

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ**

**УСМАНКУЛОВ ОРИФЖОН НАЗИРАЛИЕВИЧ**

**ЧИҚИНДИ ЭРИТМАЛАРДАН ПЛАТИНА МЕТАЛЛИНИ СОФ ХОЛДА  
АЖРАТИБ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

**05.02.01- Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси  
(техника фанлари)**

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

**Тошкент – 2022**

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

**Усманкулов Орифжон Назиралиевич**

Чиқинди эритмаларидан платина металини соф холда ажратиб олиш технологиясини яратиш..... 3

**Усманкулов Орифжон Назиралиевич**

Разработка технологии извлечения чистой металлической платины из сбросных растворов..... 20

**Usmankulov Orifjon Naziralievich**

Development of technology for the extraction of pure metallic platinum from waste solutions.....36

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....39

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ  
УНИТАР КОРХОНАСИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ИСЛОМ КАРИМОВ** номидаги **ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ «ФАН ВА ТАРАҚҚИЁТ» ДАВЛАТ УНИТАР  
КОРХОНАСИ**

**УСМАНКУЛОВ ОРИФЖОН НАЗИРАЛИЕВИЧ**

**ЧИҚИНДИ ЭРИТМАЛАРДАН ПЛАТИНА МЕТАЛЛИНИ СОФ ХОЛДА  
АЖРАТИБ ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ЯРАТИШ**

**05.02.01- Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва  
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси  
(техника фанлари)**

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

**Тошкент – 2022**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/T2492 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация «Олмалик КМК» АЖ ва Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент Давлат техника университети ҳузуридаги «Фан ва тараққиёт» давлат унитар корхоналарида bajarилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.gurft.uz](http://www.gurft.uz)) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Хасанов Абдурашид Салтевич</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Шаринов Хасан Турабович</b> кўме фанлари доктори, профессор
	<b>Пирматов Эшмурат Азимович</b> техника фанлари доктори
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Миллий технологик тадқиқотлар университети</b> <b>«МНС»нинг Олмалик шаҳридаги филиали</b>

Диссертация ҳимояси Ислоҳ Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети «Фан ва тараққиёт» ДУК ҳузуридаги DSc 03/30 12.2019 К/Т 03.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «31» март соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail, [www.gurft.uz](http://www.gurft.uz) «Фан ва тараққиёт» ДУК биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан «Фан ва тараққиёт» ДУКнинг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (№12-22-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Мирзо Ғолиб кўчаси, 7а-уй. Тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Диссертация автореферати 2022 йил «19» март куни тарқатилди.

(2022 йил «23» февралдаги №12 - 2022 - рақамли реестр баённомаси).



*[Signature]*

**С.С. Негматов**

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

*[Signature]*  
**М.Э. Икрамова**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., к.и.т.

*[Signature]*  
**А.М. Эминов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котибидан илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда автомобилсозлик ривожланган Германия, Япония, АҚШ ва шу каби давлатларда платинага бўлган эhtiёж йилдан йилга ортиб бормоқда. Халқаро WPIC ташкилоти маълумотига кўра 2022-23 йилларда платинанинг истеъмоли 4% га ўсиши кутилмоқда. Бу борада, соф платина металлари ажратиб олишда минерал ва иккиламчи хомашёни қайта ишлаш усуллари аниқлаш, металлургия заводлари мис, никел цехларидаги шламларни қайта ишлаш усуллари яратиш, сочма конларида гравитация усулларида олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва мавжуд технологияларни такомиллаштириш ҳамда жорий қилиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда қимматбаҳо металллар ишлаб чиқарувчи етакчи давлатлар чиқиндиларни қайта ишлаш орқали платина гуруҳи металлари (ПГМ)ни соф ҳолда ажратиб олиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича кенг миқёсдаги тадқиқотларни олиб бормоқдалар. Бу борада, жумладан, техноген чиқиндилардан ПГМ ажратиб олишда аффинаж цехи ташландиқ эритмалари таркибидаги ПГМ миқдорини, кимёвий тузилишини аниқлаш усуллари яратиш, эритмадан платинани селектив чўктириш учун чўктирувчи реагент ва кимёвий ва технологик омилларини танлаш ва асослаш ҳамда олтин электролити чиқинди эритмаларидан платина металлари соф ҳолда ажратиб олиш технологиясини яратиш ва ресурстежамкор технологиясини ишлаб чиқиш алоҳида аҳамият касб этади.

Республикамизда металлургия саноатида ПГМнинг манбаларини аниқлаш ва барча қимматли компонентларини комплекс ажратиб олиш мақсадида минерал хомашёни ва техноген чиқиндиларни қайта ишлаш бўйича бир қатор такомиллашган чора-тадбирлар ишлаб чиқилмоқда ва маълум бир натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича тараққиёт стратегиясида «...саноатни сифат жиҳатдан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хомашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш...»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада «Олмалик кон металлургия комбинати» АЖ мис эритиш заводи (МЭЗ) техноген чиқиндиларидан қимматбаҳо металлларни ажратиб олишнинг янги технологияларини яратиш ва такомиллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 4 октябрдаги ПҚ-4477–сон «2019-2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2020 йил 26 майдаги ПҚ-4731-сон «Олмалик кон металлургия комбинати АЖ конлари негизида рангли ва қимматбаҳо металллар ишлаб чиқаришни кенгайтиришга доир қўшимча чора тадбирлар тўғрисида»ги, 2021 йил 24 июндаги ПҚ-5159-

<sup>1</sup> Ш.М. Мирзиёев. Янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси. - Тошкент: «O'zbekiston» нашриёти, 2022, - 440б.

сон «Кон металлургия саноати ва унга боғлиқ сохаларни ривожлантириш бўйича кўшимча чора тadbирлир тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тadbқиоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тadbқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тadbқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё амалиётида платина гуруҳи металлари таркибли маъданлар, чиқинди хомашёлари ва иккиламчи маҳсулотларидан уларни ажратиб олиш саноати ривожига маҳаллий ва хорижий мутахассислар, жумладан Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С., Борбат В.Ф., Сошникова Л.А., Санакулов К.С., Хасанов А.С., Абдуқодиров А.А., Пирматов Э.А., Дудник А.Л., Юсупходжаев А.А., Шарипов Х.Т., Якубов М.М., Chen Т., Меретуков М.А., Барабошкин Н.Н., Гаев А.И., Dutrizac J., Hoffman J., Petkova E., Cooper W., Грейвер Т.Н., Лодейщиков В.В., Букетов Е.А., Угорец М.З., Набойченко С.С., Чугаев Л.А., Гринберг А.А., Быстров В.П., Плаксин И.Н., Сағдиева М.Г., Даминова Ш.Ш., Лолейт С.И., Калмиков Ю.М. каби олимлар ўзларининг салмоқли ҳиссаларини қўшганлар.

Мавжуд ишлар таҳлилига кўра, шуни таъкидлаш лозимки, таркибида нодир металл чиқинди шламлардан ва электролиз жараёни чиқинди электролитларидан нодир металлларни ажратиб олиш учун комплекс тadbқиқотлар ўтказилган ва турли усуллар ишлаб чиқилган. Шу билан бирга “Олмалиқ КМК” АЖ мис эритиш заводининг ташландиқ эритма таркибидаги платина метали 2020 йилгача техноген чиқиндилар билан бирга чиқарилар эди. Ушбу диссертация ишида биринчи марта ташландиқ эритма таркибидан қимматбаҳо платина металини соф ҳолда ажратиб олиш технологиясини яратиш каби муаммоларни хал этишга қаратилган.

**Диссертация тadbқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тadbқиқот муассасасининг илмий-тadbқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тadbқиқоти Ислom Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар корхонасининг илмий тadbқиқот режасига мувофиқ №02 – 2088 06.06.2012 й. Олмалиқ кон-металлургия комбинати АЖ ва «Фан ва тараққиёт» Давлат унитар корхонаси ўртасидаги «Мис ишлаб чиқаришнинг чиқиндисиз, энергия - ва ресурс тежамкор экологик тоза технолгиясини қўллаш» мавзусидаги хўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

**Тadbқиқотнинг мақсади** чиқинди эритмаларидан платина металини соф ҳолда ажратиб олиш технологиясини яратишдан иборат.

**Тadbқиқотнинг вазифалари:**

ташландиқ эритмалар таркибидаги платина гурухи металлари миқдорини, кимёвий тузилишини илмий тадқиқ қилиш;

эритма таркибидаги платина ионларининг турли омиллар қонуниятлари ва хусусиятини аниқлаш;

эритмадан платинани селектив чўктириш учун чўктирувчи реагент ва меъёрий кимёвий омилларини танлаш ва асослаш;

чўкма таркибидан платинани ажратиб олишда пирометаллургия омилларини яратиш ва куйдиришдан кейинги платина кукунини иккиламчи қўшимчалардан тозалаш жараёнининг оптимал таркибини яратиш;

олтин ишлаб чиқаришдан кейинги ташландиқ эритмалардан платинани ажратиб олишнинг юқори самарали ва арзон технологик жараённинг занжирли тасвирини яратиш ва тавсия бериш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида «Олмалик КМК» АЖ Мис эритиш заводи олтин ва кумушни аффинажлаш цехи ташландиқ эритмалари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** олтинсизлантирилган эритмалардан платинани сульфатли усулда селектив чўктириш, чўкмадан соф ҳолатдаги платина кукунини ажратиб олишнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда комплекс тадқиқот усуллардан, таҳлилнинг физик ва кимёвий усуллари, жумладан, нодир ва рангли металллар гидро- ва пирометаллургия саноатининг чиқиндиларини қайта ишлаш бўйича электрон микроскоп ва рентген фазавий таҳлил, масс-спектроскопия таҳлили (ICP-MS) ва бошқа замонавий усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

эритмадаги платина хлоридининг тиомочевина эритмаси билан эрувчан комплекс бирикмасини ҳосил қилиш кимёвий омилларга боғлиқлиги илмий асосланган;

эритма таркибидаги паст оксидланиш даражали платина ионларини сульфатли комплекс бирикма ҳолатида селектив чўктириш технологик режими ишлаб чиқилган;

эримайдиған сульфатли комплекс таркибидан платинани кукун холигача пирометаллургия парчалаш йўли билан қайтаришнинг энг мақбул омиллари асосланган;

платина кукунини унинг таркибидаги оз миқдордаги зарарли қўшимчалардан 30% ли нитрат кислотаси эритмаси билан тозалашнинг кимёвий меъёрий омиллари аниқланган;

олтин ишлаб чиқаришдан кейинги кам таркибли (Pt- 100-300 мг/л) эритмалардан платина металлинини соф ҳолатда ажратиб олишда жараённинг асосий омилларга асосланган янги технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

олтин ишлаб чиқаришдан кейинги ташландиқ эритмалардан платинани тўлиқ (99%) чўктиришнинг мақбул омиллари аниқланган ва кейинги

чўкмадан платина металлини соф ҳолатда ажратиб олишнинг янги технологияси ишлаб чиқилган;

хлоридли эритмалардаги платина ва палладий ионлари селектив чўктириш йўли билан тўлиқ бир-биридан ажратиб олишга эришилган ва олтин ишлаб чиқаришдан кейинги кам таркибли эритмалардан платина металлини ажратиб олишнинг технологик йўриқномаси ишлаб чиқилган;

кам таркибли эритмалардан платина металлини ажратиб олишнинг ишлаб чиқилган янги технологияси “Олмалиқ КМК” АЖ МЭЗ олтин ва кумушни аффинажлаш цехида саноат миқёсида тадбиқ қилинган ва ижобий натижалар олинган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** ўтказилган физик-кимёвий, минерологик, (ICP-MS ва ИК спектроскопияси, рентген фазавий таҳлили ва кимёвий таҳлили), тажриба синовлар, саноат – синов тадқиқотларининг натижалари, «Олмалиқ КМК» АЖ марказий лабораториясидан олинган кимёвий таҳлиллар натижалари, ижобий лаборатория ва саноат - тажриба синовлари далолатномалари билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, техноген чиқиндиларни қайта ишлаш бўйича барча олинган натижалар жадвал, диаграмма, фазовий таҳлиллар ҳамда график усулларида ўрганилиб, у жараёнга таъсир қилувчи барча асосий технологик омилларнинг муқобил варианты ишлаб чиқилди ва назарий жиҳатдан кечадиган кимёвий реакциялар билан асосланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти техноген чиқиндиларни қайта ишлаш борасидаги олинган натижалар ойига платина металидан ташқари қўшимча равишда мис, 3 кг дан ортиқ палладий олинганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Чиқинди эритмаларидан платина металлини соф ҳолда ажратиб олиш технологиясини яратиш борасида олиб борилган илмий тадқиқотлар натижалари асосида:

платина кукунини олишнинг янги технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖда амалиётга жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2022 йил 14 февралдаги АА-001300-сон маълумотномаси). Натижада, платина таркибли чўкма пирометаллургик қайта ишланиб, таркибида 96,0-97,5% платина мавжуд бўлган кукунни олиш имконини берган.

платина кукунини тозалашнинг гидрометаллургик янги технологияси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖда амалиётга жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2022 йил 14 февралдаги АА-001300-сон маълумотномаси). Натижада, соф платинанинг тозалик даражаси 99,2% га тенг бўлган платина кукунини 86% унумдорликда ажратиб олиш имконини берган;

платина ажратиб олиш бўйича технологик йўриқнома (ТИ

00193950.44.004-3:2020) «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг мис эритиш заводида амалиётга жорий этилган («Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг 2022 йил 14 февралдаги АА-001300-сон маълумотномаси). Натижада, мис эритиш заводида платинани соф ҳолда ажратиб олиш ва комбинатнинг иқтисодий самарадорлигини ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқотнинг натижалари 7 та халқаро ҳамда 5 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган, шулардан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 4 та мақола, жумладан 3 та республика ва 1 та ҳорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация тузилиши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 115 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги асосланган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси баён этилган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети аниқланган, тадқиқот ишининг фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларига мослиги кўрсатилган ҳамда тадқиқотнинг илмий янгилиги, натижаларнинг ишончлилиги, назарий ва амалий аҳамияти, натижаларнинг амалиётга жорий этилиши, эълон қилинганлиги, ишнинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Платина ишлаб чиқариш бўйича дунё амалиёти ва технологияларининг аналитик таҳлили»** деб номланган биринчи бобда маъдан ва техноген чиқиндиларни комплекс қайта ишлаш асосида уларнинг таркибидан платина гуруҳи металларини ажратиб олиш технологияларини адабиётлар таҳлиллари ўтказилган ва Ўзбекистон шароитида платина металлини соф ҳолатда ажратиб олиш имкониятлари назарий тадқиқ қилинган. Шунингдек «Олмалиқ кон – металлургия комбинати» АЖда мис саноати шламанинг олтин электролити чиқинди эритмаларидан платина металлини соф ҳолда ажратиб олиш технологияларини яратиш бўйича назарий, таҳлилий маълумотлар берилган.

«Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ Қалмоққир, Сарик-чўққи мис молибденли конлари рудаларини шунингдек, Каулди, Оқтупроқ, Кўчбулоқ, Қайрағоч, Қизилолма, Арабулоқ ва бошқа олтин таркибли маъданларини қайта ишлайди. Маъданлардан мис, молибден, рений, селен,

теллур ва қимматбаҳо металллар ажратиб олинади. Мис ишлаб чиқариш тизимида сўнгги техноген чиқинди маҳсулотларидан платина гуруҳи металлларини ажратиб олишда хомашё сифатида ишлатиш мумкин. Ҳозирги кунда дунё амалиётида платина гуруҳи металлларини оғир рангли металллар, нодир ва ноёб металлларни ажратиб олиш вақтида йўлдош усулда олиш кенг ривожланган. Бу борада олтин электролити чиқинди эритмаларидан платина металини соф ҳолда ажратиб олиш технологиясини яратиш диссертация мавзусининг долзарблиги ва муҳимлигини таъкидлайди.

Диссертациянинг «Платинанинг соф кукунини олиш объекти ва усуллари» деб номланган иккинчи бобида тадқиқотнинг объектлари сифатида «Олмалик КМК» Мис эритиш заводи олтин ва кумушни аффинажлаш цехи ташландиқ эритмалари тадқиқот объектлари сифатида танланган. Мис электролизидан кейинги шламларнинг платина гуруҳи металлари бўйича таркиби 1-жадвалга келтирилган. Дунёда бундай платина гуруҳи металлари бўйича кам таркибли шламлар платина аффинажлаш корхоналарида қайта ишланмайди. Ушбу шламларни қайта ишлаб асосан олтин ва кумуш металлари олинади. Платина ва палладий металлларини эса фақатгина йўлдош усулда ажратиб олиш мумкин бўлади. Дунё микёсида бундай мис ва никелли шламлар хар хил пиро- ва гидрометаллургик усуллар билан қайта ишланади.

1-жадвал

### Мис шламларининг кимёвий таркиби, %

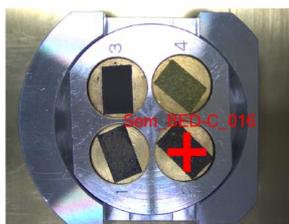
Маҳсулот	Элементлар миқдори, %								
	Au	Ag	Pd	Pt	Cu	Se	Te	Rh	SiO <sub>2</sub>
Мис шлами	4,2	29,8	0,05	0,02	11,4	9,8	2,1	0,0001	5,5
Мис шлами	3,9	27,7	0,04	0,03	10,9	10,6	2,3	0,00004	4,8

Шунингдек мис электролизидан кейинги шламларни “JSM-IT200” сканер электрон микроскопида минералогик таркиби ва тузилишлари ўрганилди.

1-расмдан кўришиб турибдики мис шлами таркибида платина миқдори юқори ҳисобланади, сабаби маъдан таркибидан мисни қайта ишлаш жараёнларида платинанинг асосий миқдори ошиб борган ва мис шламида платина концентранган ҳолатда кўпайган. МЭЗ ишлаб чиқариш жараёнларида мис электролизи шламлари таркиби даврий текширилиб борилади ва шлам таркибидаги платинанинг миқдори ўртача 0,02% ни ташкил қилади, лекин сканерловчи электрон микроскоп таҳлилида шлам таркибидаги айрим зарраларда платинанинг миқдори юқорилиги ва Ag, As, С элементлари билан биргаликдалиги аниқланди.

Таҳлил пайтида шлам таркибидаги зичроқ яъни нурни ёрқинроқ қайтарган бўлақлар ўрганилганида платина кўпроқ палладий ва кислород билан бирикканлиги ва ушбу бўлақчада платинанинг миқдори 0,25% ни ташкил қилиши маълум бўлди.

10.01.2022 AGMK



Sem\_BED-C\_016

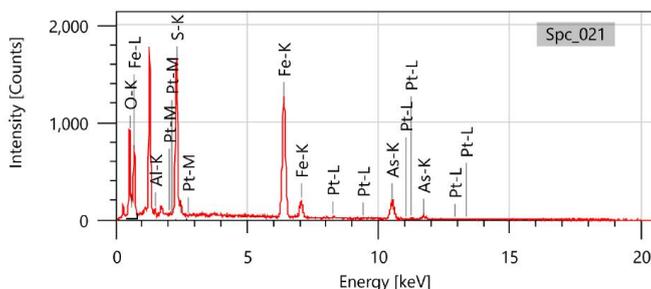


5 mm

100 µm

Signal BED-C  
Landing Voltage 20.0 kV  
WD 10.3 mm  
Magnification x110  
Vacuum Mode LowVacuum

Items	Value
measurement conditions	
Acceleration voltage	20.00 kV
Probe current	-
Magnification	x 110
Process time	T3
Measurement detector	First
Live time	30.00 seconds
Real time	31.24 seconds
Dead time	4.00 %
Count rate	3583.00 CPS



Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_021	Standardless	ZAF	Metal

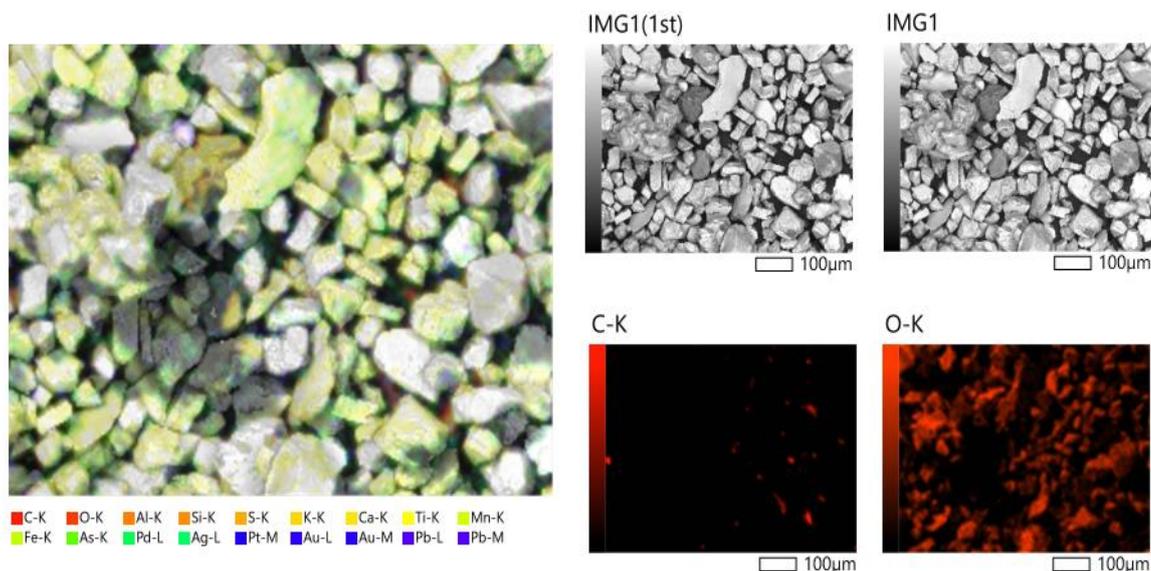
  

Element	Line	Mass%	Atom%
O	K	15.04±0.20	36.92±0.49
Al	K	0.62±0.06	0.91±0.08
S	K	16.50±0.17	20.21±0.21
Fe	K	36.23±0.35	25.48±0.25
As	K	31.35±0.76	16.43±0.40
Pt	M	0.25±0.13	0.05±0.03
Total		100.00	100.00

Spc\_021 Fitting ratio 0.0256

Активация Windows

## 1-расм. Мис шламнинг электрон микроскопдаги таҳлили\*110

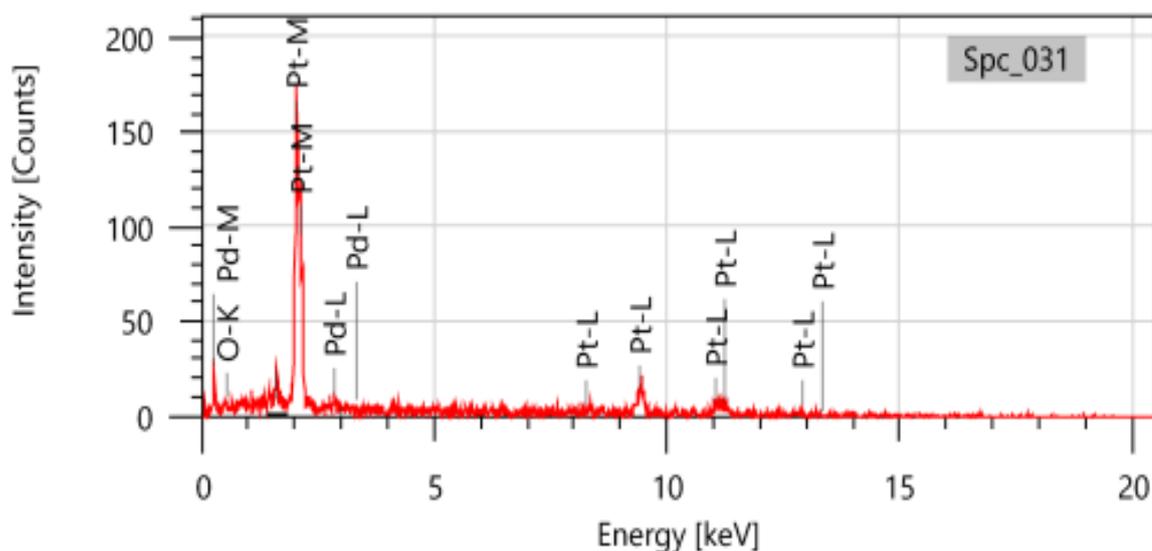


## 2 - расм. Мис шламидаги элементларнинг электрон микроскопдаги таҳлили (200 марта катталаштирилган)

2 - расмда мис шламида мавжуд барча элементларнинг жойлашув ўринлари ва умумий кўринишлари тасвирланган.

Мис электролизи шламларини қайта ишлаш жараёни сульфат кислотаси ёрдамида рангли металлларни эритиб олиш билан бошланади. Бу вазиятда қимматбаҳо металллар ноэрувчан қолдиқ таркибида қолади ва аффинажлаш жараёнига йўналтирилади. Рангли металллар сульфатлари асосий ишлаб чиқаришга қайтарилади. Рангли металллар яхши эриши учун кўпинча танлаб эритиш жараёнидан олдин шлам пирометаллургик қайта ишланади (қиздириш, куйдириш, қайтарувчи суюқлантириш).

Тадқиқот давомида хомашё ва махсулотлар таркибидаги платина ва бошқа элементларнинг аналитик таҳлиллари асосан эритма ҳолатида олиб борилди. Қачонки платина гуруҳи металлари эритма таркибида бўлганида ёки уларни эритмага ўтказиш имкони мавжуд бўлган ҳолатларда, уларнинг миқдорини аниқлашнинг атом-абсорбцион спектроскопияси таҳлил усули қўлланилди.



**3 - расм. Тозаланган платина кукунининг атом-абсорбцион спектроскопия таҳлили натижаси**

Кимёвий таҳлил натижаларидан кўриниб турибдики, тозаланган соф платина кукунининг пиклари кукун таркибида платина миқдорининг юқорилигини, ҳамда бошқа қўшимчаларга нисбатан хатто палладий миқдори ҳам сезиларли даражада эканлигини кўрсатиб турибди.

Диссертациянинг «Ташландиқ эритмалардан платинани ажратиб олиш технологиясини тадқиқ қилиш ва амалий асослаш» номли учинчи бобида мис шлами таркибидан олтин ва кумушни ажратиб олингач, олтинни электролит ташландиқ эритмаларидан платинани турли чўктириш ва қўшимчалардан тозолаб соф ҳолда олиш тадқиқотлари келтирилган.

Спектр таҳлили натижаларига кўра олтин электролизидан кейинги эритмалар таркибида платина билан бир қаторда палладий ионлари ҳам мавжудлиги тасдиқланган. Маълумки платина ва палладийнинг физик-кимёвий хоссалари ўхшашлиги сабабли уларни бир-биридан тоза ҳолда ажратиш мураккаб жараён ҳисобланади. Одатда платина ва палладий электрокимёвий усулда ажратилади. Металларни қоплама электрчўктириш нисбатан янги ва кам ўрганилган усул ҳисобланади. Шунинг учун платинани эритмадан селектив чўктирувчи реагентлар ёрдамида чўктириш бўйича кўплаб тажриба синовлари ўтказилди. Тажрибалар ўтказишда платина ионларини чўктирувчи моддалар сифатида эритмада платина билан нозрувчан комплекс бирикмалар ҳосил қилувчи моддалар қўлланилди.

Чўктириш бўйича тажрибаларнинг барчасида таркиби бир хил бўлган дастлабки эритмадан фойдаланилди.

Платинани чўктириш бўйича дастлаб натрий тиосульфати  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  синаб кўрилди. Эритмадан платинани чўктириш учун натрий тиосульфати сувда эритилиб, унинг эритмалари билан чўктириш тажрибалари ўтказилди. Чўктириш тажрибалари натрий тиосульфат эритмасининг хар хил концентрацияларида олиб борилди. Ўтказилган платинани натрий тиосульфати билан чўктириш тажрибалари натижаларига асосланиб куйидагиларни келтириш мумкин. Натрий тиосульфат эритмасининг платинанинг чўкишига энг яхши таъсир этган концентрацияси 50% ли эритмаси эканлиги маълум бўлди. Бу кўрсаткич палладийда эса 50-55 % ни ташкил этади. Тажрибалардан шуни хулоса қилиш мумкинки, эритмадаги платина ва палладий хлоридларига натрий тиосульфатининг таъсири тўлиқ эмас. Яъни натрий тиосульфат эритмаси эритмадан платинани ҳам палладийни ҳам тўлиқ чўктира олмади.

