

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ  
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ  
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**САФАРОВ ЁДГОРЖОН ТОЙИРОВИЧ**

**ОРГАНИК БОҒЛОВЧИ АСОСИДА ДОНАДОРЛАНГАН  
МОЛИБДЕНИТ КОНЦЕНТРАТИНИ ОЛИШ ВА ҚАЙТА ИШЛАШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси**

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

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy (PhD)**

**Сафаров Ёдгоржон Тойирович**

Органик боғловчи асосида донадорланган молибденит концентратини  
олиш ва қайта ишлаш технологияси..... 3

**Сафаров Ёдгоржон Тойирович**

Технология получения и переработки гранулированного молибде-  
нитового концентрата на основе органического связующего ..... 23

**Safarov Yodgorjon Toyirovich**

Technology for producing and processing granular molybdenite concentrate  
based on organic binder ..... 43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 46

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ  
КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 27.06.2017.К/Т.35.01 РАҚАМЛИ  
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УМУМИЙ ВА НООРГАНИК КИМЁ ИНСТИТУТИ**

**САФАРОВ ЁДГОРЖОН ТОЙИРОВИЧ**

**ОРГАНИК БОҒЛОВЧИ АСОСИДА ДОНАДОРЛАНГАН  
МОЛИБДЕНИТ КОНЦЕНТРАТИНИ ОЛИШ ВА ҚАЙТА ИШЛАШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**02.00.11 – Коллоид ва мембрана кимёси**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси**

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

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.PhD/Т375 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация иши Умумий ва ноорганик кимё институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида [www.ionx.uz](http://www.ionx.uz) ва «Ziyonet» ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Гуро Виталий Павлович</b> кимё фанлари доктори, катта илмий ходим
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Шарипов Хасан Туропович</b> кимё фанлари доктори, профессор <b>Эшметов Иззат Дусимбатович</b> техника фанлари доктори, катта илмий ходим
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>М.Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети</b>

Диссертация ҳимояси Умумий ва ноорганик кимё институти ва Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc27.06.2017.К/Т.35.01 рақамли бир марталик Илмий кенгашнинг 29 май 2018 йил соат 10.00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90, e-mail: [ionxanguz@mail.ru](mailto:ionxanguz@mail.ru)).

Диссертация билан Умумий ва ноорганик кимё институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (19 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100170, Тошкент шаҳри, Мирзо Улуғбек кўчаси, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Диссертация автореферати 2018 йил 17 май куни тарқатилди.  
(2018 йил 17 майдаги № 19 рақамли реестр баённомаси).

**Б.С.Закиров**

Илмий даражалар берувчи бир  
марталик илмий кенгаш раиси, к.ф.д.

**Д.С.Салиханова**

Илмий даражалар берувчи бир  
марталик илмий кенгаш котиби, т.ф.д.

**С.А.Абдурахимов**

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

## **КИРИШ (Фалсафа докатори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Дунёда ноёб металлларни ишлаб чиқаришни, ўсиб бориши асосан ресурстежамкор ва экологик хавфсиз усулларни қўллаб амалга ошириш бўйича тадқиқодлар олиб борилмоқда. Маълумки, бундай конларни ишлатиш давомида улардаги қимматбаҳо компонентларнинг миқдори камайиб боради ва уларни бойитиш, мақсадли компонентларни ишлаб чиқариш усулларига тузатишлар киритиш муҳим ҳисобланади. Мавжуд молибденит концентратидан молибден олиш технологияси асосан дастлаб куйдириб оксидлаш жараёнини ўз ичига олади. Мо-концентратидан Ре тўлиқ ажратиб олинмаслиги, қимматбаҳо метални йўқотилишига олиб келади.

Бугунги кунда жаҳонда молибденит концентратини табиий ва сунъий хом ашёлар асосида олинган боғловчилар ёрдамида донаторлаш, куйдириш ва куюндини қайта ишлаш технологиясини яратиш бўйича куйидаги илмий ечимларни асослаш, жумладан маҳаллий хом ашёлар асосида донаторлаш учун янги боғловчиларни танлаш; боғловчилар таъсирида куйдириш печида коррозия ҳосил бўлиш сабабларини аниқлаш; каолин боғловчиси ўрнига маҳаллий органик боғловчиларни қўллаб маҳсулотнинг минераллашишини олдини олиш; органик боғловчи асосида олинган Мо-концентрати донаторларининг физик-механик, термик, коллоид-кимёвий хоссаларини аниқлаш зарур.

Республикада молибденит концентратини донаторлаш боғловчилари васифасини бажаришга яроқли сувда эрувчан кулсиз полимерлар ишлаб чиқиш борасида илмий ва амалий натижаларга эришилди. Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясининг учинчи йўналишида «янги маҳсулот ва технологияларни ўзлаштириш, маҳаллий хом-ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида тайёр маҳсулотларни ишлаб чиқаришни жадаллаштириш билан саноатни сифат бўйича янги даражага кўтариш»<sup>1</sup> га қаратилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, жумладан Мо-концентратини донаторлашда табиий ва синтетик полимерлар асосида боғловчилар ишлаб чиқариш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устивор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги Фармони, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3236-сон «2017-2021 йилларда кимё саноатини ривожлантириш дастури» ва 2017 йил 15 сентябрь ПҚ-3280-сон «Олмалиқ КМК АЖ нинг бошқарув тизимини янада такомиллаштиришга доир» Қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятига тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялари ва

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича «Ҳаракатлар стратегияси» тўғрисида. Ўзбекистон Республикаси Президентининг фармони.

нанотехнологиялар» устувор йўналишига мувофиқ ҳолда бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Мо-концентратини донадорлашда минерал боғловчиларини куюндисиз органик боғловчиларга алмаштириш бўйича жаҳон тажрибаси шуни кўрсатдики, темирни донадорлаш шихтасида органик боғловчиларни қўллаш кенг тарқалган бўлсада, рангли металлургияда шихтанинг тупроқли компонентини сувда эрувчан полимерга алмаштириш бўйича илмий ишлар жуда кам. Темир рудаси ва Мо-концентрати шихтаси минерал ва органик компонентлари комбинациясига қўйилган талаблар ўхшаш; яъни коллоид агент (каолин, бентонит) заррачаларни коагезион боғланишини таъминлаб, доналарга мустаҳкамлик беради, полимер эса руда заррачаларини (гидрофоб молибден икки сульфиди) ҳўлловчи диспергатор вазифасини бажаради. Рангли металлургияда янги технологияга қизиқиш кечикишга сабаб, темирга қараганда молибденит концентрати – мураккаб композициядир, ундан молибден, рений ва қимматбаҳо металларни ажратиш олиш кераклигидир.

Темир рудаларини тупроқсиз боғловчилар билан донадорлаш бўйича тадқиқотлар билан Арапов Г.И., Ватолин Н.А., Сомова Т.Н., Иванов Н.С., Дзюба О.И., Schmitt J., Dingeman D.L., Sivrikaya O., Dilsky S., Stefan Dilsky, Quaicoe I. лар шуғулланишган, Мо-концентратини органик боғловчилар билан донадорлашни Палант А.А. таклиф этди.

Ўзбекистонда сувда эрувчан полимерлар тадқиқоти билан академик К.С.Ахмедов мактаби вакиллари шуғулланишган (Зайнутдинов С.А., Сатаев И.К., Каримов У.К. ва б.). Бироқ улар бу йўналишда илмий изланишлар билан шуғулланишмаган.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Умумий ва ноорганик кимё институти илмий-тадқиқот ишларининг И13-ФА-Т028 «Металлургия саноати молибден концентратини шихталаш учун СК полимерини саноат ишлаб чиқаришни ўзлаштириш» (2016-2017йй.) мавзусидаги инновацион лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** органик боғловчи асосида донадорланган молибденит концентратини олиш ва қайта ишлаш технологиясини яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

донадорлашда ва 600°С да куйдирганда СК-1 боғловчили Мо-концентрати доналарининг бир-бирига ёпишиб қолиши ва печ тубининг коррозияси сабабини аниқлаш;

органик боғловчи СК-1 ни модификациялаш, «каолинсиз» донадорлашда кўрсатилган камчиликсиз: доналарнинг ёпишқоқлиги ва куйдириш печини коррозиядан ҳимояловчи кулсиз бошқа боғловчиларни излаш;

Мо-концентрати доналарининг физик-механик, термик, технологик хоссаларига СК сериядаги ва каолин боғловчиларнинг таъсирини ўрганиш;

янги боғловчиларни қўллашнинг технологик кўрсаткичларини танлаш ва улар асосида ташкилот стандартини тузиш;

Мо-концентратини доналарини куйдириш учун лаборатория мавҳум

қайновчи қатлам МКҚ (мавхум қайновчи қатлам) печини яратиш, уларда янги боғловчилар ёрдамида доналарни куйдиришда синовдан ўтказиш.

**Тадқиқотнинг объекти** «Олмалиқ КМК» АЖ молибденит концентрати, Ангрэн кони каолини, сувда эрувчан табиий (СК-К, СК-Д) ва сунъий (СК-1) органик полимерларидан иборат.

