган. Кимёнинг долзарб муаммолари мавзусидаги, республика илмий-амалиянжумани 2021 йил 4-5 февраль. Жуманазаров А.Р., Гуро В.П., Дадаходжаев А.Т.,

Ибрагимова М.А. Технология переработки кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора. Ташкент-2021 г. С. 463-464.

3) Инновационные материалы и технологии – 2021. ISBN 978-985-530-724-3. Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. ISBN 978-985-530-724-3 © УО «Белорусский государственный технологический университет», 2021. г. Минск, Республика Беларусь, 19-21 января 2021 г. Минск: БГТУ, 2021. – 635 с.

4) Jumanazarov A., Guro V. P. Method of Extraction of Cadmium from Waste Cadmium Calcium Phosphate Catalyst. The ministry of education and science of the republic of Kazakhstan, Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation Satbayev, University Materials of International Practical Internet Conference “Challenges of science”. Issue III. Almaty, Kazakhstan - 2020. ISBN 978-601-323-207-2 © АО «Институт металлургии и обогащения», Satbayev University, 2020. – Pages 224-228.

5) Жуманазаров А.Р., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. “Технология переработки отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора. Постер. Секция «ХИМИЯ», Подсекция «Химическая технология и новые материалы», Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, 2021. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. 2000 экз. ISBN 978-5-317-06593-5. <https://lomonosov2021.chem.msu.ru/chemtech>

6) Жуманазаров А.Р., Дадаходжаев А.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Способ извлечения кадмия из отработанного кадмий-кальций-фосфатного катализатора. O‘zbekiston Respublikasi Oliy va O‘rta Maxsus Ta’lim Vazirligi Urganch Davlat Universiteti texnika fanlari doktori, professor Jumaniyazov Maqsud Jabbiyevich tavalludining 60 yilligi hamda ilmiy faoliyatining 40 yilligiga bag‘ishlangan “Mahalliy xomashyolar va ikkilamchi resurslar asosidagi innovatsion texnologiyalar” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjumani 2021-yil 19-20-aprel. С. 220-222.

**Авореферат «Ўзбекистон кимё журнали» тахририяида  
тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва англиз тилларидаги матнлар ўзаро  
мувофиқлаштирилди.**

**Босмахона лицензияси:**



**9338**

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 20/23.

Гувоҳнома № 851684.  
«Тірографф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.