2-жадвал

**Платинани тиомочевина эритмаси ёрдамида чўктириш жараёни натижалари**

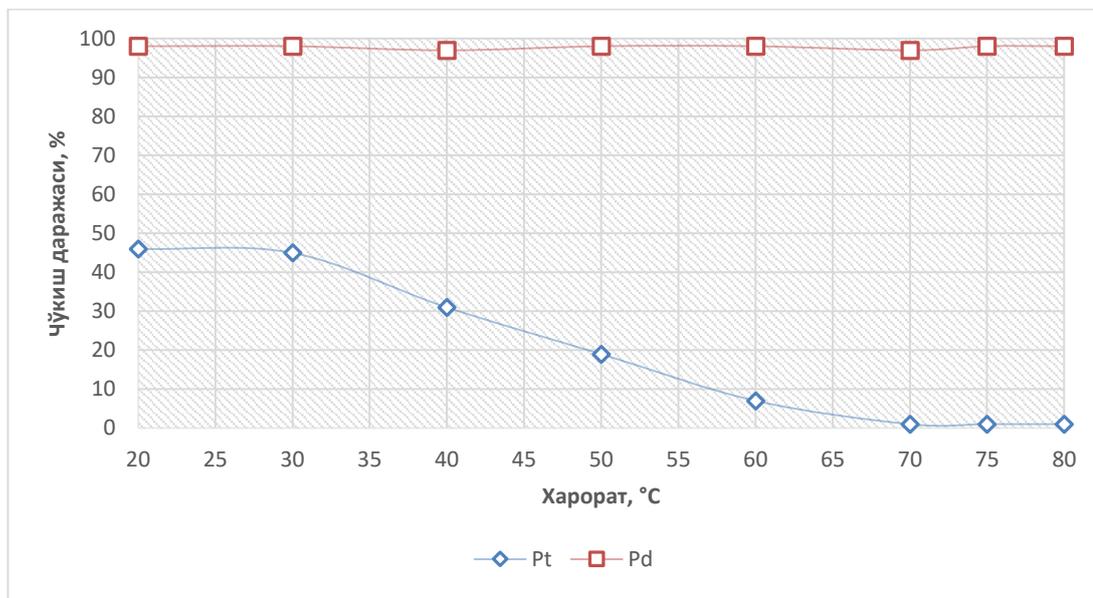
Тиомочевина эритмаси концентрацияси, %	Эритмадаги Pt ва Pd нинг дастлабки миқдори, мг/л		Эритмадаги Pt ва Pd нинг чўктиришдан кейинги миқдори, мг/л		Чўкмага ўтиш даражаси, %	
	Pt	Pd	Pt	Pd	Pt	Pd
10	321	226	171	20	46,7	91,1
15	321	226	176	13	45,1	94,2
20	321	226	181	17	43,6	94,7
25	321	226	186	11	42,0	96,5
30	321	226	152	10	52,6	96,88
35	321	226	147	11	54,2	96,5

Тиомочевина эритмадаги ПМГ билан ноэрувчан комплекслар хосил қилиши маълум. Тиомочевинани эритмадан платинани селектив чўктириш хусусиятларини ўрганиш мақсадида 6 та кимёвий стаканларга 2 л дан бошланғич эритмалар олинди ва уларга тиомочевинанинг хар-хил концентрацияли эритмалари кўшилди. Тиомочевина эритмаларини тайёрлашда эритманинг хажми платина ва палладийнинг миқдори бўйича ҳисобланди. Тиомочевинанинг сувда эрувчанлиги жуда юқори эмас ( $22,7^\circ\text{C}$  – 13,2 г,  $60,2^\circ\text{C}$  – 66,7 г), шунинг учун тиомочевина эритмасини тайёрлашда иссиқ сув ишлатилди.

Тажрибалар асосида  $642 \text{ мг}$  платинани чўктириш учун  $0,642 \cdot 80 / 195 = 0,26 \text{ г}$ , палладийни чўктириш учун  $0,34 \text{ г}$  жами  $0,6 \text{ г}$  тиомочевина талаб этилиши ўрганилди. Реакция унуми тўлиқ амалга ошмаслиги эхтимолига асосланиб тиомочевина  $1,5$  баробар ортиқча

миқдорда тайёрланди.  $0,6 \cdot 1,5 = 0,9$  г. Платинани тиомочевина эритмаси билан чўктириш жараёни натижалари диссертацияда тўлиқ берилган.

Тахлил натижаларига кўра қиздирилган эритмага тиомочевина эритмаси қўшилганида палладий тўлиқ 95,1%, қисман платина 2,1% чўкиши маълум бўлди. Сўнгра филтрланган эритмага сульфат кислотаси эритмаси қўшилгандан сўнг эритмадаги платинанинг 98,9% қисми чўкганлиги аниқланди.



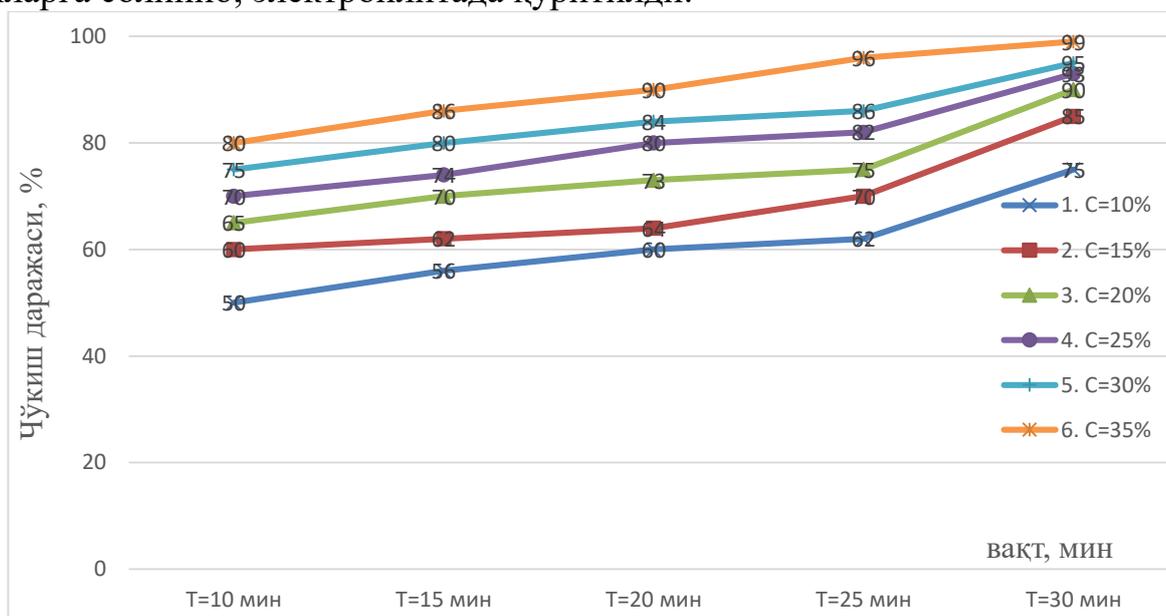
**4-расм. Эритмадаги платина ва палладийнинг чўкиш даражасига ҳароратнинг боғлиқлиги**

4 - расмда эритмадаги платина ва палладийнинг чўкиш даражасига ҳароратнинг боғлиқлиги изоҳланган бўлиб, бунда 80°C ҳароратда палладийнинг максимал чўкиш даражасининг ва платинанинг минимал чўкишини кўришимиз мумкин. Бундан шундай хулоса келиб чиқадики тиомочевина эритмасида биринчи платина чўктириб олинади ва кейинчалик филтрланган эритмадан платина сульфат кислотаси эритмаси ёрдамида чўктириб олинади.

Палладий чўктирилгач, қолган эритма физик-кимёвий тахлилга берилди, унинг натижасига кўра эритма таркибида 14 мг/л палладий ва 318 мг/л платина қолганлиги маълум бўлди. Сўнгра эритмадан платинани чўктиришда сульфат кислотасининг 10-35% ли эритмалари синаб кўрилди. Синов натижалари 5-расмда диаграммалар кўринишида тасвирланган.

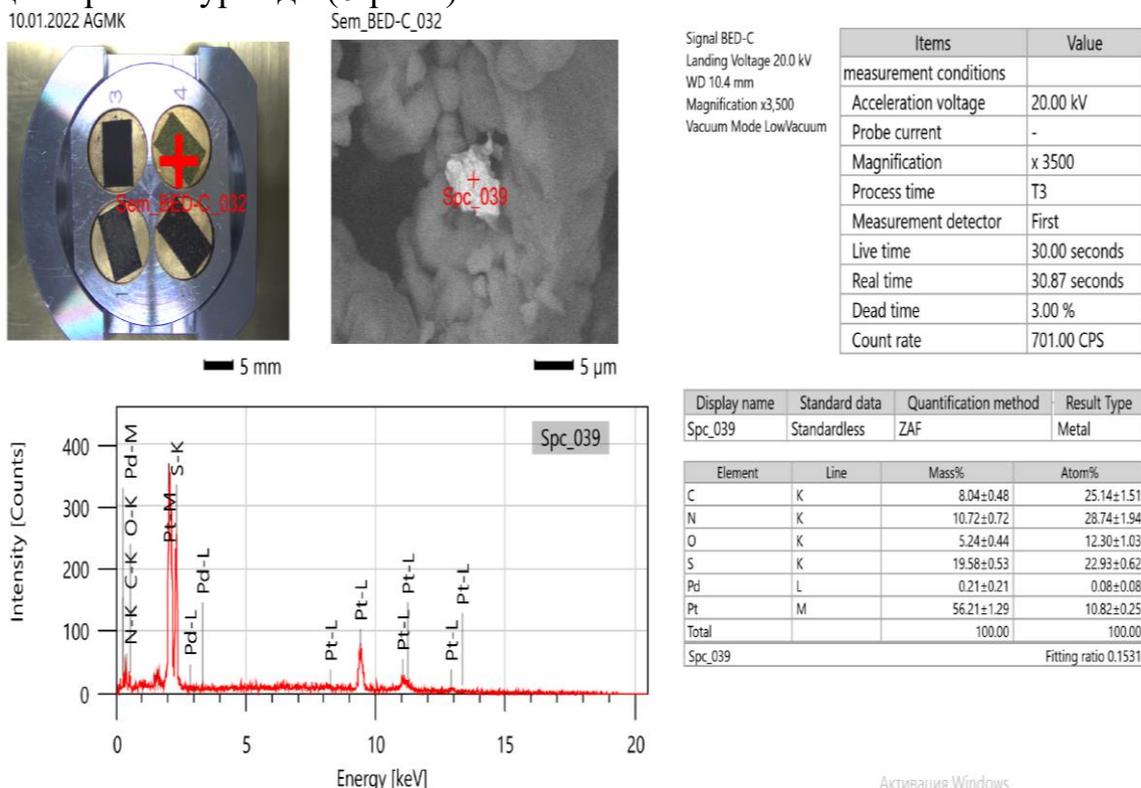
Концентрланган сульфат кислота ва дистилланган сув аралаштирилиб сульфат кислотанинг 30% ли эритмаси тайёрланди. Палладийси чўктирилган эритмани қиздириш давом эттирилган ҳолатда унга тайёрланган сульфат кислотаси эритмаси аста секинлик билан қўшилади. Эритмада дарҳол тўқсарик ялтироқ платинанинг тиомочевинали сульфатли комплекси чўкмага тушади.

Чўктириш жараёнидан сўнг чўкма филтрланиб, платина чўкмаси [PtSC(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] сув билан яхшилаб ювилди ва ювилган чўкма махсус тигелларга солиниб, электроплитада қурилди.



**5-расм. Эритмадан платинанинг чўкиш даражасига жараён давомийлиги ва сульфат кислотаси эритмаси концентрациясининг боғлиқлиги**

Қуришдан сўнг чўкманинг таркиби ўрганилди (6-расмга қаранг). Шунингдек таҳлил тасвирларида кам сонли, палладийни ифодаловчи нуқталар ҳам кўринди (6-расм).

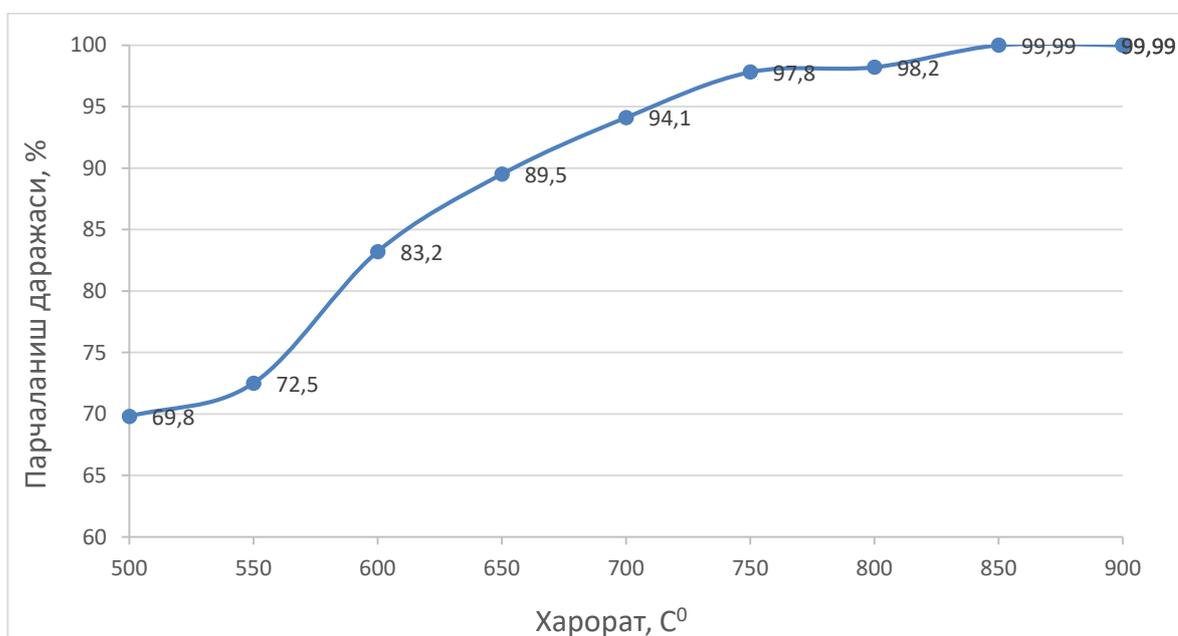


**6-расм. Платина чўкмасининг 3500 марта катталаштирилган тасвири ва унинг кимёвий таркиби таҳлили**

Бу чўкма таркибида оз миқдорда палладий борлигини англатади. Шунингдек ушбу комплекс чўкманинг зарралари шакли кўпбурчак қиррали кристаллар кўринишида эканлиги аниқланди.

Олинган чўкманинг  $[PtSC(NH_2)_2SO_4]$  таркиби асосан металлмас элементлардан (платинадан ташқари) ташкил топганлигини ҳисобга олсак, чўкмадан бошқа элементларни пирометаллургик парчалаб, газ ҳолатига ўтказиб учуриб юбориш маъқул деб ҳисобланди. Шунинг учун платина таркибли чўкмани термик хоссалари ўрганилди ва уни юқори ҳароратда парчалош бўйича тажрибалар ўтказилди.

Ўтказилган тажрибалар натижалари шуни кўрсатдики платинали чўкмани термик парчалош йўли уни металл ҳолатидаги платинагача қайтариш мумкин. Чўкмани муфел печида олиб борилган тоблаш жараёнига ҳароратнинг таъсирлари ўрганилди (7 – расмга қаранг) ва 900°C ҳароратда чўкмани тўлиқ парчаланishi ва платинани соф ҳолда ажратиб олиш мумкинлиги назарий ва амлийда тўлиқ аниқланди.