**Тадқиқотнинг предмети** молибденит концентратини донадорлаш шихтасининг боғловчи компонентларининг коллоид-кимёвий ва технологик хоссалари; донадорлаш ва куйдиришдаги МоК (молибден концентрати) доналарининг ёпишиб қолиш сабаблари, боғловчиларни модификациялаш усуллари ва улар асосида МоК доналарини куйдириш тартиби; СК сериясидаги полимер боғловчиларни ишлаб чиқариш технологияси; яратилган Мо-концентратини донадорлаш боғловчисининг солиштирма синови ва олинган доналарнинг куйдириш режими.

**Тадқиқотнинг усуллари** вискозиметрия, атом-адсорбцион спектроскопия, оптик эмиссион спектрометрия, ИК-спектроскопия, рентгенография, микроэлемент таҳлили, электрон микроскопия, дериватография.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** куйидагилардан иборат:

СК-1 полимер боғловчилари билан донадорланган Мо-концентратини куйдиришда уларни ёпишиб қолиш сабаблари (печда кислород етишмаслиги ва шихтада натрий гидроксид мавжудлиги) аниқланган;

СК-1 боғловчисини модификациялаш ёки кулсиз полимерга алмаштириш билан Мо-концентрати доналарининг ёпишиб қолмаслиги аниқланган;

шихтани донадорлашда каолинни кулсиз полимерга алмаштириш Мо-куйундисида Мо миқдорини 4-5% га ошириши исботланган;

куйдиришда ишлатиладиган барабанли печни мавхум қайновчи қатлам печига алмаштириш, жараёни тезлаштириши аниқланган;

СК-Н, СК-К, СК-Д полимерлари Мо-концентратини ғоваклилигини каолинга нисбатан ошириш хусусияти аниқланган;

СК-Н, СК-К, СК-Д полимерларининг каолинга нисбатан Ре хайдалишини ва гидрометаллургияда Мо, Аи, Аг ларни ажратиб олишни осонлаштириши аниқланган;

МКҚ печида куйдириш барабанли печга нисбатан жараёни 7 баробар тезлаштириши аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** куйидагилардан иборат:

Олмалиқ КМК» АЖ учун СК боғловчиси асосида Мо-концентратини донадорлаш технологик регламенти яратилган;

Мо-концентрати доналарини куйдириш учун лаборатория мавхум қайновчи қатлам печи тайёрланган ва синовдан ўтказилган;

«Олмалиқ КМК» АЖ да мавжуд донадорлаш ва куйдириш технологиясидан афзаллигини кўрсатувчи янги каолинга альтернатив бўлган модификацияланган СК боғловчили донадорлаш технологияси ва олинган доналарни мавхум қайновчи қатлам печида куйдириш муваффақиятли солиштирма тажриба-саноат синовидан ўтказилди.

**Олинган натижаларнинг ишончлилиги.** Фойдаланилган кимёвий (аналитик кимё) ва физик-кимёвий (рентгенфаза, ИК-спектр) таҳлил

натижалари, тажриба-лаборатория курилмаларида ва саноат-тажриба синовдан ўтганлиги билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти Мо концентратини СК полимерлари асосида донадор шихта таркибини асослаш, модификацияланмаган СК полимерларини қўллаганда доналарнинг ёпишқоқлиги ва печларнинг коррозияга учраши сабабларини тушунтириш, СК боғловчилари асосида олинган доналарни куйдиришда барабанли печларни мавҳум қайновчи қатламли печларига алмаштиришни асослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти СК боғловчилари асосида донадорлаш технологиясини ишлаб чиқиш, улар асосида олинган доналарни МКҚ печида куйдириш ва саноат молибден маҳсулотини қайта ишлаш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Табиий ва синтетик полимерларни қўллаб, Мо-концентратини донадорлаб куйдириш ва қайта ишлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

СК-полимерлари сувли эритмаларини ишлаб чиқаришнинг техник шартлари «Ўзстандарт» агентлиги тамонидан тасдиқланган (Ts 23766064-05:2017). Мазкур техник шарт маҳсулотнинг сифати ва технологик жараёнини назорат қилиш имконини беради;

СК-Н синтетик полимерини боғловчи сифатида қўллаб, Мо-концентрати доналарини куйдириш ва қайта ишлаш технологияси «Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ да амалиётга жорий этилган («Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2018 йил 17 мартдаги ОП-02060-сон маълумотномаси). Натижада Мо саноат маҳсулот куйиндиси таркибида Мо нинг миқдори 4-5% га ошиши имкони яратилган;

СК-К ва СК-Д табиий полимерларни қўллаб Мо-концентрати доналарини куйдириш ва қайта ишлаш технологияси «Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ да амалиётга жорий этилган «Олмалик кон-металлургия комбинати» АЖ нинг 2018 йил 17 мартдаги ОП-02060-сон (маълумотномаси). Натижада доналар юқори ғовакликка эришилиб, Ре нинг ажралиб чиқиш миқдори ошиш имконини берган;

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Ушбу ишнинг асосий натижалари 6 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинган

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация натижалари бўйича жами 16 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий журналларда 7 мақола, жумладан 5 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, учта тажриба қисмлари, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 102 бетни ташкил этади.



## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ҚИСМИ

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

Диссертациянинг **«Молибденит концентратини донадорлаш ва куйдириш усуллари бўйича аналитик таҳлил»** номли **биринчи бобида** қора ва рангли металлургияда руда хом-ашёсини қайта ишлашда муаммоларни ресурстежамкор ҳал этишга назарий ва амалий ёндошув турлари келтирилган. Агар уларнинг биринчисида металлургияда донадорлаш шихтасини органик боғловчилари аввалдан фойдаланилган ва муваффақиятли ўзлаштирилган бўлса, иккинчисида молибденит концентратини қайта ишлаш технологиясида бундай ёндошув янги қўлланилган. Тадқиқот мавзуси бўйича маҳаллий ва чет эл мақолаларининг, патентларнинг таҳлили келтирилган. Уларни танқидий таҳлил этиб ишнинг мақсад ва вазифалари белгиланган.

**«Тадқиқотнинг объекти ва усуллари»** номли **иккинчи боби** тадқиқот қўйилишининг бошланғич маълумотига бағишланади. Тадқиқот объекти – Мо-концентрати, 75 % 0,074 мм синфига оид, солиштирма оғирлиги 1,12 г/см<sup>3</sup>, таркиби, %: 38 Мо; 0,7 Re; 2,5 Cu; 0,009 P; 0,025 Sb; 0,05 WO<sub>3</sub>; 25,2 S; 10,8 SiO<sub>2</sub>; намлиги 0,42, олтин ва кумуш кам миқдорда бор. Концентрат асоси – гидрофоб молибденит MoS<sub>2</sub>. Дондорлаш шихтаси каолин, полиакрилонитрил (ПАН) ишлаб чиқариш чиқиндиси гидролизи маҳсулоти - СК-1 (нейтралланган СК-Н) Na-карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), полиакриламид гели (ПАА-гел) полиакриламид флокулянти (ПАА-ГС), карбамидформальдегид смоласи (КФ-Ж) ўсимликдан олинган полимер маккажўхори қиёми (СК-К) ва маккажўхори декстрини (СК-Д) асосида тайёрланган.

Тадқиқот усуллари: Мо-концентратини боғловчилар билан донадорлаш комбинатнинг Мисни эритиш заводи (МЭЗ) нодир металлларни қайта ишлаш цехи (НМҚИЦ) да бажарилди. Доналарни ҳажми 150 см<sup>3</sup> бўлган лаборатория мавҳум қайновчи қатлам печи ва НМҚИЦ барабан печида куйдирилди. Таркибнинг кимёвий таҳлили ААС- и ICP-спектрометрлари: Perkin-Elmer 3030B, Aligent 7500 ICP MS да бажарилди. Юзанинг назорати Юқори технологиялар марказида (электрон микроскоп ZEISS EVO MA 10, Carl Zeiss Group, рентгент дифрактометри EMPYREAN XDR) бажарилди. Рентгенофазовий назоарт - ДРОН-УМ дифрактометрида, СоК, Си-катодли ва Ni-фильтрли; ИҚ спектрал таҳлил - UR-20 (700-3600 см<sup>-1</sup>) спектрографида. Эритмаларнинг кинематик қовушқоқлиги ўлчанди (ВПЖ-2 визкозиметрида). Доналарнинг мустаҳкамлиги босим остида, парчалангунча, баҳоланди.

Термик таҳлил - Паулик-Эрдей дериватографида . Доналарнинг солиштирма намлиги гравиметрик усулда, 400 °С гача қиздирилгандан сўнг совуётганда, нисбий намлик 98 % бўлганда аниқланди:  $a$  (ммоль  $H_2O/g$ ) – вақт  $\tau$  (мин) координаталарида адсорбция изотермаси курилди. Намуналарнинг солиштирма юзаси 80 К ҳароратда азотни сорбциялаш усули билан аниқланди.

**«СК серияли полимерларни Мо-концентратини донадорлаш шихтасининг боғловчиси сифатида ишлаб чиқиш ва турли куйдириш тартибидида синаш» номли учинчи бобида** тадқиқотнинг назарий асослари ва натижалари баён қилинган.

Тадқиқотнинг бошланғич нуқтаси этиб, аввал эришилган натижалар – каолинга альтернатив бўлган, Мо-концентратини донадорлаш шихтаси учун полиакрилонитрил (ПАН) ишлаб чиқариш чиқиндиси гидролизи маҳсулоти СК-1 органик боғловчисини яратилиши олинган. Унинг каолинни алмаштиришдаги ижобий самараси билан бир қаторда салбий кўринишлари ҳам аниқланган: доналарнинг ёпишиб қолиши, печнинг металл тубига коррозион таъсирдир. Уларни бартараф этиш чоралари таклиф этилган: 1) СК-1 ни рН-7 гача нейтраллаш; 2) полимерларни куйдирганда кул миқдорини камайтириш; 3) доналарни куйдиришни барабан печидан мавҳум қайновчи қатлам (МҚҚ) печи фойдасига воз кечиш.

Буларнинг 1 ва 2-лари бўйича маҳаллий хом-ашёдан сувда эрувчан полимерлар танланган; уларни ишлаб чиқариш технологик регламенти ва Ташкилот стандарти Ts 23766064-05:2017 «СК полимерлари сувли эритмалар» ишлаб чиқилган:

- модификацияланган маҳсулот СК-Н (ПАН:NaOH=1,0:0,6),  $H_2SO_4$ , рН 7;
- альтернатив сунъий органик боғловчи;
- альтернатив ўсимликдан олинган боғловчи; СК-К, СК-Д.

3- чоралар бўйича – барабан печи билан солиштириш учун лаборатория МҚҚ печи яратилди.

### **СК-1 полимерини СК-Н гача модификациялаш**

СК-1 камчиликларини бартараф этиш учун уни модификациялаш ёки бу полимерга альтернатив боғловчиларни излаш керак бўлди.

Тадқиқот вазифаси: 1) материал ишқорийлигини рН 7 гача нейтраллаб СК-1 дан СК-Н маҳсулотини олиш ва СК-1 нинг металлга нисбатан коррозион фаоллигини йўқотиш; 2) молибденит концентрати доналарини ишлаб чиқаришда СК-Н ни қўллаш технологик параметрларини танлаш; 3) шу мақсад учун альтернатив органик боғловчиларни танлаш.

СК-1 полимерининг юқори ҳароратли коррозион таъсири сабаби аниқланди – ПАН ишлаб чиқариш юқори молекуляр чиқиндиси гидролизи маҳсулотидаги ишқор миқдорининг кўплиги, амид гуруҳларининг карбоксил гуруҳига ўтиши, нитрил гуруҳларининг гидратланиши ҳисобига. СК-1 эритмасини нейтраллаш сульфат кислотаси билан олиб борилди: рН 12 дан рН 7 гача (1-2 жадвал).

**1-жадвал**

**СК-1 эритмасини нейтраллаш учун сульфат кислота эритмаси сарфи ( $\rho = 1,655 \text{ г/см}^3$ )**

Натрий ишқори эритмасида ПАН гидролизи				Зичлиги, $\text{г/см}^3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$ сарфи, мл
Маҳсулот	Моль нисбати ПАН:NaOH	Тола массаси ПАН, г	$\text{H}_2\text{O}$ , г		
СК-1	1,0 : 1,0	10	80	1,1	1,2
СК-1	1,0 : 0,8	10	82	1,1	0,55
СК-1	1,0 : 0,6	10	84	1,3	0,45

СК-1 ва СК-Н полимерларининг шихтада қўлланилиш шарти уларнинг барқарор қовушқоқ-оқувчан ҳолатидир. Шунинг учун уларнинг турли рН муҳитида, сув билан суюлтирилганда ва турли ҳароратда қовушқоқлигининг ўзгаришини ўрганиш керак (2-жадвал).

**2-жадвал**

**рН ва ҳарорат бўйича нейтралланган СК-1 эритмаси қовушқоқлиги,  $\text{мм}^2/\text{сек}$**

Ҳарорат, °С	Ҳажмий суюлтириш: бошланғич полимер : сув					
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 8	1 : 10
Бошланғич эритма рН 12						
18	61,20	42,84	27,23	21,72	18,05	14,99
100	25,70	18,36	13,15	10,09	8,56	5,51
Бошланғич эритма рН 9 гача нейтралланган						
18	113,22	66,71	45,59	38,56	21,42	16,22
100	28,46	18,66	12,85	10,71	6,43	4,90
Бошланғич эритма рН 7 гача нейтралланган						
18	94,86	58,75	43,15	29,07	20,81	16,83
100	22,64	15,91	11,32	7,96	6,43	4,90

Унинг барқарор оқувчан ҳолати 1:5 ва 1:6 нисбатларда сув билан суюлтирилганда ўрнатилди. Эритмаларнинг қовушқоқлиги рН=7-9 ва совутилганда максимал қийматга эга. Шундан келиб чиққан ҳолда, СК-1 полимер эритмасини нейтраллаш йўриқномаси тузилди.

СК-1 ни СК-Н га алмаштириб аммиакли эритмадан Мо ни ва цианидли эритмалардан Au, Ag ларни ажратиш олишда МоК қайта ишлашнинг самарадорлиги ўрганилди (3-жадвал).

3 жадвалдан кўриниб турибдики, № 3 шихта стандарт № 2 шихтага нисбатан афзалликка эга: ундаги Мо миқдори куйдиришдан олдин ҳам кейин ҳам юқори; кекдаги Мо қолдиқ миқдори меъёрга мос келади;  $\text{Re}_2\text{O}_7$  тўлиқроқ ҳайдалади.

Каолинли назорат шихтасига солиштирган ҳолда таркибидаги СК-Н боғловчиси билан фарқланадиган шихтани донадорлаш технологияси синовдан ўтказилди. (4-жадвал).

### 3-жадвал

#### СК-Н полимери асосидаги шихтадан олинган куюндини қайта ишлаш кўрсаткичлари

шихта	Куйдиришдан олдин, % (г/т)				Куйдиришдан кейин, % (г/т)				Ажратиб олиш, %			
	Mo	Re	Au	Ag	Mo	Re	Au	Ag	Mo	Re	Au	Ag
1	41,3	0,07	(38,1)	(62,2)	-	-	-	-	97	-	94	95
2	37,7	0,06	(34,7)	(56,9)	39,1	0,05	(36,1)	(59,2)	97	15	92	93
3	39,9	0,07	(36,7)	(60,0)	42,2	0,05	(38,2)	(62,0)	99	30	95	95

СК-Н асосидаги шихта: №1 азот кислотасида парчаланган, № 2 ва 3 - куйдирилган

Умумий партиядан олинган Мо-концентрати ва СК-Н полимеридан иборат (II, III, IV) шихталар, керакли мустаҳкамликкача донадорланди ва куйдирилди, таҳлил қилинди. Тажриба партияларидаги Мо миқдори назорат партиясидагига нисбатан юқори; тажриба шихталарида Re ажралиши назоратдагига нисбатан паст, бу  $Re_2O_7$  тўлиқ ҳайдалишидан далолат беради; СК-Н нинг сарфи камлиги учун. иқтисодий жиҳатдан IV шихта II ва III шихталардан афзалроқ.

### 4-жадвал

#### Шихта таркиби (МоК- Мо-концентрати, СК-Н полимери) ва ундан олинган куюнди

Шихта	Шихта таркиби				Миқдори, %		
	МОК, кг	каолин, кг (%)	полимер СК-Н, л (%)	сув, л	Mo	Re	S
Боғловчисиз	1,50	0,12 (8)	-	0,25	40,2	0,066	31,59
I - назорат	1,50	0,03 (2)	0,03 (2,0)	0,25	36,8	0,016	0,75
II	1,50	0,03 (2)	0,02 (1,3)	0,25	37,9	0,010	0,54
III	1,50	0,03 (2)	0,01 (0,7)	0,25	38,8	0,014	0,22
IV	1,50	0,12 (8)	-	0,25	39,2	0,009	0,65

СК-1 полимерага альтернатив полимер ўрнида полиакриламид (ПАА-гель, ПАА-ГС); КФЖ ларнинг олинишига сабаб уларнинг  $600\text{ }^\circ\text{C}$  да куйдирганда кулсиз куйиб кетишидир (5-жадвал)

### 5-жадвал

#### ПАА-ГС, ПАА гель, КФЖ сунъий полимерларининг кул миқдори

Товар шаклидаги полимерларнинг тавсифи			эритманинг pH
Маҳсулот	Сувнинг миқдори, %	Кул миқдори, %	
КФЖ	37,06	0,12	12
ПАА-ГС	4,70	1,28	7
ПАА гель	70,70	0,23	7

ПАА-ГС, ПАА геллар кул миқдори кам эканлиги маълум бўлди. Уларнинг (шихта таркиби, %: №1 – каолин 9, №2 – каолин 2, СК-Н 0,7; №3 – каолин 2, ПАА-ГС 0,5 қолгани Мо-концентрати) каолинга нисбатан

солиштирма синовлари ўтказилди (6-жадвал).