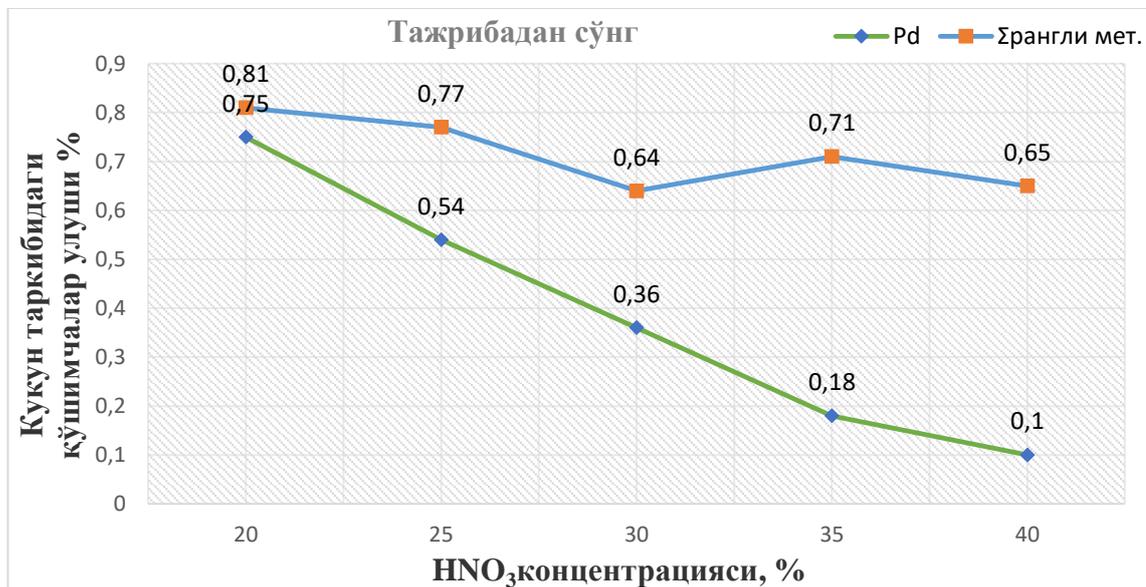
**7-расм. Платина комплекси парчаланishининг харорат ўзгаришига**

Диссертациянинг «Технологик эритмалардан соф платинани ажратиб олиш технологиясини яратиш» деб номланган тўртинчи бобида технологик эритмалардан платинани турли гидрометаллургик ва пирометаллургик усуллар комплексида қўллаган ҳолда ажратиб олишнинг технологияси ишлаб чиқилган.

Эритмадан палладийни чўктириш ва платинани эритмада тўлиқ қолдириш учун эритма махсус иссиқлик алмаштиргичли реакторга юкланади, 70°C гача қиздирилади ва унга таҳлил натижасига кўра, эритмадаги платина ва палладийнинг миқдорига мувофиқ тиомочевина эритмаси (100 г/л) кўшилади. Бунда палладий тиомочевина билан тез реакцияга киришиб ёмон

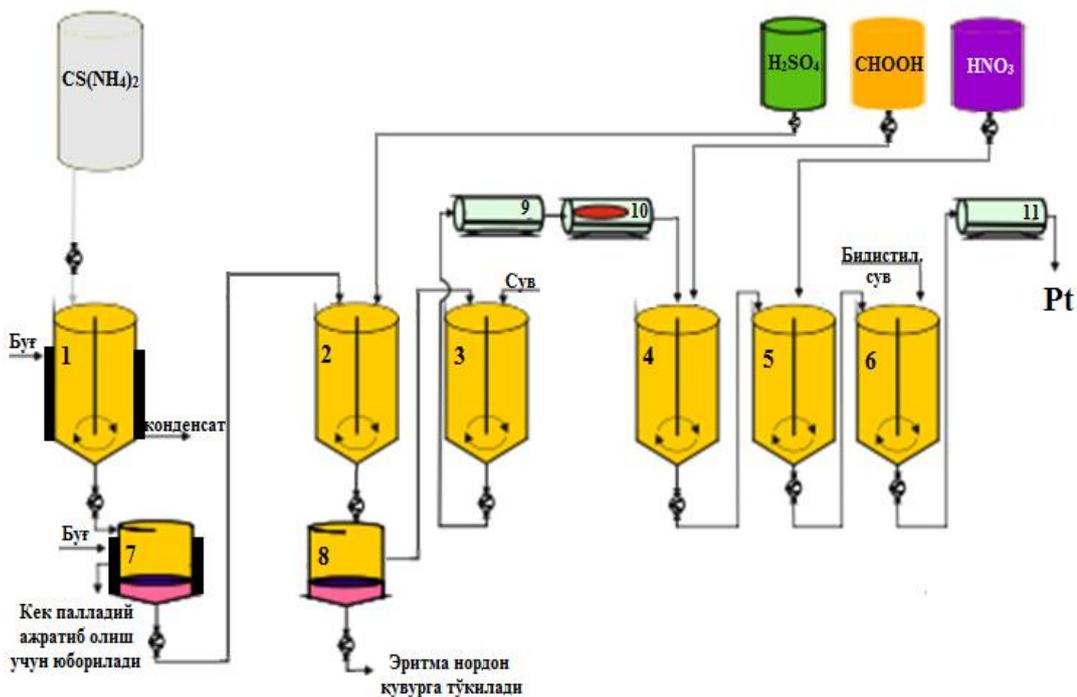


Дастлабки эритмани чўктириш жараёнига тайёрлаб, ундан аввалига палладийни, сўнгра платинани чўктириб олинади. Олинган платина таркибли чўкма ювилади ва қуритилади, сўнгра юқори хароратда куйдирилди. Куйдиришдан олинган платина кукуни иккиламчи қўшимчалардан органик ва ноорганик кислоталар эритмалари билан тозаланади (9 - расм).



**9-расм. Қайтарилишдан кейинги хар хил концентрацияли нитрат кислота эритмаларининг палладий ва рангли металларга таъсири**

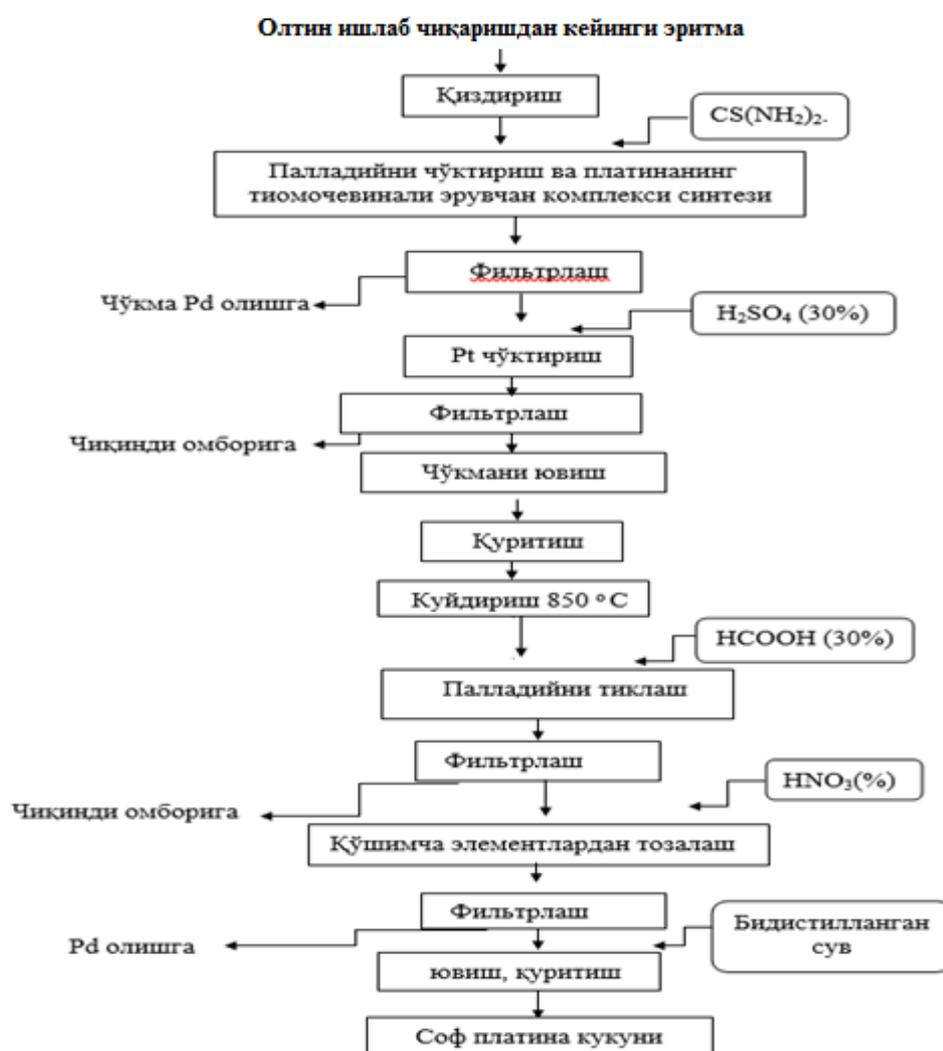
Ўтказилган кўп сонли тажрибалар натижасида барча технологик жараёнларни ўзида мужассамлаштирган платинани соф ҳолда олишнинг технологик тасвири яратилди (10-расмга қаранг).



**10-расм. Олтин электролизи ташландиқ эритмаларидан платинани ажратиб олиш технологиясининг дастгоҳлар занжир тасвири**

Ўз навбатида яратилган технологиянинг дастгоҳлар занжир тасвири ишлаб чиқилди (11-расм) ва асосланди.

1. Дастлабки эритмадан палладийни чўктириб олиш учун иссиқлик алмаштиргичли қурилма.
2. Эритмадан платинани чўктириш учун реактор.
3. Платинали чўкмани ювиш қурилмаси.
4. Платина кукунини чумоли кислотаси билан қайта ишлаш учун реактор.
5. Платина кукунини нитрат кислотаси билан қайта ишлаш учун реактор.
6. Платина кукунини бидистилланган сув билан ювиш учун қурилма.
- 7-8. Фильтрлар.
- 9-11. Қуритгичлар.
10. Платинали чўкмани юқори хароратда куйдириш учун муфел печи.



**11-расм. Олтин ишлаб чиқаришдан кейинги эритмалардан платина кукунини соф ҳолда ажратиб олишнинг таклиф этилган технологик тасвири**

Технологик жараённинг 14 босқичдан сўнг якунда олинган, тозаланган кукунда платинанинг масса улуши 99,2% ни ташкил қилди ва бу тозалик даражаси ГОСТ талабларига тўлиқ жавоб беради.

## ХУЛОСА

1. Платина таркибли комплекс бирикмалар сульфидлар, гидроксидлар, тиосульфатли, тиомочевинали ва аммонийли комплексларда платинани эркин ҳолда ажратиб олишнинг пирометаллургик ва гидрометаллургик усуллари ишлаб чиқилди.

2. Мис эритиш заводи олтин ва кумушни аффинажлаш цехи технологик эритмаларининг кимёвий, минералогик ва фазовий таркиблари аналитик таҳлиллари ўтказилди ва шу асосда платинани тўлиқ ажратиб олишнинг оптимал технологик режими тавсия этилди.

3. Платинани эритмадан чўктириш учун қиздирилган муҳитда 30% ли сульфат кислотаси эритмасида 40 дақиқа давомийликда платинани тўлиқ 98,87% гача чўкиши аниқланди.

4. Платинанинг тиомочевинали сульфат комплексини куйдиришнинг энг мукамал ҳарорати 850°C, куйдириш давомийлиги 2 соат эканлиги аниқланди.

5. Олинган платинали чўкманинг тўлиқ парчаланиши ва кукун таркибидаги Pt нинг ўртача тозалик даражаси 97,4% ташкил этиши аниқланди.

6. Платина кукунини кўшимчалардан тозалашда нитрат кислотаси кўлланилганда палладийнинг 46,8%, рангли металлариининг 59,1% дан ортиғи платина кукунидан тозаланиши исботланди.

7. Олтин электролизи ташландиқ электролитларидан платинани соф кукун ҳолида ажратиб олишнинг 14 босқичдан иборат технологик схемаси ишлаб чиқилди ва тозаланган кукунда платинанинг софлик даражаси 99,2% ни ташкил этиши аниқланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.К/Т.03.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ФАН ВА ТАРАККИЁТ» ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

---

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ФАН ВА ТАРАККИЁТ»  
ТАШКЕНТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени ИСЛАМА КАРИМОВА**

**УСМАНКУЛОВ ОРИФЖОН НАЗИРАЛИЕВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЧИСТОЙ  
МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАТИНЫ ИЗ СБРОСНЫХ РАСТВОРОВ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.  
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных,  
цветных и редких металлов (технические науки)**

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

**Ташкент – 2022**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2021.4.PhD/T2492

Диссертация выполнена в государственном унитарном предприятии «Фан ва тараққиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова и АО «Алмалыкский ГМК».

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу: (www.gurft.uz) и информационно-образовательном портале Ziyonet по адресу: www.ziyonet.uz

**Научный руководитель:** Хасанов Абдурашид Салиевич  
доктор технических наук, профессор,

**Официальные оппоненты:** Шарипов Хасан Турабович  
доктор химических наук, профессор  
Пирматов Эшмурат Азимович  
доктор технических наук

**Ведущая организация:** Алмалыкский филиал Национального  
исследовательского технологического университета  
«МИСиС»

Защита диссертации состоится «31» марта 2022 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019. К/Т.03.01 при ГУП «Фан ва тараққиёт» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73; e-mail: www.gurft.uz), в здании «Фан ва тараққиёт» ГУП, 2 этаж, зал конференций).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре ГУП «Фан ва тараққиёт» (зарегистрированный номером №12-22) (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Мирзо Голиба 7а тел.: (99871) 246-39-28; факс: (99871) 227-12-73).

Автореферат диссертации разослан «19» марта 2022 г.  
(протокол реестра №12-22 от 23 февраля 2022 г.)



*С.С. Негматов*  
С.С. Негматов  
Председатель Научного совета по  
присуждению учёных степеней, академик АН РУз,  
д.т.н., профессор

*М.Э. Икрамова*  
М.Э. Икрамова  
Учленый секретарь Научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.т.н., с.и.с.

*А.М. Эминов*  
А.М. Эминов  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире, где развита автомобильная промышленность, спрос на платину из года в год растет в Германии, Японии, США и других странах. По данным международной организации WPIC, в 2022-2023 годах ожидается рост потребления платины на 4%. В этом аспекте, при извлечении чистого металла платины определение способов переработки минерального и вторичного сырья, создание способов переработки шламов медеплавильных и никелевых цехов металлургических заводов, разработка технологии получения гравитационным методом на сланцевых месторождениях и усовершенствования существующих технологий, а также их внедрение имеет важное значение.