### 6-жадвал

#### Турли шихта таркиби ва ҳароратда доналарнинг мустаҳкамлиги

Кўрсаткич	Ø 3-5 мм доналарнинг босим остида парчалангунча бўлган мустаҳкамлиги, МПа		
	Мо-концентратини донадорлаш шихтаси, таркиби №		
	1 (контроль)	2 (СК-Н, каолин)	3 (ПАА-ГС, каолин)
20 °С	0,7	1,5	1,2
250 °С	2,4	1,9	2,1
600 °С	6,4	4,0	4,2

6-жадвалдан кўришиб турибдики, назорат ва тажриба шихталари №1-3 турли мустаҳкамликни таъминлайди: сунъий полимерлар кам миқдорда ҳам доналарни каолинга нисбатан самаралироқ мустаҳкамлайди. №0-3 шихталардан олинган куюндиларни қайта ишлашнинг самараси солиштирилди (7-жадвал).

### 7-жадвал

#### Куюнди (0-3) ва уни қайта ишлаш: I – куйдиришдан олдин; II - кейин; III- ажратиб олиш (%)

Элемент	№ 0			№1: назорат			№2: СК-Н, каолин			№3: ПАА-ГС, каолин		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Mo, %	41,3	-	97	37,7	39,1	97	40,0	42,2	99	39,9	42,0	99
Re, %	0,07	-	-	0,06	0,05	15	0,07	0,05	30	0,07	0,05	30

7-жадвалдан кўринадикки, № 2 ва № 3 шихталар Мо ва  $Re_2O_7$  (ҳайдалган) ни ажратиб олиш кўрсаткичлари бўйича № 1 шихтадан ўтади. ПАА-ГС нинг камчилиги нархи баландлигидир.

Каолинга ва синтетик полимерларга альтернатив ўсимликдан олинган кулсиз сувда эрувчан полимерлар: маккажўхори ва гуруч қиёмлари (СК-К, СК-Р), декстрин (СК-Д), Na-КМЦ танланди (8-жадвал).

### 8-жадвал

#### Ўсимликдан олинган полимер эритмаларнинг кул миқдори ва рН

Маҳсулот	Полимерлар тавсифи		эритманинг рН
	Сув миқдори, %	Кул миқдори, %	
Na-КМЦ	7,10	54,55	12
СК-Д	3,00	3,67	8
СК-К	28	0,1	6-7

8-жадвалдан кўришиб турибдики, бу қатор полимерлардан Na-КМЦ яроқсиздир.

СК-Д, СК-К, СК-Р полимерлари ва каолин билан донадорланган доналарнинг мустаҳкамлиги ўлчанди, шихталар таркиби, %: №0-каолин 9, №1-СК-К 1; №2-СК-К 2, №3-СК-К 3, №4-СК-К 4, №5-СК-К 4,5, №6- СК-К

0.7+СК-Н 0.7; №7-8–СК-Р 3; №9-СК-Д 1 (қолгани Мо-концентрати, сувнинг миқдори ҳисобга олинмаган) (9-жадвал).

### 9-жадвал

#### Турли таркибли шихтадан олинган ва турли ҳароратдаги доналарнинг мустаҳкамлиги

Ҳарорат, °С	∅ 3-5 мм доналарнинг босим остида парчалангунча бўлган мустаҳкамлиги, г/см <sup>2</sup>									
	Мо-концентратини донадорлаш шихтаси, таркиби №									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	200	250	370	380	540	610	470	360	645	600
250	210	420	440	950	820	560	480	386	690	720
600	1510	1500	1700	1750	1760	1800	1250	1700	1250	1176

9-жадвалдан кўриниб турибдики, шихталар: мавжуд №0, СК-К билан: №1-5, СК-Н + СК-К билан: №6; СК-Р билан: №7-8 ва СК-Д билан: №9 мустаҳкамлиги бўйича бир хил, лекин №0 шихта мустаҳкамлигига тенг мустаҳкамликка эришиш учун 2% СК-Д ва СК-К полимерлари етарли.

#### Мо-концентрати доналарининг солиштирма тавсифлари

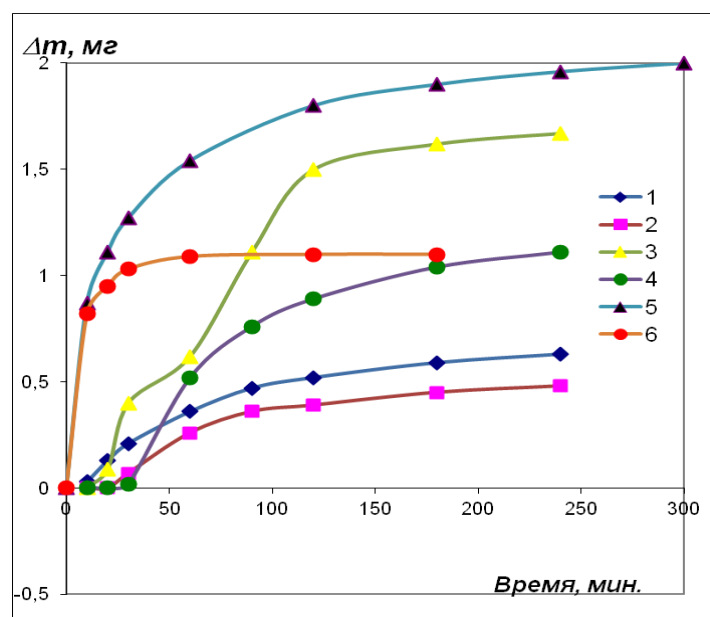
СК серияли полимерлар ва каолинли шихталардан олинган доналар намуналарининг солиштирма юзаси 80 К ҳароратда азотни сорбциялаш усули билан баҳоланди (10-жадвал).

### 10-жадвал

#### Турли таркибли шихтадан олинган Мо-куюндиси намуналарининг солиштирма юзаси

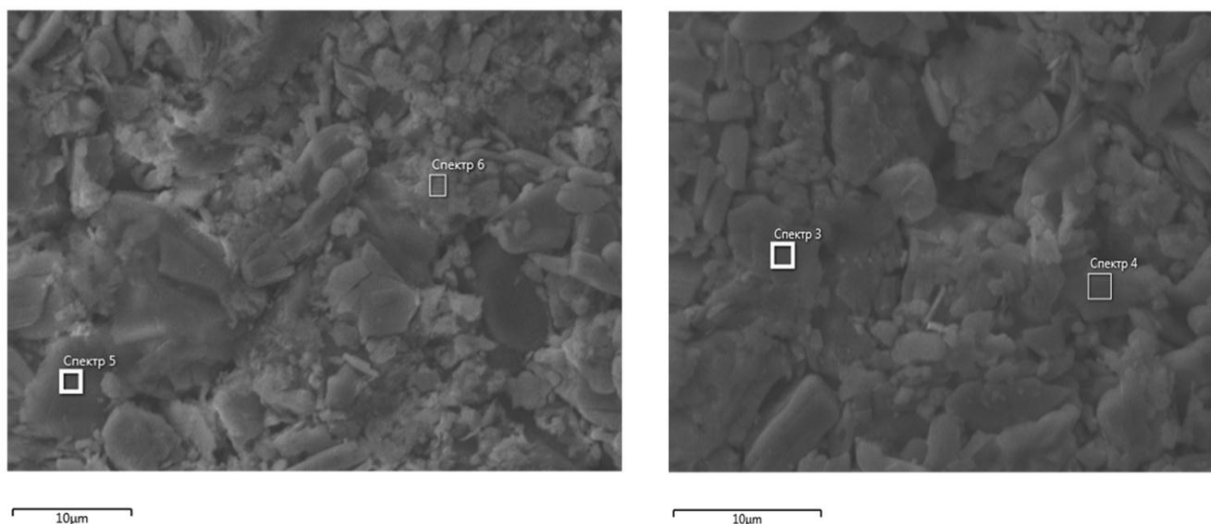
№	Донадорлаш шихтасининг таркиби, %	Масса, г	Солиштирма юза, м <sup>2</sup> /г
1	Мо-концентрати 100,0	0,060	42,0
2	Каолин 100,0	0,060	74,1
3	Каолин 9,0; Мо-концентрати 91,0	0,052	77,0
4	СК-Н 3,0; Мо-концентрати 97,0	0,065	68,8
5	СК-Н 0,7; КП 0,7; Мо-концентрати 99,0	0,051	65,6
6	СК-К 1,0; Мо-концентрати 99,0	0,060	75,0
8	СК-К 3,0; Мо-концентрати 97,0	0,065	61,4
9	СК-Д 1,0; Мо-концентрати 99,0	0,060	76,5

10-жадвалдан кўринадикки, гидрофоб юзали боғловчисиз куюнди (№1) кичик солиштирма юзага эга. Куюнди доналарининг максимал юзасини тоза каолин (2 намуна), стандарт каолинли шихта (3 намуна), 1%-ли СК-К (6 намуна) ва СК-Д (9-намуна) таъминлайди. Бу шихтадаги минерал боғловчини органик боғловчига алмаштириш, куйдирганда Ре ни ажратиб олишни, ҳамда куюндиларни гидрометаллургик қайта ишлаганда Мо, Аи, Аг ларни ажратиб олишни белгилайдиган кўрсаткич - доналар ғоваклилигини камайтирмаслигини билдиради. Куюнди доналарининг сув буғларини сорбциялаш изотермалари қурилди (1-расм).