В мире ведущие мировые производители драгоценных металлов путем переработки отходов проводят масштабные исследования по разработке технологии чистого извлечения металлов платиновой группы (МПГ). В связи с этим, создание методов определения количества и химической структуры МПГ в сточных водах аффинажных заводов при извлечении МПГ из техногенных отходов, в том числе, подбор и обоснование осаждающих реагентов, химических и технологических факторов селективного осаждения платины из раствора, а также создание технологии извлечения чистой металлической платины из отработанных электролитных растворов золота и разработка ресурсосберегающих технологий имеет особое значение.

В республике в металлургической промышленности в целях выявления источников МПГ и комплексного извлечения всех ценных компонентов разрабатывается ряд усовершенствованных мероприятий по переработке минерального сырья и техногенных отходов, и достигаются определенные результаты. В Стратегии развития нового Узбекистана поставлены важные задачи по «...поднятию промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработке местного сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов продукции и технологий...»<sup>2</sup>. В этом аспекте важную роль играют исследования, направленные на создание и усовершенствование новых технологий извлечения драгоценных металлов из техногенных отходов медеплавильного завода (МЭЗ) АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 4 октября 2019 года №ПП-4477 «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую экономику» на период 2019-2030 годов», от 26 мая 2020 года №ПП-4731 «О дополнительных мерах по расширению производства цветных и драгоценных металлов на базе месторождений АО «Алмалыкский горно-

---

<sup>2</sup> Ш.М. Мирзиёев. Стратегия развития нового Узбекистана. – Ташкент. Изд.: «O'zbekiston», 2022, - 440 с.

металлургический комбинат», от 24 июня 2021 года №ПП-5159 «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химическая технология и нанотехнология».

**Степень изученности проблемы.** В мировой практике извлечение металлов платиновой группы из полезных ископаемых, отходов и вторичных продуктов научно – практические исследования проводили отечественные и зарубежные специалисты, в том числе Котляра Ю.А., Меретукова М.А., Стричка Л.С., Борбата В.Ф., Сошниковой Л.А., Санакулава К.С., Хасанова А.С., Абдукадирова А.А., Пирматова Е.А., Дудника А.Л., Юсупхаджаева А.А., Шарипова Х.Т., Якубова М.М., Чена Т., Меретукова М.А., Парабашкин Н.Н., Гаев А.И., Дутризич Дж., Хаффман Дж., Петкова Е., Купер В., Грейвер Т.Н., Лодшиков В.В., Букетов Е.А., Угорес М.З., Набойченко С.С., Чугаев Л.А., Гринберг А.А., Быстров В.П., Плаксин И.Н., Сагдиева М.Г., Даминова Sh.Sh., Лолейт С.И., Калмыкав Ю.М. и другие ученые внесли свой значительный вклад.

На основании анализа имеющихся работ, следует отметить, что были проведены комплексные исследования и разработаны различные методы для извлечения редких металлов из отходов электролитов в процессе электролиза и из редкометаллических отходов шлама. В то же время металлическая платина, содержащийся в заброшенном растворе медеплавильного завода АО «Алмаликский ГМК», был выпущен вместе с технологическими отходами до 2020 года. Данная диссертационная работа направлена на решение таких проблем, как создание технологии извлечения драгоценного металла платины в чистом виде, впервые из состава заброшенных растворов.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Государственного унитарного предприятия «Фан ва тараккиет» при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова совместно с АО «Алмаликский ГМК» на основании хозяйственного договора №02-2088 06.06.2012 г. на тему «Применение экологически чистых технологий производства меди без отходов, энерго- и ресурсосбережения».

**Целью исследования** является разработка технологии извлечения чистой металлической платины из сбросных растворов.

**Задачи исследования:**

научные исследования количества, химической структуры металлов платиновой группы, содержащихся в заброшенных растворах;

определение закономерности и свойств ионов платины, содержащихся в растворе, по различным факторам;

выбор и обоснование осаждающих реагентов и нормативных химических факторов селективности извлечения платины из раствора;

создание пирометаллургических факторов при извлечении платины из состава осадка и создание оптимального состава процесса очистки порошковой платины от вторичных добавок после обжига;

создание и рекомендация цепи схемы высокоэффективного и доступного технологического процесса извлечение платины из заброшенных растворов после производства золота.

**Объектами исследования** выбраны заброшенные растворы цеха аффинажа золота и серебра медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГК».

**Предметом исследования** является разработка эффективной технологии селективного осаждения платины из заброшенных растворов сульфатным методом, выделение чистого порошка платины из осадка.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы комплексные методы исследования, таких как, физико-химические методы анализа, в том числе электронная микроскопия и рентгенофазовый анализ, масс-спектрометрический анализ (ICP-MS) и другие современные методы переработки отходов гидро- и пирометаллургии редких и цветных металлов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

научно обоснована зависимость химических факторов от образования растворимого комплексного соединения раствором хлорида платины с тиомочевинной в растворе;

разработан технологический режим селективного осаждения ионов платины с низкой степенью окисления в растворе в виде сульфатных комплексных соединений;

обоснованы оптимальные факторы восстановления платины из состава нерастворимого сульфатного комплекса до порошкового состояния путем пирометаллургического разложения;

выявлены химические нормативные факторы очистки порошка платины от небольшого количества вредных добавок в его составе раствором 30% азотной кислоты;

разработана новая технология, основанная на основных факторах процесса извлечения платинового металла в чистом виде из растворов с низким содержанием (Pt-100-300 мг/л) после производства золота.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

из отброшенных растворов после производства золота были определены оптимальные коэффициенты для полного (99%) осаждения платины, и была разработана новая технология извлечения металла платины от последующих остаточных растворов в чистом виде;

ионы платины и палладия в хлоридных растворах были полностью извлечены друг от друга с помощью селективного осаждения, и был разработан технологическое описание для извлечения металла платины из растворов с низким содержанием после производства золота;

разработанная новая технология извлечения металла платины из растворов с низким содержанием была применена в промышленных масштабах на АО «Алмалыкский ГМК» МПЗ в цехах аффинажа золота и серебра и получены положительные результаты.

**Достоверность полученных результатов** обоснована совокупностью использованием физико-химических, минералогических, (ICP-MS и ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ и химический анализ) методов анализа, экспериментальные испытания, результаты промышленных испытаний, результаты химического анализа, полученные из Центральной лаборатории АО «Алмалыкский ГМК» и поясняется актами испытаний.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в том, что все результаты, полученные при переработке техногенных отходов, изучаются в виде таблиц, диаграмм, пространственного анализа и графических методов, которые объясняются разработкой всех основных технологических факторов, влияющих на процесс теоретически протекающие химические реакции.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем фактом, что помимо платинового металла, полученных в области переработки технологических отходов, в результате, за месяц было получено меди, более 3 кг палладия.

**Внедрение результатов исследования.** На основе проведенных научных исследований по разработке технологии извлечения чистой металлической платины из сбросных растворов получены следующие результаты:

в АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» внедрена новая технология производства платинового порошка (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №АА-001300 от 14 февраля 2022 года). В результате платиносодержащий осадок был пирометаллургически переработан, что позволило получить порошок, содержащий 96,0-97,5% платины;

в АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» внедрена новая гидрометаллургическая технология рафинирования платинового порошка (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №АА-001300 от 14 февраля 2022 года). В результате, появилась возможность извлекать порошок платины со степенью чистоты 99,2%, с выходом чистой платины 86%;

технологические инструкции по извлечению платины разработаны и внедрены на медеплавильном заводе АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (ТИ 00193950.44.004-3:2020) (справка АО

«Алмалыкский горно-металлургический комбинат» №АА-001300 от 14 февраля 2022 года). В результате на медеплавильном заводе в чистом виде была извлечена платина, что позволило повысить экономическую эффективность комбината.

**Апробация результатов исследования.** Апробация результатов данного исследования произведена на 7 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 17 научных работ, из них 1 монография, в научных изданиях рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, опубликованы 4 статей, в том числе 3 из которых в республиканских и 1 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списки использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 115 страниц компьютерного текста.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, изложена степень изученности проблемы, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, указано соответствие исследовательской работы важным направлениям развития науки и техники, а также представлена информация о научной новизне исследования, достоверности результатов, теоретической и практической значимости, внедрении результатов в практику, публикации, структуре работы.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Аналитический анализ мировой практики и технологии производства платины»**, был проведен анализ литературы по технологиям извлечения металлов платиновой группы из их состава на основе добычи полезных ископаемых и технологии переработки и теоретически исследованы возможности извлечения металла платины в чистом виде в условиях Узбекистана. Кроме того, АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» предоставляет теоретическую, приблизительную информацию о создании технологий чистого извлечения платинового металла от заброшенных растворов золотого электролита шлака медной промышленности.

АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» перерабатывает руды месторождений Кальмакир, Синегоре медно-молибденовый, а также руды Каулди, Окупрок, Кучбулак, Кайрагач, Кизилолма, Арабулак и других золотосодержащих рудников. Из рудников извлекаются медь, молибден, рений, селен, теллур и дорогие металлы. В системе производства меди из последних техногенных отходов меди можно использовать в качестве сырья при извлечении металлов платиновой группы. В настоящее время в мировой

практике широко развито получение металлов платиновой группы спутниковым методом при разделении тяжелых цветных металлов, редких и редкоземельных металлов. В связи с этим создание технологии чистого извлечения металла платины из заброшенных растворов золотого электролита подчеркивает актуальность и важность темы диссертации.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «Объекты и методы получения чистого порошка платины», в качестве объектов исследования были выбраны объекты по выплавке золота и серебра. Состав шлаков металлами платиновой группы после электролиза меди представлен в таблице 1. В мире на предприятиях по переработке платины такой шлам с низким содержанием металлов платиновой группы не перерабатывается. При обработке этих шламов в основном производится металлические золото и серебро. А металлы платины и палладия можно будет отделить только спутниковым методом. В глобальном масштабе такой медный и никелевый шлам перерабатывается различными пиро- и гидрометаллургическими методами.

Таблица 1

Химический состав медного шлама, %

Продукт	Количество элементов, %								
	Au	Ag	Pd	Pt	Cu	Se	Te	Rh	SiO <sub>2</sub>
Шлам меди	4,2	29,8	0,05	0,02	11,4	9,8	2,1	0,0001	5,5
Шлам меди	3,9	27,7	0,04	0,03	10,9	10,6	2,3	0,00004	4,8

Минералогический состав и структура медных шламов после электролиза также изучались под сканирующим электронным микроскопом «JSM-IT200».

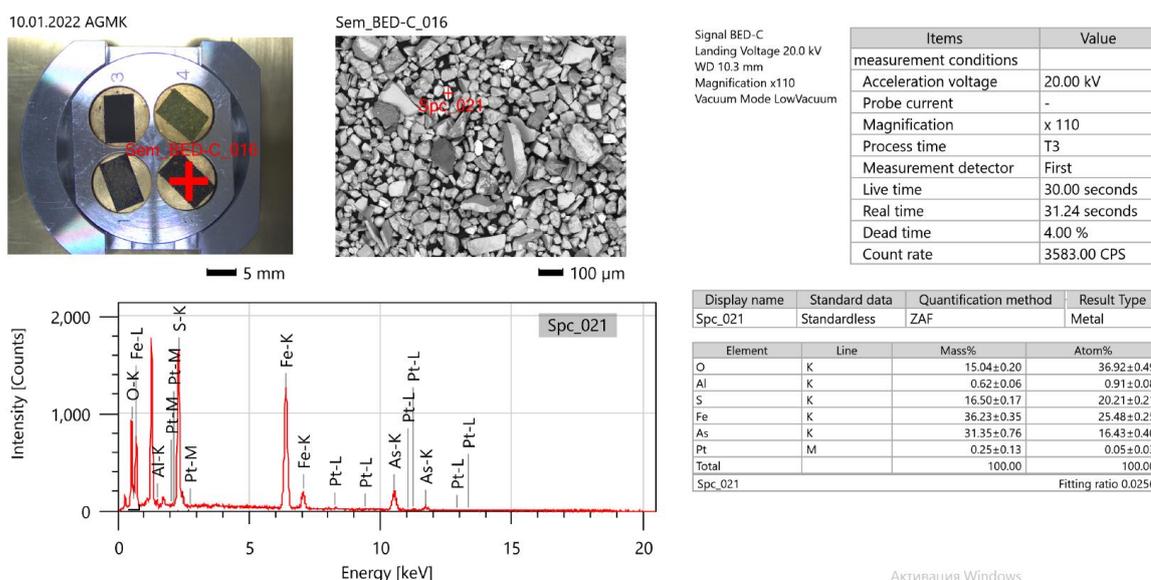
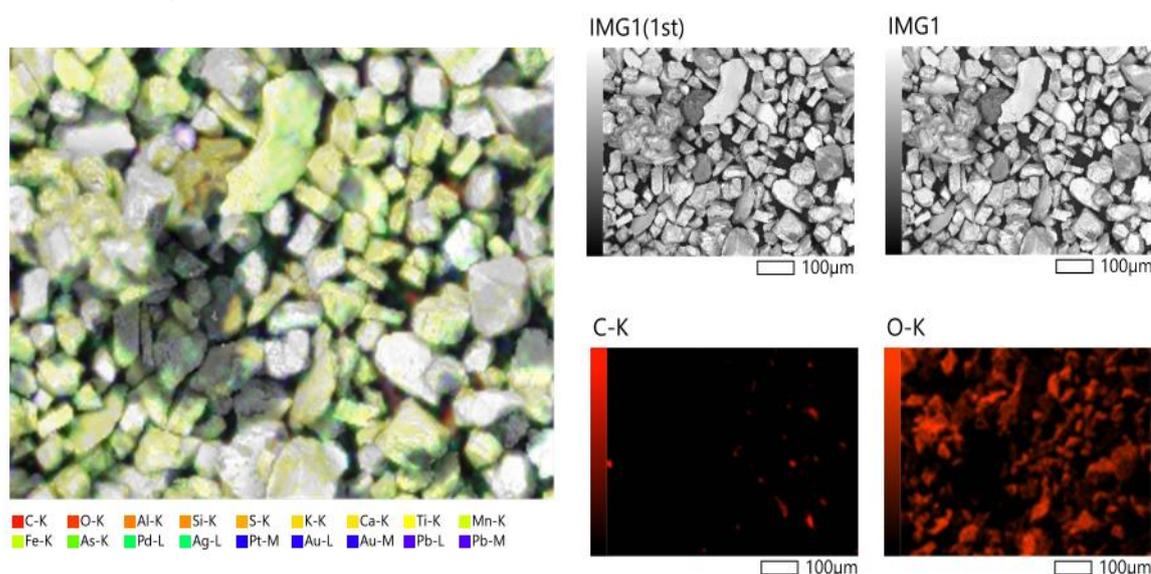


Рис. 1. Электронно-микроскопический анализ медного шлама \* 110

Как видно из рисунка 1, содержание платины в медном шламе считается высоким, причина в том, что в процессах переработки меди из шахты увеличивается основное количество платины, а в медном шламе платина увеличивается в концентрированном состоянии. В процессах производства МПЗ проверяется состав шлама электролиза меди периодический, и количество платины, содержащейся в шламе, составляет в среднем 0,02%, но в сканирующем электронном микроскопе было определено, что некоторые частицы в шламе содержат больше платины и находятся в сочетании с элементами Ag, As, С.