1-расм. Турли боғловчилар асосидаги куюндиларнинг сув буғларини сорбциялаш изотермалари

Молибденитни молибден уч оксидига ўтказиш учун доналар 600 °С да куйдирилди. Сўнгра сув буғини сорбциялаган ҳолда 400 °С дан совутилди. Шихталар таркиби, %: 1) СК-Д 1; 2) СК-К 1; 3) СК-Н 0,7; СК-К 0,7; 4) каолин 9,0; 5) СК-К 3; (қолгани МоК); 6) каолин 100. Изотермлар қуйидаги кетма-кетликда жойлашади: №5>№3>№6>№4>№1>№2 (1-расм).



2-расм. Каолин, 9% (чапда); полимер СК-К, 2% (ўнгда) таркибли МоК куюндиси юзасининг электрон микроскопияси.

Бу қатордан кўринадикки, шихтадаги СК-К миқдорининг 3% гача ортиши доналарнинг максимал ғоваклилигини каолинга кўра кўпроқ таъминлайди. Шу билан каолинсиз кулсиз СК-К боғловчили шихтадан олинган куюндида ғоваклар кўплиги тасдиқланди. Уларнинг юзаси электрон микроскопия (ЭМ) билан ўрганилди (2-расм). Каолинли намунага нисбатан (ўнгда) каолинсиз намунанинг катта кенгайган юзага эгаллиги аниқланди. Шихта таркибидаги Мо-концентрати куйиндиси таркиби 11-жадвалда келтирилган.

## 11-жадвал

### Дифрактометрдаги доналарнинг юзасининг локаль таҳлили

Ref.Code	Score	Chem. Formula	Displ [°2θ]	Scale Fac.	Ref.Code	Score	Chem. Formula	Displ. [°2θ]	Scale Fac.
20 °C, боғловчили каолин					600 °C, боғловчили каолин				
03-065-0160	53	MoS <sub>2</sub>	0.000	0.752	01-080-3491	64	MoO <sub>3</sub>	0.000	1.053
01-071-2219	29	FeS <sub>2</sub>	0.000	0.028	01-075-0443	20	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.112
01-073-3423	14	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.025	01-087-1166	24	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000	0.101
01-082-1254	9	CuAlS <sub>2</sub>	0.000	0.014	01-075-1539	6	MoS <sub>2</sub>	0.000	0.095
					01-071-1684	8	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000	0.029
20 °C, СК-К-боғловчилари					600 °C, СК-К-боғловчилари				
03-065-1951	64	MoS <sub>2</sub>	0.000	0.853	01-073-3423	19	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.066
03-065-3321	39	FeS <sub>2</sub>	0.000	0.042	01-073-6023	11	CuO	0.000	0.110
01-075-6866	23	CuFeS <sub>2</sub>	0.000	0.042	01-076-9680	14	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000	0.098
01-089-1961	15	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.014	01-076-2710	77	MoO <sub>3</sub>	0.000	0.963

Бундан кўришиб турибдики, 9% каолин қўшилган Мо-концентрати лаборатория намуналари, 2% СК-К полимери каолинсиз намуналарга нисбатан анча камбағаллиги аниқланган.

Куйдирганда доналарнинг ёпишиб қолиш сабабини аниқлаш учун ҳароратга боғлиқ ҳолда полимернинг ёнгандан кейинги қолдиқ массаси баҳоланди (12-жадвал).

## 12-жадвал

### Полимерларнинг ёнгандан кейинги қолдиқ массаси (%), вақт бўйича

Вақт, мин	Ҳарорат, °C	Полимер бошланғич массасидан қолган қолдиқ, %		
		МоК-донадорлаш шихтаси боғловчилари		
		СК-К	СК-Р	СК-Н
70	600	0,35	0,10	13,00
	500	12,00	12,60	17,00
	400	27,00	23,00	20,00
	300	73,00	72,00	20,00
420	600	0,00	0,00	12,90
	500	0,01	0,02	15,70
	450	1,30	0,30	15,00
	400	14,00	7,00	15,00

Куйдириш ҳарорати пасайганда полимер тўлиқ ёнмайди ва доналарнинг ёпишиб қолишига олиб келади. Бунга куйдириш вақтининг камайиши ҳам таъсир қилади. СК-Н полимери, СК-К ва СК-Д дан фарқли ўларок, ёнмайдиган қолдиқ – NaOH га эга, бу ҳам ёпишиб қолишга олиб келади. Ёпишиб қолишни бартараф этиш учун куйдириш тартибига риоя қилиш



керак. Бу МКҚ печларида яхшироқ таъминланади.

### СК-Н, СК-К, СК-Д боғловчиларига хужжатларни ишлаб чиқиш

TSh 64-23283880-07:2013 бўйича молибденит саноат маҳсулоти куюндиси ишлаб чиқариш жараёнида Мо-концентратини донадорлашнинг СК полимерага Ts 23766064-05:2017 «СК полимерлари сувли эритмалар» Ташкилот стандарти ишлаб чиқилди. Бу полимерлар: СК-Н – полиакрилонитрил; СК-К – маккажўхори қиёми; СК-Д – декстрини асосида (жадв. 13).

### 13-жадвал

#### СК-Н, СК-К ва СК-Д маҳсулотлари физик-кимёвий кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар номи	СК-Н		СК-К		СК-Д	
	Меъёр	Назорат усули	Меъёр	Назорат усули	Меъёр	Назорат усули
Ташқи кўриниши	Жигар рангли суюқлик	Ушбу Ts нинг 6.4 б бўйича	Рангсиз суюқлик	Ушбу Ts нинг 6.4 б бўйича	Рангсиз суюқлик	Ушбу Ts нинг 6.4 б бўйича
20 °С даги зичлиги, g/cm <sup>3</sup> , дан кўп эмас	1,2 ± 0,1	Ушбу Ts нинг 6.5 б бўйича	1.2 ± 0.1	Ушбу Ts нинг 6.5 б бўйича	1.2 ± 0.2	Ушбу Ts нинг 6.5 б бўйича
Сувнинг миқдори %, дан кўп эмас	82	ГОСТ 14870 бўйича	30	ГОСТ 14870 бўйича	30	ГОСТ 14870 бўйича

#### Доналарни куйдириш мавҳум қайновчи қатлам печини моделини ишлаб чиқиш

Босқичнинг вазифаси каолин, СК-К ва СК-Д полимерли Мо-концентратини куйдириш учун лаборатория сохта «қайновчи» қатлам реакторини яратиш ва синовдан ўтказиш.

### 14-жадвал

#### Муфел печи ва МКҚ печида қиздирилган каолинли, СК-К ва СК-Д полимерли шихтадан олинган Мо-концентрати доналари

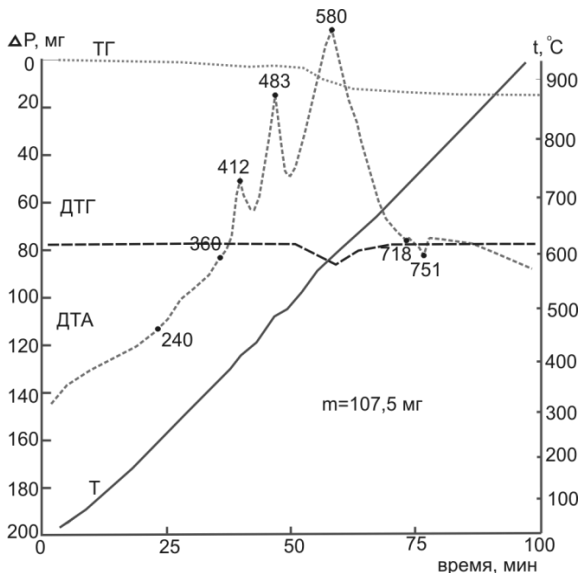
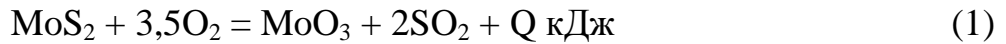
Намунанинг белгиланиши		01	02	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Таркиб ва термоишлов	полимер СК-К, %	100	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0
	полимер СК-Д, %	0	100	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	Қолгани МоК:	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Қуритиш-куйдириш, Т°С	20	20	20	300	600	20	300	600	20	300	600

СК-К ва СК-Д полимерлари асосидаги доналарни муфель печида куйдирилганда аралаштирилмаганлиги туфайли органик компонентнинг тўлиқ ёнмаганлиги учун бир бирига ёпишиб қотиб қолади, МКҚ печида бундай ҳолат кузатилмайди.