В ходе анализа было установлено, что чем плотнее содержание шлака, т.е. лучи, тем ярче были изучены возвращенные куски, тем больше палладия и кислорода было в сочетании с платиной, а количество платины в этом слое составляло 0,25%.



**Рис. 2. Электронно-микроскопический анализ элементов в медном шламе (увеличенный в 200 раз)**

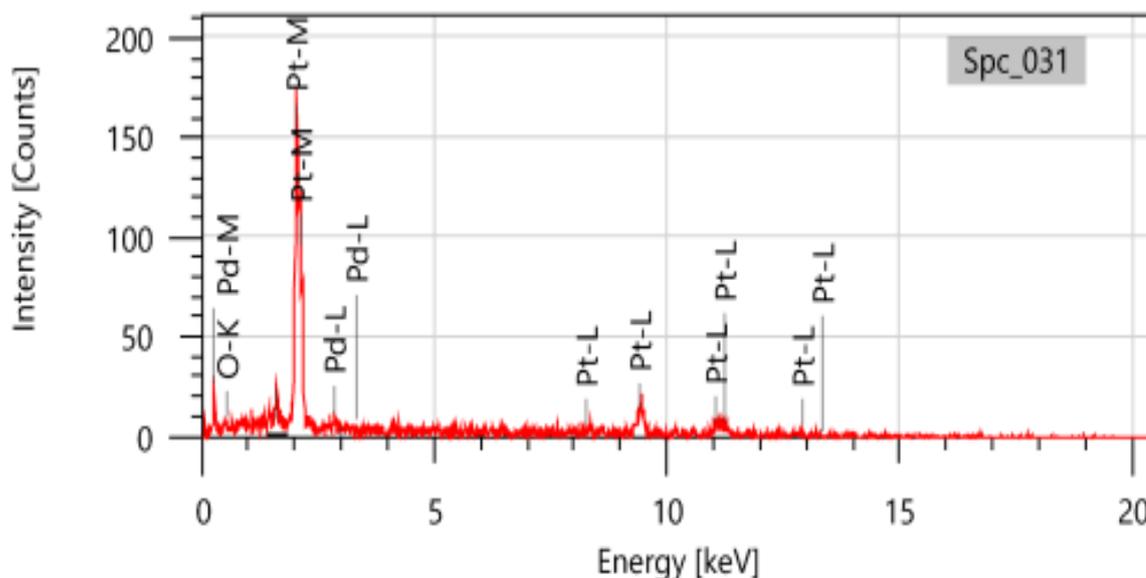
На рисунке 2, изображено расположение и общий вид всех элементов, присутствующих в медном шламе.

Процесс переработки медного электролизного шлама начинается с плавления цветных металлов с помощью серной кислоты. В этой ситуации дорогостоящие металлы остаются в нелетучем остатке и направляются в процесс затвердевания. Сульфаты цветных металлов возвращаются в основное производство. Для лучшей плавки цветных металлов часто селективно перерабатывают пирометаллургическим процессом (нагрев, обжиг, восстанавливающее расплавления).

В ходе исследования аналитический анализ платины и других элементов, содержащихся в сырье и продуктах, проводился в основном в виде раствора. Когда металлы платиновой группы находились в составе раствора или когда была возможность перевести их в раствор, использовался

метод определения их количества методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Из результатов химического анализа видно, что пики очищенного порошка чистой платины указывают на высокое содержание платины в порошке, а также значительный процент даже палладия по сравнению с другими добавками.



**Рис. 3. Результаты атомно-абсорбционной спектроскопии очищенного порошка платины**

В третьей главе диссертации под названием «**Исследование и практическое обоснование технологии выделения платины из отработанных растворов**» представлено исследование извлечения платины из состава медного шлама после отделения золота и серебра, из отработанных растворов электролита золота путем очистки платины от различных осадков и добавок в чистом виде.

Согласно результатам спектрального анализа, содержание растворов после электролиза золота подтверждается наличием платины, а также ионов палладия. Известно, что из-за сходства физических и химических свойств платины и палладия отделение их друг от друга в чистом виде представляет собой сложный процесс. Обычно платину и палладий разделяют электрохимическим методом. Гальваническое покрытие металлов является относительно новым и менее изученным методом. Поэтому было проведено множество экспериментальных испытаний по осаждению платины с помощью избирательно осаждающихся реагентов из раствора. При проведении экспериментов в качестве осадителей ионов платины в растворе использовались вещества образующие нерастворяющиеся комплексные соединения с платиной. Во всех экспериментах по осаждению использовался исходный раствор одного и того же состава.

На осаждении платины первоначально испытывался тиосульфат натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Для осаждения платины из раствора тиосульфат натрия растворяли в воде, проводили эксперименты по ее осаждению с ее растворами. Эксперименты по осаждению проводились при различных концентрациях раствора тиосульфата натрия. Основываясь на результатах экспериментов по осаждению платины тиосульфатом натрия, можно привести следующее. Оказалось, что 50% концентрация раствора тиосульфата натрия лучше всего влияла на осаждение платины. Этот показатель в палладии составляет 50-55%. Из экспериментов можно сделать вывод, что действие тиосульфата натрия на хлорид платины и палладия в растворе является неполным. То есть раствор тиосульфата натрия не мог полностью осаждать платину и палладия из раствора.

Известно, что тиомочевина в растворе образует нерастворимые комплексы с МПГ. Для изучения свойств селективного осаждения платины из раствора тиомочевины были получены исходные растворы объемом 2 л в 6 химических стаканчиках и к ним добавлены растворы тиомочевины различной концентрации. При приготовлении растворов тиомочевины объем раствора рассчитывали по количеству платины и палладия. Растворимость тиомочевины в воде не очень высока ( $22,7^\circ\text{C} - 13,2 \text{ г}$ ,  $60,2^\circ\text{C} - 66,7 \text{ г}$ ), поэтому при приготовлении раствора тиомочевины использовалась горячая вода.

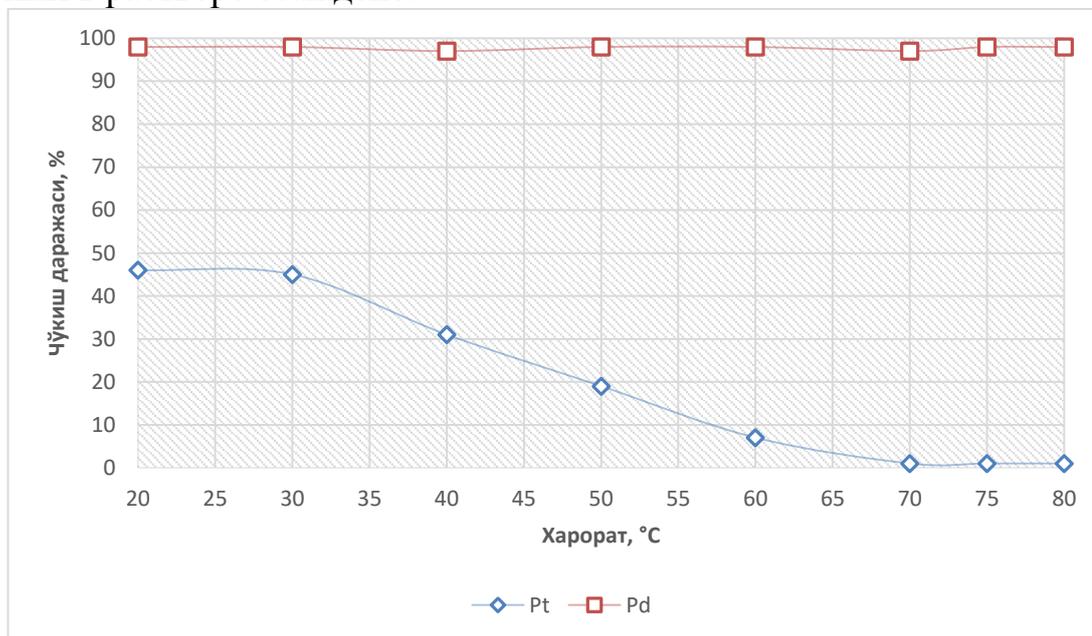
Таблица 2

**Результаты процесса осаждения платины с использованием  
раствора тиомочевины**

Концентрация раствора тиомочевины, %	Исходное количество Pt и Pd в растворе, мг/л		Количество Pt и Pd в растворе после осаждения, мг/л		Степень перехода в осадок, %	
	Pt	Pd	Pt	Pd	Pt	Pd
10	321	226	171	20	46,7	91,1
15	321	226	176	13	45,1	94,2
20	321	226	181	17	43,6	94,7
25	321	226	186	11	42,0	96,5
30	321	226	152	10	52,6	96,88
35	321	226	147	11	54,2	96,5

На основании экспериментов было изучено, что для осаждения 642 мг платины требуется  $0,642 \cdot 80 / 195 = 0,26 \text{ г}$ , для осаждения палладия 0,34 г., всего 0,6 г тиомочевины. Исходя из этого, что выход реакции не происходит полностью, была приготовлена тиомочевина в 1,5 раза превышающем количеством  $0,6 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ г}$ . Результаты процесса осаждения платины раствором тиомочевины полностью приведены в диссертации.

Согласно результатам анализа, когда раствор тиомочевины добавляли к нагретому раствору, было известно, что палладий полностью выпадал в осадок 95,1%, частично платина 2,1%. Затем, после добавления раствора серной кислоты к отфильтрованному раствору, было определено, что 98,9% платины в растворе осаждено.



**Рис. 4. Зависимость температуры от степени осаждения платины и палладия в растворе**

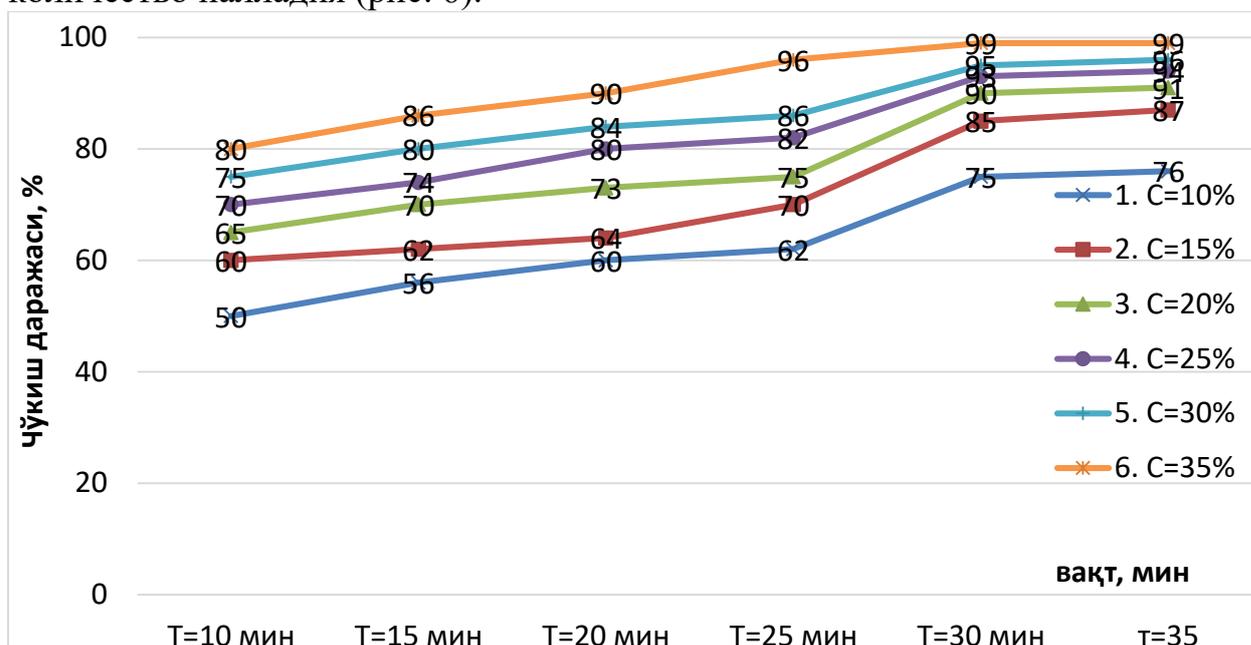
На рисунке 4, объясняется зависимость температуры от степени осаждения платины и палладия в растворе, на которой мы видим максимальный уровень осаждения палладия и минимальное осаждение платины при температуре 80°C. Из этого вывода следует, что в растворе тиомочевины сначала получают осадок платины, а затем платиновый осадок получают из отфильтрованного раствора с помощью раствора серной кислоты.

Когда палладий был осажден, оставшейся раствор был передан на физико-химический анализ, согласно которому стало известно, что в составе раствора осталось 14 мг/л палладия и 318 мг/л платины. Затем при осаждении платины из раствора испытывали 10-35%-ные растворы серной кислоты. Результаты теста описаны на рисунке 5 в виде диаграмм.

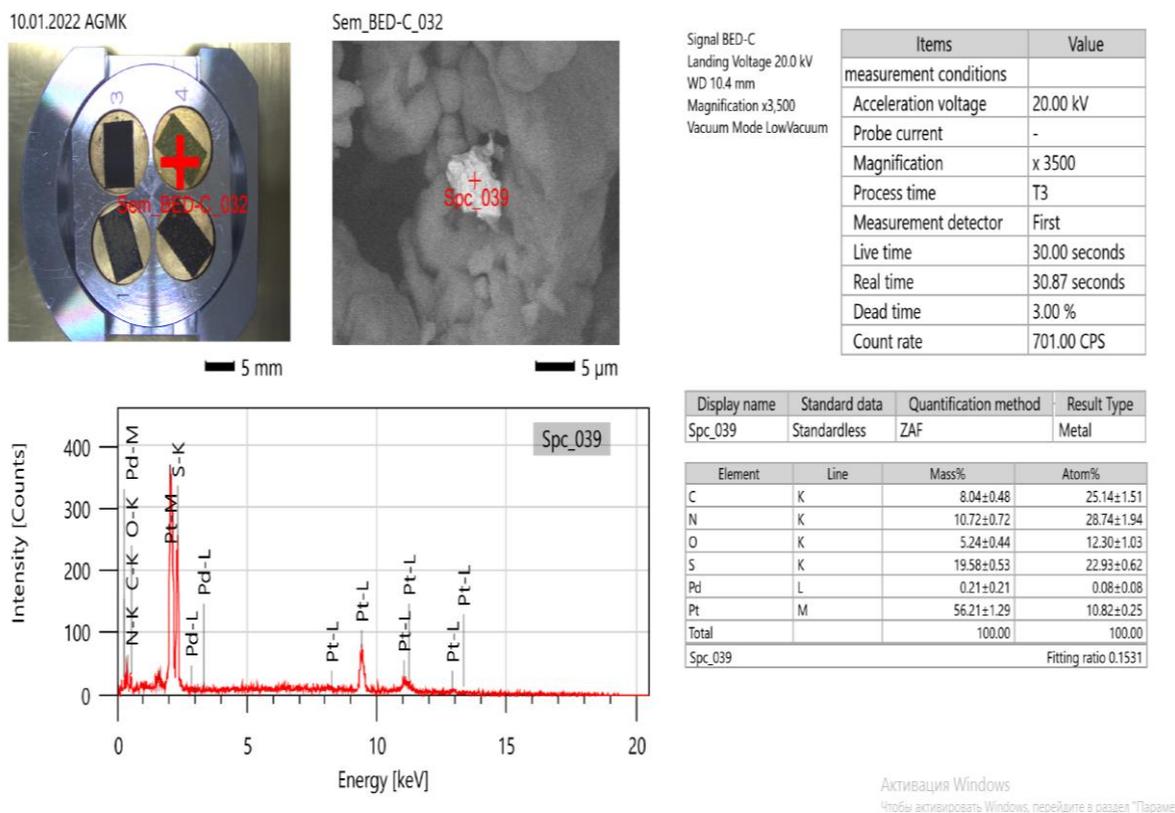
30%-ный раствор серной кислоты был приготовлен путем смешивания концентрированной серной кислоты и дистиллированной воды. В случае, когда раствор осажденного палладия продолжает нагреваться, постепенно добавляют приготовленный для него раствор серной кислоты. В растворе осаждается сульфатный комплекс тиомочевина темно-оранжево-желтой блестящей платины.

После процесса осаждения осадок фильтровали, осадок платины  $[PtSC(NH_2)_2]SO_4$  тщательно промывали водой, а промытый осадок помещали в специальные тигели и сушили в электроплите.

После высыхания был изучен состав осадка (см. рис. 6). Также на изображениях анализа были видны точки, представляющие низкое количество палладия (рис. 6).



**Рис. 5. Зависимость концентрации раствора серной кислоты от продолжительности процесса на степень осаждения платины**

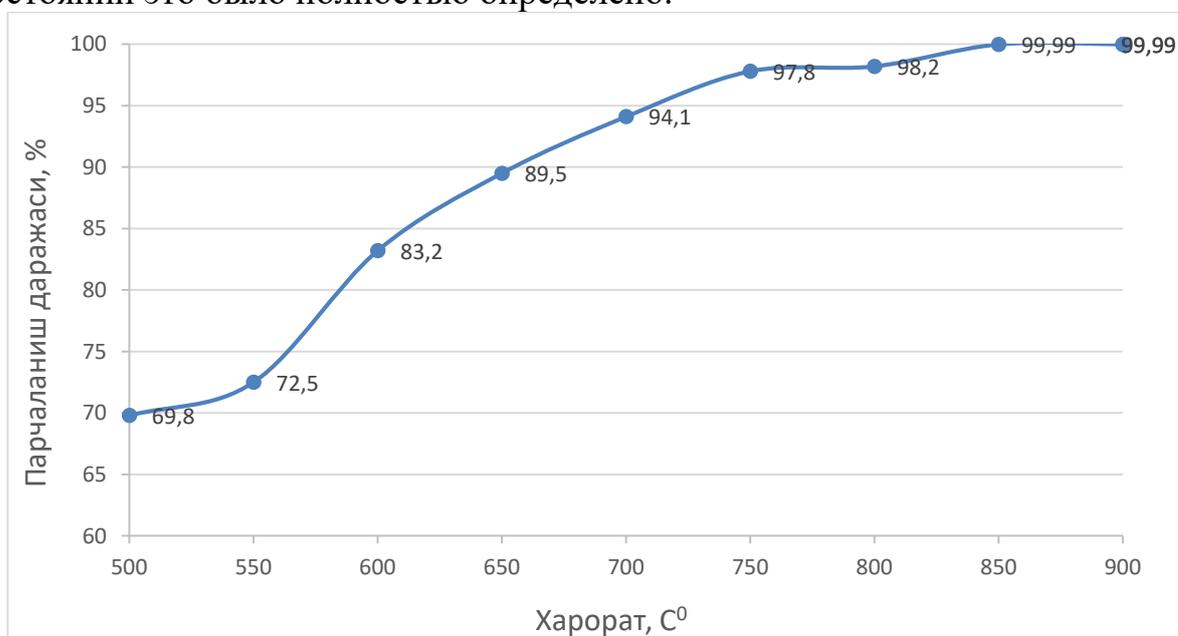


**Рис. 6. Изображение осаждения платины и анализ ее химического состава, увеличенное в 3500 раз**

Это означает, что в составе осадка присутствует небольшое количество палладия. Также было обнаружено, что форма частиц этого сложного осадка имеет форму кристаллов с многоугольным краем.

Если принять во внимание, что состав образующегося осадка  $[\text{PtSC}(\text{NH}_2)_2]\text{SO}_4$  состоит в основном из неметаллических элементов (кроме платины), то считалось приемлемым разлагать другие элементы из осадка пирометаллургическим методом и переводить их в газообразное состояние. Поэтому были изучены термические свойства платиносодержащего осадка и проведены эксперименты по его разложению в высоких температурах.

Результаты проведенных экспериментов показали, что способом термического разложения осажденной платины можно восстанавливать ее в платину в металлическом виде. Было изучено влияние температуры на процесс очистки, осуществляемый осаждением в муфельной печи (см. рис. 7), и при температуре  $900^\circ\text{C}$  теоретически было возможно полностью разложить осаждение и отделить платину в чистом виде, и в практическом состоянии это было полностью определено.



**Рис. 7. Зависимость изменения температуры от распада платиновых комплексов**

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Создание технологии извлечения чистой платины от технологических растворов», была разработана технология извлечения платины от технологических растворов с использованием различных комплексов гидрометаллургических и пирометаллургических методов.

Чтобы осадить палладий из раствора и полностью оставлять платину в растворе, раствор загружают в специальный реактор-теплообменник, нагревают до  $70^\circ\text{C}$  и, согласно результатам анализа, добавляют в него раствор тиомочевины (100 г/л) в соответствии с количеством платины и палладия в растворе. В этом случае палладий быстро реагирует с

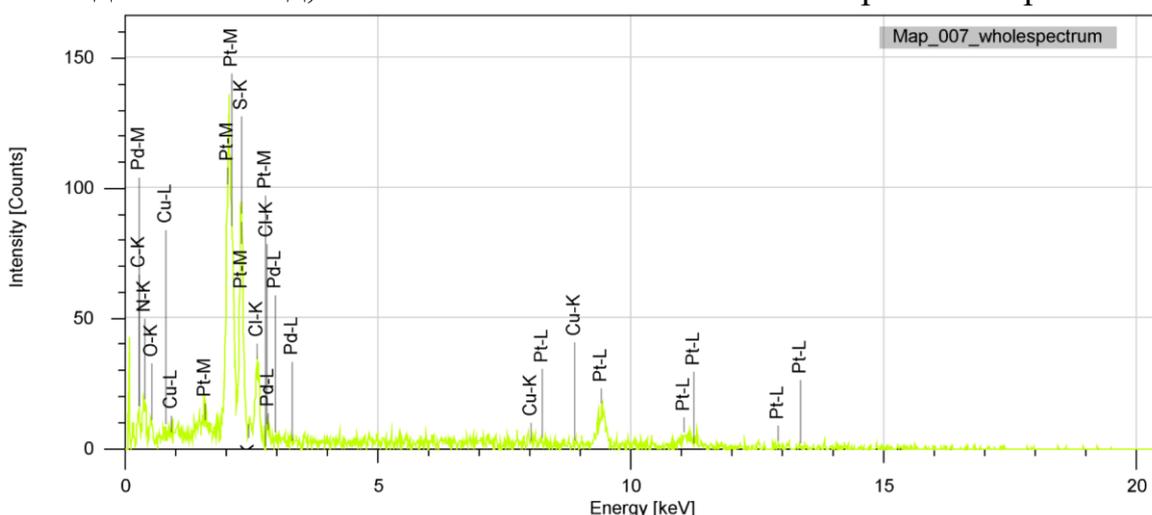
тиомочевинной с образованием малорастворимого комплекса хлорида палладия с тиомочевинной. Платина, с другой стороны, образует растворимый в тиомочевине комплекс.



После того, как палладия будет осаждаться, раствор снова продолжают нагревать. Затем для отделения осадка фильтруют. После этого раствор направляют на обработку серной кислотой для полного осаждения платины из раствора.

Продолжительность полного процесса осаждения платины составляла 25-30 минут, литье, процесс которого до 35 минут не меняет технологических показателей, поэтому была введена в технологическую инструкцию, в результате экспериментов было определено, что продолжительность осаждения платины серной кислотой составляла 30 минут.

Полученное платиново-желтое кристаллическое вещество было проанализировано в рентгеновском дифрактометре, изучено количество и структура содержащихся в нем элементов (рис. 8). Из результатов анализа можно сделать вывод, что это отложение может быть термически разложено.



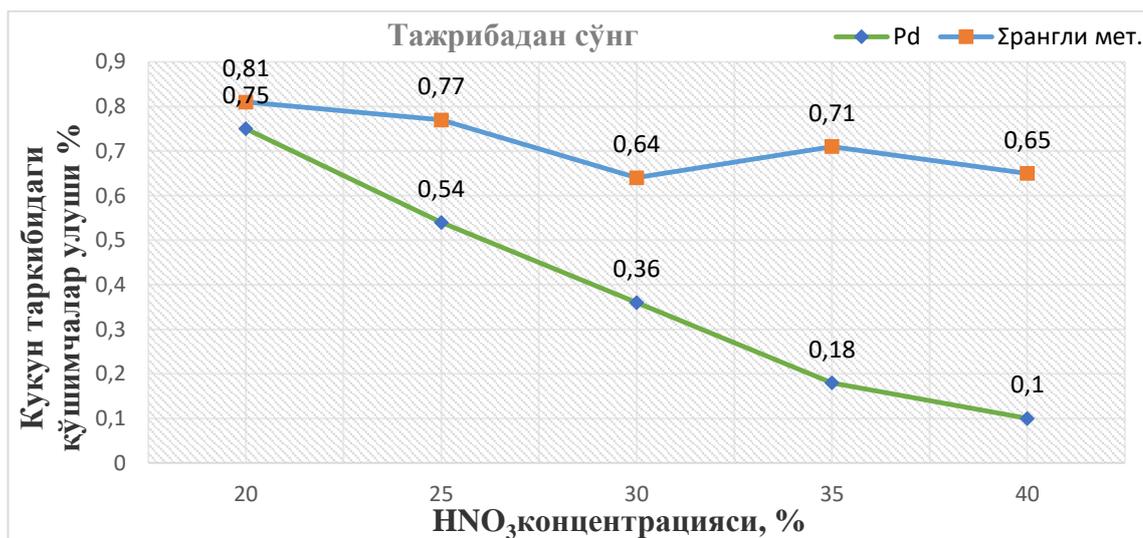
**Рис. 8. Рентгеноструктурный анализ платиносодержащего комплексного осадка**

Рентгеновский дифрактометрический анализ осадка показывает, что уровень чистоты платины в осадке высок, однако для ее получения в чистом виде требуется химическая обработка.

Комплексное соединение тиомочевинны с платиной  $[\text{Pt}_4\text{SC}(\text{NH}_2)_2\text{SO}_4]$  после полного осаждения, осадок фильтруют и тщательно промывают дистиллированной водой, а затем сушат. Для проверки платины, содержащейся в полученном растворе, отправляют на анализ методом дифрактометрии. По результатам анализа, если количество платины меньше нормы, раствор направляется в склад отходы.

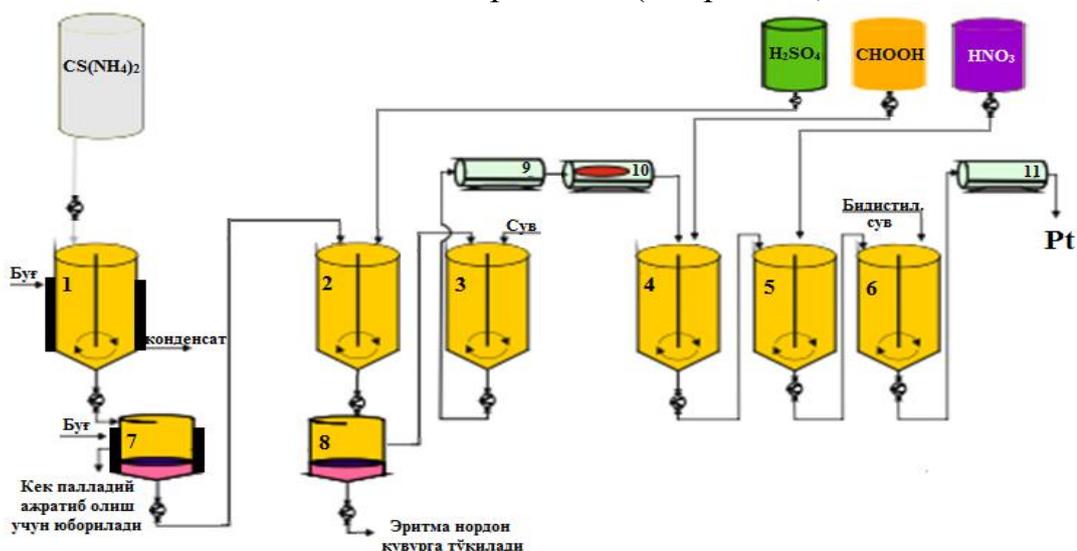
Полученный порошок платины для очистки от добавок обрабатывают муравьиной кислотой, а полученный порошок платины обрабатывают раствором азотной кислоты с целью очистки от других цветных металлов и палладия.

Подготавливая исходный раствор для процесса осаждения, его сначала получают путем осаждения палладия, а затем платины. Полученный платиносодержащий осадок промывают и сушат, а затем обжигают при высокой температуре. Порошок платины после обжига очищают от вторичных добавок растворами органических и неорганических кислот (рис. 9).



**Рис. 9. Влияние растворов азотной кислоты различной концентрации после восстановления палладия и цветных металлов**

В результате проведенных многочисленных экспериментов был создан технологическая схема получения платины в чистом виде, в котором воплотились все технологические процессы (см. рис. 10).