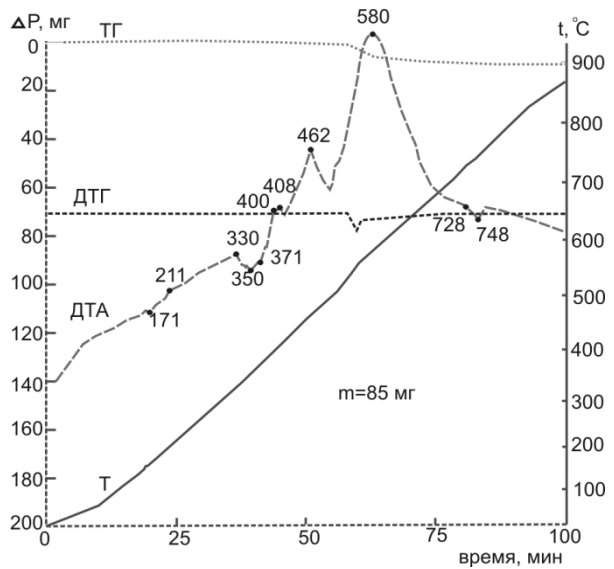
Доналарнинг термокимёвий ўзини тутиши 2a, 3b (расм.3-4) намуналарининг дериватограммалари асосида ўрганилди. Намуналарнинг

белгиланиши – 14-жадвалга мувофиқ.

Термогравиметрик аниқланган намуналар массасининг 100-860 °С оралиқда камайиши қуйидаги схемадан далолат беради (1):

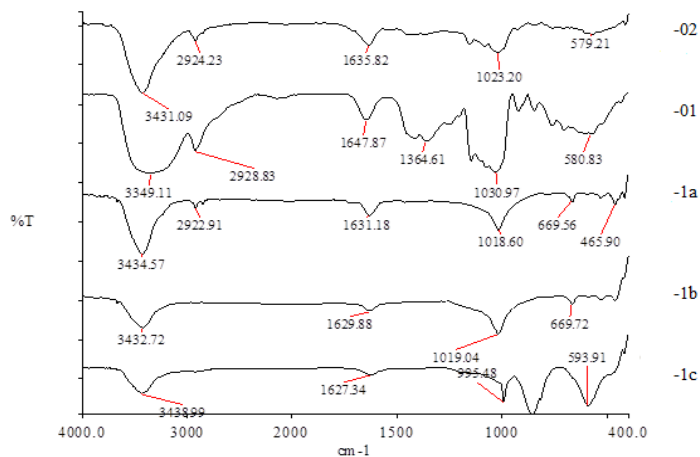


**3-расм. 2a намуналарнинг дериватограммаси**



**4-расм. 3b намуналарнинг дериватограммаси**

2a ва 3b намуналарнинг термик ҳолати алоҳида тавсифланади: улар биридан 300 °С дан юқорида қиздирилганда деструкцияга учрайдиган органик компонентларнинг табиати билан фарқланади. Сульфид рудаларини 600 °С дан юқори ҳароратда қуйдириш тезлиги кислород диффузияси ва маҳсулот – олтингугурт тўрт оксидининг реакция ҳудудидан узоқлашиши билан белгиладнади. Уни ошириш учун, каттик фазани майдалаш ҳисобига, диффузион босқичларнинг қаршилиги камайтиради.

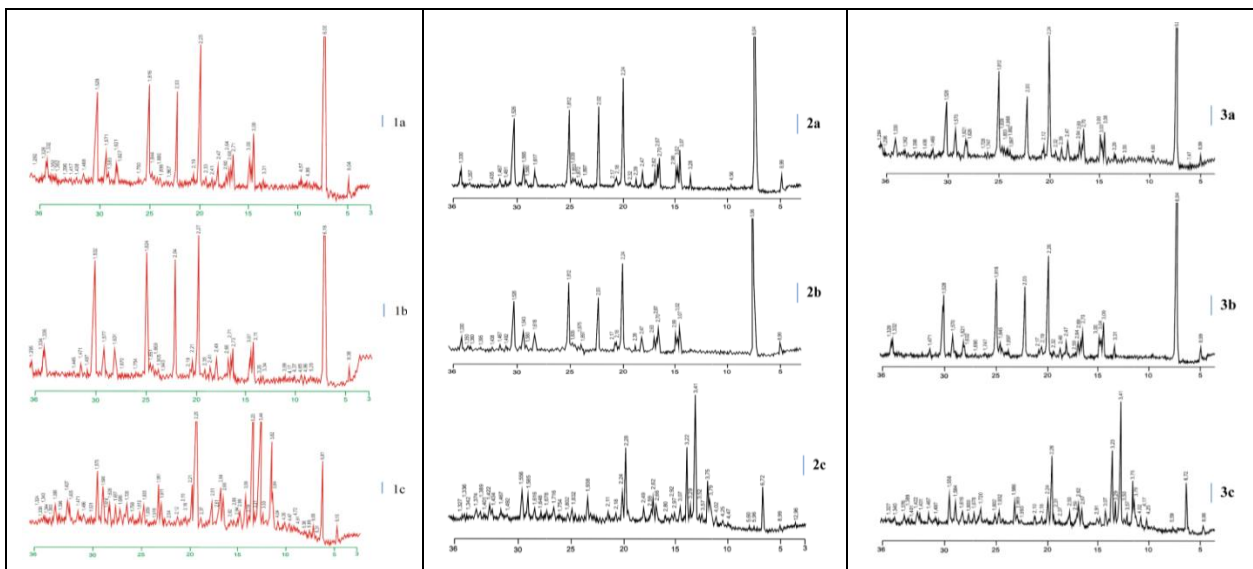


**5-расм. 01,02,1a намуналарнинг ИҚ-спектрлари (матнда тушунтирилган)**

МоК ни МоО<sub>3</sub> гача оксидлашга масъул 580 °С да қаршилик камайтирилган ҳолда Мо-хомашёсини МКҚ печда қуйдириш мақсадга

мувофиқдир.

Турли боғловчили доналарнинг солиштирма иссиқликбардошлиги кузатилди. 01, 02, 1а намуналар мисолида ИҚ-спектрлар 5-расмда келтирилган. Уларни солиштирганда, 300-600 °С оралиқда полимер деструкцияси билан тебраниш чизиклари сонининг камайиши кузатилди, шу билан бирга ҳарорат хона ҳароратидан 300 °С гача кўтарилганда эса уларда ўзгариш кузатилмади.



**6-расм. МоК (1), МоК+СК-К (2), МоК+СК-Д(3) дифрактограммалари**

600 °С да 60 мин куйдирилган МоК+2% СК-К (№ 2с) ва № 2а намуналар рентгенограммаларини солиштирганда, юзалараро масофанинг ва нисбий интенсивликларининг фарқланиши кўринди. Кристалл ҳолатларининг тавсифи таркиб ва қўшилаётган компонентлар, ҳарорат тартиби ва куйдириш вақтига боғлиқ эканлигини кўрсатди.

Сульфид рудаларини куйдириш печлари конструкциялари барабан печларда тубли ва МҚҚ печларигача ривожланди. Сўнггиси юқори ишлаб чиқариш қуввати ва автоматлаштирилганлиги билан бошқаларини тоғ-металлургия амалиётидан сиқиб чиқарди.

Босқичнинг вазифаси - МоК даги СК-Н, СК-К ва СК-Д боғловчиларининг каолин билан солиштирма синовларини ўтказиш ва улар асосида МҚҚ печида олинган куюндиларни тадқиқ этиш. Доналарнинг тажриба намуналарини МҚҚ печида, назорат намуналарини барабан печида куйдирилди.

2017 йил май ойида «Олмалиқ КМК» АЖ МЭЗ НМҚИЦ да МоК даги СК-Н, СК-К ва СК-Д боғловчиларини каолин билан солиштирма, ҳамда доналарни куйдириш тартибининг синовлари ўтказилди. Шихта таркиби (сувнинг миқдори кўрсатилмаган): а) 2,0 % полимер СК-К, қолгани МоК; б) 1,5 % полимер СК-Д, қолгани МоК; в) 9 % каолина, қолгани МоК (назорат). НМҚИЦ да, лаборатория МҚҚ печида иккита тажриба намуналари куйдирилди (50 гр дан) тартиби: ҳарорат 570 °С; вақт – 60 мин – №1-2 намуналар учун, барабан печида - №3 намуна учун – ҳарорат 600 °С; вақт 7 с.

Сўнг намуналар назоратдан ўтказилди (15-жадвал).

**15-жадвал**

**МоК донадорлаш шихтасининг таркиби ва доналарни куйдириш тартиби**

№	Шихта	МоК, кг	Каолин		СК-К		Сув, л (т:ж 6:1)	Печ тури
			%	кг	%	кг		
1	Назорат	6000	8	480	-	-	1000	Барабан
2	Тажриба, №1	0,050	-	-	2,0	0,001	0,0083	МҚҚ печи

Аралашмага ҳисобланган миқдорда СК-К полимери 1:6 суюлтирилган ҳолда тарелкали грануляторга порциялаб берилди, сўнгра доналарнинг кондициясига қараб сув берилди. Аралашмалар – партиядан Мо-концентрати таркиби (16-жадвал).

**16-жадвал**

**Мо-концентрати бошланғич партиясининг керакли элементлар бўйича таркиби**

Mo	Re	Cu	S
36,10%	0,055%	1,57%	28,73%

Тажриба намунасига термоишлов бериш МҚҚ печида ҳаво бериш билан куйдириш вақти 1,0 соат, серияли партия учун – барабан печида куйдириш вақти 7 соат. Куйдиришгача барча намуналарнинг мустаҳкамлиги қониқарли, диаметри 2-4 мм. Шихтадан олинган Мо-концентрати қуюндисининг таркиби 17-жадвалда келтирилган

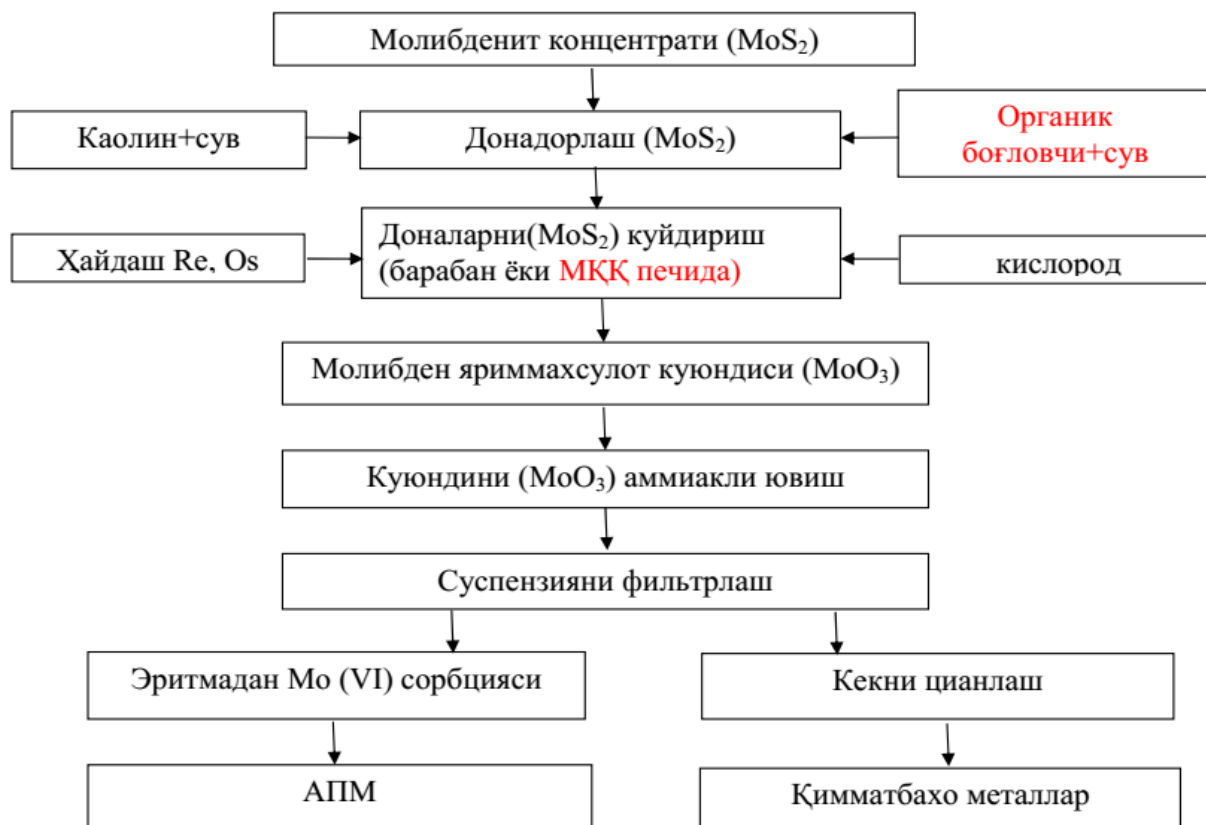
**17-жадвал**

**Мо-концентрати қуюндисининг таркиби, бошланғич шихта 2 хил композициядан иборат**

Шихта	Mo	Re	Cu	MoS <sub>2</sub> даги олтингугурт	Мо оксидланиш даражаси
Назорат	33,21	0,016	-	0,70	96,8
Тажриба, №1	35,84	0,008	-	0,72	97%

Намуналарнинг олинган рентген дифрактограммаларидан шу кўринадики, уларни каолин билан шакллантирилганда, каолинсиз, 2% СК-К полимерини қўшиб тайёрланган намуналарга нисбатан молибден бўйича камбағаллашиб қолади. МҚҚ печида 1,0 соат давомида СК-К полимери билан куйдирилган намуналар таркибида каолин бўлган – барабан печидагига нисбатан тўлиқроқ оксидланади.

Каолинсиз донадорлаш ва МоК ни МҚҚ печида куйдириш жараёнининг принципиал технологик схемаси ишлаб чиқилди. (7-расм).



7-расм. Каолинсиз донадорлаш ва МоК ни МҚҚ печида куйдириш жараёнининг принципиал технологик схемаси

Органик боғловчилар тутган, каолинсиз шихтадан олинган доналар куюндиси намуналарининг «каолинли» аналогларга нисбатан, уларнинг юзасида газ ҳолатидаги азот ва сув буғининг сорбциясини ўлчаш асосида кўпроқ ғоваклироқ эканлиги тасдиқланди.

## ХУЛОСА

1.СК типдаги полимерларни модификациялаб Мо-концентратини каолинсиз кулсиз боғловчилар ёрдамида донадорлаб саноат куйинди махсулотини олиш ва қайта ишлаш технологияси ишлаб чиқилган.

2. Доналарни ва куйиндини тадқиқоти натижасида, Мо-концентрати шихтасида СК-Н, СК-К ва СК-Д полимерлари ёрдамида донадорлаш каолинга нисбатан афзалликлари: янги боғловчи компонент каолинга нисбатан 4-10 баробар камлиги, шунингдек куйиндидан Re, Мо катта миқдорда ажралиши аниқланди.

3. Барабанли печ ўрнига таклиф қилинган мавҳум қайновчи қатлам печида товар махсулот олишда куйдириш вақти 7 соатдан 1 соатга туширилган.

4. СК серияли боғловчиларнинг тажриба партиясини ишлаб чиқариш усули амалга оширилди. У «СК полимерлари сувли эритмалар. Техник шартлар» TSh 23766064-05:2017 СК полимерлари сувли эритмалари ишлаб чиқариш регламентига мос равишда амалга оширилади.

5. СК-Н, СК-К, СК-Д боғловчилари асосида шакллантирилган донаторланган Мо-концентратини куйдириш билан олинган куюндини қайта ишлаш усули мавжуд «Олмалиқ КМК» АЖ ИИЧБ молибден бирикмаларини ишлаб чиқариш Технологик инструкцияси ТИ 48-4208-5-24-2002 бўйича амалга оширилди.

6. Келтирилган технологияни комбинатда МЭЗ НМҚИЦ мавжуд Мо-концентратини куйдириш барабан печини мавҳум қайновчи қатлам печига алмаштиргандагина тадбиқ этилиши мумкин. МҚҚ печини лойиҳалаштиришга техник вазифаларни тузиш учун комбинат розилиги олинган. Бунинг учун МҚҚ печининг пилот қурилмасида статистик маълумотлар йиғилиши керак.

7. Вақтинчалик регламент асосида ЎзР ФА УНКИ технологик марказида СК серияли полимерлар тажриба партиясини саноат ишлаб чиқариши ўзлаштирилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc 27.06.2017. К/Т 35.01 ПРИ  
ИНСТИТУТЕ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И  
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**

---

**ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**САФАРОВ ЁДГОРЖОН ТОЙИРОВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ  
ГРАНУЛИРОВАННОГО МОЛИБДЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА НА  
ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СВЯЗУЮЩЕГО**

**02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.**

**Термическая обработка и обработка металлов давлением.**

**Металлургия черных, цветных и редких металлов**

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

**ТАШКЕНТ – 2018**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2018.2.PhD/Т375.**

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

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

**Научный руководитель:** **Гуро Виталий Павлович**  
доктор химических наук, старший научный сотрудник

**Официальные оппоненты:** **Шарипов Хасан Туропович**  
доктор химических наук, профессор

**Эшметов Иззат Дусимбатович**  
доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:** **Национальный Университет Узбекистан**  
**имени М.Улугбека**

Защита состоится 29 мая 2018 г. в 10.00 часов на заседании разового Научного совета DSc 27.06.2017. К/Т 35.01. 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) 262, e-mail: [tkti\\_ionxanruz@mail.ru](mailto:tkti_ionxanruz@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Институте общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан (зарегистрирована за № 19) по адресу: 1000170, г.Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (99871) 262-56-60.

Автореферат диссертации разослан 17 мая 2018 г.  
(реестр протокола рассылки № 19 от 17 мая 2018 г.).

**Б.С.Закиров**

Председатель разового научного совета по  
присуждению учёной степени, д.х.н.

**Д.А.Салиханова**

Учёный секретарь разового научного совета  
по присуждению учёной степени, д.т.н.