**Рис. 10. Цепочка станков технологии извлечения платины из заброшенных растворов электролиза золота**

В свою очередь, было разработано цепочка станков созданной технологии (рис. 11).

1. Устройство с теплообменником для осаждения палладия из исходного раствора.
2. Реактор для осаждения платины из раствора.
3. Устройство для промывки осаждения платины.
4. Реактор для обработки порошка платины муравьиной кислотой.
5. Реактор для обработки порошка платины азотной кислотой.
6. Устройство для промывки порошка платины бидистиллированной водой.
- 7-8. Фильтры.
- 9-11. Сушилки.
10. Муфельная печь для обжига осаждения платины при высокой температуре.

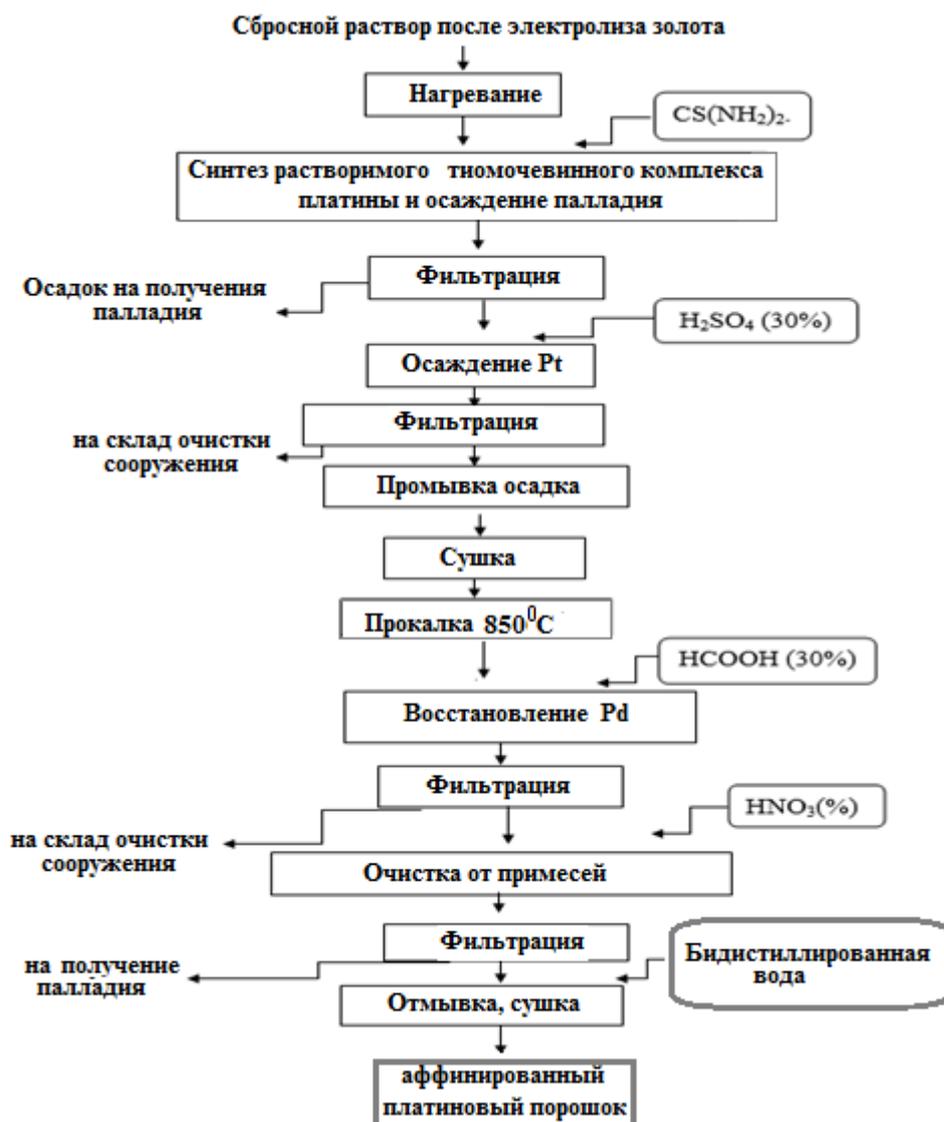


Рис. 11. Предлагаемая технологическая схема извлечения порошка платины в чистом виде от растворов после получения золота

После 14 стадий технологического процесса массовая доля платины в очищенном порошке, полученная в конце которого, составляет 99,2%, и эта степень чистоты полностью соответствует требованиям ГОСТ.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны пирометаллургические и гидрометаллургические методы свободного извлечения платины в комплексных соединениях сульфидов, гидроксидов, тиосульфата, тиомочевин и солей аммония.

2. Рекомендован оптимальный технологический режим полного отделения платины на основе проведенных аналитических анализов химического, минералогического и пространственного состава технологических растворов медеплавильного завода по добыче золота и серебра.

3. Выявлено полное осаждение платины 98,87% из нагретого раствора 30%-ным раствором серной кислоты и в течение 40 минут.

4. Установлено, что наиболее идеальная температура для обжига комплекса сульфата тиомочевин платины составляет 850°C, продолжительность горения составляет 2 часа.

5. Выявлено полное разложение полученного осадка платины, и средний уровень чистоты Pt в содержании порошка составил 97,4%.

6. Доказано очистка порошков платины из добавок с использованием азотной кислоты, из порошка платины было очищено 46,8% палладия, более 59,1% цветных металлов.

7. Разработана 14 стадийная технологическая схема извлечения платины из заброшенных растворов электролита золота в виде чистого порошка, в котором уровень чистоты платины составляет 99,2%.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03 / 30.12.2019.K / T.03.01 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES OF THE STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN  
VA TARAKKIYOT» AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

---

**STATE UNITARY ENTERPRISE «FAN VA TARAKKIYOT»  
OF TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**USMANKULOV ORIFJON NAZIRALIEVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE EXTRACTION OF PURE  
METALLIC PLATINUM FROM WASTE SOLUTIONS**

**05.02.01 - Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and  
pressure treatment of metals. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals  
(technical sciences)**

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

**Tashkent – 2022**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2021.4.PhD/T2492.

The dissertation was completed at the State Unitary Enterprise «Fan va Tarakkiyot» of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov and JSC «Almalyk MMC».

The abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the website of the Scientific Council ([www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)) and on the information and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Research supervisor:** Xasanov Abdurashid Saliyevich  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** Sharipov Hasan Turabovich  
doctor of chemical sciences, professor

Pirmatov Eshmurat Azimovich  
doctor of technical sciences

**Leading organization:** Almalyk branch of the National University of  
Science and Technology «MISIS»

The defense thesis will take place on March «31» at 14<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council No. DSc 03/30 12.2019, K/T 03.01 at Tashkent State technical university named after Islam Karimov at State unitary enterprise «Fan va tarakkiyot», (Address:100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. tel/fax:(+99871) 246-39-28/(+998971) 227-12-73, e-mail: [gupft@inbox.uz](mailto:gupft@inbox.uz)).

The dissertation can be reviewed at the information resourcecenter of the state unitary enterprise «Fan vatarakkiyot», (is registered under No 12-22). Address:100174, Tashkent city, Almazar district, Mirzo Golib street, 7a. tel/fax:(+99871) 246-39-28/(+998971) 227-12-73, e-mail: [www.gupft.uz](http://www.gupft.uz)).

Abstract of dissertation sent out on March «19» 2022 y.  
(mailing report No.12-22 at 23 February 2022 y.)



*S.S. Negmatov*

**S.S. Negmatov**  
Chairman of the scientific council for awarding scientific degrees,  
Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
doctor of technical sciences, professor

*M.E. Ikramova*

**M.E. Ikramova**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, s.r.a

*A.M. Eminov*

**A.M. Eminov**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of the (PhD) dissertation)

**The aim of the research work is** to development of technology for the extraction of pure metallic platinum from waste solutions.

**The objects of research** are were abandoned solutions of the gold and silver refining shop of the copper smelter of «Almalyk MMC» JSC.

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

the dependence of chemical factors on the formation of a soluble complex compound with a solution of platinum chloride with thiourea in solution is scientifically substantiated;

a technological mode of selective deposition of platinum ions with a low degree of oxidation in solution in the form of sulfate complex compounds has been developed;

optimal factors of platinum reduction from the composition of an insoluble sulfate complex to a powder state by pyrometallurgical decomposition are substantiated;

chemical regulatory factors of purification of platinum powder from a small amount of harmful additives in its composition with a solution of 30% nitric acid have been identified;

a new technology has been developed based on the main factors of the process of extracting platinum metal in pure form from solutions with a low content (Pt-100-300 mg/l) after gold production.

**Implementation of research results.** Based on the conducted scientific research on the development of technology for the extraction of pure metallic platinum from waste solutions, the following results were obtained:

a new technology for the production of platinum powder was introduced at «Almalyk Mining and Metallurgical Plant» JSC (certificate of «Almalyk Mining and Metallurgical Plant» JSC No. AA-001300 dated February 14, 2022). As a result, the platinum-containing precipitate was pyrometallurgically processed, which made it possible to obtain a powder containing 96.0-97.5% platinum;

«Almalyk Mining and Metallurgical Plant» JSC has introduced a new hydrometallurgical technology for refining platinum powder (reference of «Almalyk Mining and Metallurgical Plant» JSC No. AA-001300 dated February 14, 2022). As a result, it became possible to extract platinum powder with a purity of 99.2%, with a yield of pure platinum 86%;

technological instructions for platinum extraction were developed and implemented at the copper smelting plant of «Almalyk Mining and Metallurgical Plant» JSC (TI 00193950.44.004-3:2020) (reference of «Almalyk Mining and Metallurgical Plant» JSC No. AA-001300 dated February 14, 2022). As a result, platinum was extracted in its pure form at the copper smelter, which made it possible to increase the economic efficiency of the plant.

**The structure and scope of the thesis.** The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, bibliography and appendices. The volume of the thesis is 115 pages.

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

**I бўлим (I часть, part I)**

1. Абдуқодиров А.А., Вохидов Б.Р., Усманкулов О.Н., Хасанов А.С. Платина // Монография, Тошкент: “Muharrir nashriyoti” 2022 й., - 276 бет.
2. Абдуқодиров А.А., Усманкулов О.Н., Хасанов А.С., Алматова И.У. Ўзбекистон платинаси ва дунё миқёсидаги унинг олиниш технологиялари // Композицион материаллар, 2020 й., №4, 252-257 б. (05.00.00; №13).
3. Хасанов А.С., Усманкулов О.Н., Икрамова М.Э. Способ очистки платинового порошка от примесей. Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 8(89). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12185> стр. (02.00.00 №1).
4. Хасанов А.С., Усманкулов О.Н., Икрамова М.Э., Хасанов У.А. Способ извлечения платины из растворов аффинажа золота // Горный вестник, 2021 г., 3, №86, - С. 73-77 (05.00.00; №7).
5. Хакимов К.Ж., Усманкулов О.Н., Хасанов А.С. Ташалиев Ф.У. Переработка техногенных отходов, хвостов гравитационным методом // Композицион материаллар, 2021 й., №4, - С. 141-144 (05.00.00; №13).

**II бўлим (II часть; part II)**

1. Усманкулов О.Н., Шаматов С.А., Вохидов Б.Р. Основных химические взаимодействия примесей палладия из растворов. Труды XXVIII-научно-технической конференции молодых ученых, магистрантов и студентов бакалавриата 9-16 апрель, г.Ташкент, 2019 г. - С. 47-48.
2. Khasanov A.S., Vohidov B.R., Usmankulov O.N. The scientific explanation of the technologies to get pure palladium powder from recycled electrolytes. Materials of international scientific and practical conference “Modern problems and innovative technological solutions for processing non-made deposits of almaluk mmc” 18-19 апреля 2019 г. - С. 122-125.
3. Хасанов А.С., Вохидов Б.Р., Усманкулов О.Н., Толибов Б.И. Разработка технология очистки палладиевого порошка из примесей // Материалы Республиканская научно-техническая конференция. Ресурсо- и энергосберегающие, экологически безвредные композиционные и наноконпозиционные материалы, 25-26 апреля 2019 г.
4. Усманкулов О.Н., Шаматов С.А. Саноат ташланма эритмаларидан платина металини кукун холида ажратиб олиш методлари. “Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар” мавзусидаги республика 16-қўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари 16-қисм. Тошкент 2 июнь 2020 й. 21-23 б.

5. Хасанов А.С., Усманкулов О.Н. Олтин аффинажи эритмаларидан платина ажратиб олиш усули. “Uchinchi renessans: Ilm-fan va ta’lim taraqqiyoti istiqbollari” mavzusidagi №1-sonli ko’p tarmoqli, ilmiy onlayn konferensiya. №1, 2021, 191-196 бетлар. [www.oriens.uz](http://www.oriens.uz).

6. Усманкулов О.Н. Method For Separation Of Platinum From PlatinumContaining Waste Solutions. International scientific and current research conferences “Pedagogy and modern education: tradition, experience and innovation” conference date 05-02-2021 28-31.

7. Usmankulov O.N. Platinaning noyob xossalari, birikmalari va qo’llanilishi. Современная медицина и фармацевтика: новые подходы и актуальные исследования материалы 75-ой Международной научно-практической конференции студентов-медиков и молодых учёных (Самарканд, 18 мая 2021 г.) - С.167-168.

8. Usmankulov O.N., Khasanov A.S., Munosibov Sh.M. Technology for extracting platinum and palladium from affintage gold solutions. Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы, перспективы инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов» г. Алмалык, Узбекистан 27 мая 2021 г. – 97 с.

9. А.С. Хасанов, Б.Р. Вохидов, О.Н. Усманкулов. Инновационные технологии извлечения платиноидов из техногенных отходов ао «агмк». Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы, перспективы инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов» г. Алмалык, Узбекистан 27 мая 2021 г., - С. 113-114.

10. Усманкулов О.Н., Хасанов. А.С. Получение комплексных соединений платины и исследование их свойств. Международная научно-техническая конференция композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение. 16-17 сентября 2021 года.

11. Усманкулов О.Н., Икрамова М.Э. Способ извлечения платины из растворов аффинажа золота. Международная научно-техническая конференция композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение. 16-17 сентября 2021 года.

12. Хасанов А.С., Усманкулов О.Н., Мирзанова З. А. Хлоридли эритмаларда платиноидларнинг мавжуд формалари. “амалий ва инновацион илмий тадқиқотлар: долзарб муаммолар, ютуқлар ва янгиликлар халқаро миқёсдаги илмий ва илмий-техник анжумани, 6 декабрь, 2021.

Автореферат «Композицион материаллар» журналидан тахрирдан ўтказилди.

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 2,5. Адади 100. Буюртма № 98.

Гувоҳнома reestr № 10-3719

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