**С.А.Абдурахимов**

Председатель разового научного семинара  
при научном совете по присуждению учёной  
степени, д.т.н., профессор



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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире ведутся исследования по наращиванию производства редких металлов, прежде всего, ресурсосберегающими и экологически безопасными методами. Известно, что по мере выработки соответствующих месторождений, доля ценных компонентов в них неуклонно снижается, важно вносить корректировки в способы обогащения таких руд и производство целевых компонентов. Большинство существующих технологий получения молибдена из молибденитовых концентратов включает предварительный окисляющий обжиг. Неполное извлечение Re из Mo-концентрата приводит к потере ценных металлов.

На сегодняшний день в мире для гранулирования и обжига Mo-концентрата, в шихте с природными и синтетическими связующими на основе местного сырья, и разработки технологии переработки, необходимо обосновать ряд научных решений, в том числе, выбор новых связующих на основе местного сырья; определение причины коррозии металла пода печи при взаимодействии со связующим; предотвращение минерализации путем применения местных органических связующих, вместо каолина; определение физико-механических, термических, коллоидно-химических свойств Mo-концентрата, гранулированного с органическими связующими.

На сегодняшний день в республике достигнуты результаты в теории и практике производства беззольных водорастворимых полимеров, пригодных к выполнению функции связующих гранулирования молибденитового концентрата. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан предусмотрены задачи: «подъем промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, к дальнейшей интенсификации производства готовой продукции на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, освоению выпуска новых видов продукции и технологий»<sup>1</sup>. В связи с этим, имеют важное значение исследования по разработке, из местного сырья, беззольных водорастворимых связующих для гранулирования Mo-концентрата.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в указах № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы» и в постановлениях №ПП-3280 от 15 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления АО «Алмалыкский ГМК», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике Узбекистан VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** Обращение к мировому опыту в области замены минеральных связующих гранулирования молибденитового концентрата (МоК) на органические показало: хотя применение последних в шихте железных окатышей распространено, тем не менее, в цветной металлургии известна едва ли не единственная публикация о замене глинистого компонента шихты на водорастворимый полимер. Требование к сочетанию в одной смеси органических и минеральных компонентов – для железной руды и МоК оказалось общим: коллоидный агент (каолин, бентонит) обеспечивает когезионную сцепку частиц, придавая прочность гранулам, а полимер выполняет роль диспергатора, смачивающего рудные частицы (гидрофобного дисульфида молибдена). Причина «запаздывания» интереса к новой технологии в цветной металлургии в том, что молибденитовый концентрат – более сложная композиция, чем железная руда, с целевым извлечением молибдена, рения и драгоценных металлов.

Исследованием гранулирования безглинистыми связующими железных руд занимались Арапов Г.И., Ватолин Н.А., Сомова Т.Н., Иванов Н.С., Дзюба О.И., Schmitt J., Dingeman D.L., Sivrikaya O., Dilsky S., Stefan Dilsky, Quaicoe I. Органическое связующее для окатывания Мо-концентрата предложил Палант А.А.

В Узбекистане исследованием водорастворимых полимеров занимались представители школы академика Ахмедова К.С. (Зайнутдинов С.А., Сатаев И.К., Каримов У.К. и др.). Однако, в этом направлении они не работали.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ ИОНХ по инновационному проекту И13-ФА-Т028 «Освоение промышленного производства полимера СК для шихтования молибденитового концентрата металлургической отрасли» на 2016-2017 годы.

**Целью исследования** является создание технологии получения и переработки гранулированного молибденитового концентрата на основе органических связующих.

**Задачи исследования:**

установить причины слипания гранул Мо-концентрата со связующим СК-1, при окомковании и 600 °С обжиге, а также коррозии металла пода печи;

модифицировать органическое связующее СК-1, провести поиск других беззольных связующих, призванных устранить выявленные недостатки «безкаолинового» окомкования: слипание гранул и коррозию металла пода печи;

изучить влияние связующих серии СК и каолина на физико-механические, термические, технологические свойства гранул Мо-концентрата;

произвести подбор технологических параметров применения новых связующих и создать на их основе Стандарт организации;

создать лабораторную печь кипящего слоя (КС) для обжига гранул Мо-концентрата, испытать ее при обжиге гранул с новыми связующими.

**Объектом исследования** является молибденитовый концентрат АО «Алмалыкский ГМК», каолин Ангреновского месторождения, водорастворимые органические полимеры растительного (СК-К, СК-Д) и синтетического (СК-1) происхождения.

**Предметом исследования** является изучение закономерностей формирования гранул с заданными коллоидно-химическими свойствами, из молибденитового концентрата с различными связующими, разработка способов модифицирования известных связующих и создания новых связующих на основе беззольных полимеров, создание технологии получения огарка промышленного продукта молибденового на основе новых связующих и обжига сформированных на их основе гранул.

**Методы исследования:** вискозиметрия, атомно-абсорбционная спектроскопия, оптическая эмиссионная спектрометрия, ИК-спектроскопия, рентгенография, рентгеноспектральный микроэлементный анализ, электронная микроскопия, дериватография.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

выявлены причины (недостаток кислорода в печи и присутствие гидроксида натрия в шихте) слипания гранул Мо-концентрата с полимерным связующим СК-1 при обжиге;

выявлен способ устранения слипания гранул Мо-концентрата со связующим СК-1 - модифицирование его или замена на беззольный полимер;

доказано повышение содержания Мо в Мо-огарке промпродукта на 4-5% за счет замены каолина в шихте гранулирования на беззольный полимер;

выявлен способ ускорения процесса обжига гранул путем замены барабанной печи обжига на печь кипящего слоя обжига молибденитового концентрата;

обнаружена способность полимеров СК-Н, СК-К, СК-Д, в сравнении с калином, повышать пористость гранул молибденитового концентрата;

выявлена способность полимеров СК-Н, СК-К, СК-Д облегчать возгон Re и гидрометаллургический передел на Мо, Au, Ag, в сравнении с каолином;

обнаружено преимущество печи КС при обжиге молибденитового концентрата перед барабанной печью: семикратное ускорение процесса обжига;

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработан технологический регламент производства связующих СК гранулирования молибденитового концентрата для АО «Алмалыкский ГМК»;

разработана, изготовлена и испытана лабораторная печь КС для обжига гранул Мо-концентрата;

проведено в АО «Алмалыкский ГМК» успешное сравнительное опытно-промышленное испытание технологии гранулирования с модифицированным связующим СК и обжига гранул в печи кипящего слоя.

**Достоверность результатов исследования.** Подтверждается результатами, полученными при помощи химического (аналитическая химия) и

физико-химического анализа, проводимого в процессе исследования в лабораторных условиях, и опытно–производственными испытаниями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в обосновании состава шихты гранулирования Мо-концентрата на основе полимеров СК, в объяснении причин слипания гранул и коррозии пода печи от применения немодифицированных полимеров СК в процессе производства и переработки огарка промпродукта молибденового, в обосновании необходимости отказа от барабанной печи обжига гранул на основе связующих СК, в пользу печи кипящего слоя.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии гранулирования молибденитового концентрата с модифицированным связующим СК, обжига полученных на их основе гранул в печи кипящего слоя и переработки полученного огарка промышленного продукта молибденового.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по обжигу и переработке гранулированных Мо-концентратов с применением природных и синтетических полимеров:

технология гранулирования с использованием синтетических полимеров СК, как связующих, обжига гранул и их переработки внедрена в практику АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» ОП-02060 от 17 марта 2018 года). В результате создана возможность увеличить содержание Мо в промпродукте на 4-5%.

технология гранулирования с использованием природных полимеров СК-К и СК-Д, обжига и переработки гранул внедрена в практику АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» ОП-02060 от 17 марта 2018 года). В результате создана возможность увеличить выход Re за счет достижения высокой пористости гранул;

утверждены Узгосстандартом технические условия (Ts 23766064-05:2017) на разработку СК-водоростворимых полимеров. Данные технологические условия дают возможность контролировать качество продукта и технологические процессы.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения данного исследования обсуждены на 6 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По материалам диссертации опубликовано всего 16 научных работ. Из них - 8 научных статей, в том числе 6 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех экспериментальных глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем работы состоит из 102 стр.

## 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 и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, даются сведения о внедрении в практику результатов исследования.

**В первой главе** диссертации под названием «**Аналитический обзор способов гранулирования и обжига молибденитового концентрата**» приведена ретроспектива теоретических и практических подходов к решению проблемы ресурсосбережения при переработке рудного сырья – в черной и цветной металлургии. И если в первой из них, использование органических связующих шихты гранулирования давно и успешно освоено, то во второй – в технологиях переработки МоК такой подход является новым. Приведен обзор публикаций зарубежных и отечественных исследователей, патентной литературы по теме исследования. Из их критического анализа намечены цель и задачи работы.

**Вторая глава** по теме «**Объекты и методы исследования**» посвящена исходным данным постановки исследования. Объект исследования – Мо-концентрат, класса – 0,074 мм, 75 %, насыпной массы 1,12 г/см<sup>3</sup>, состава, %: 38 Мо; 0,7 Re; 2,5 Cu; 0,009 P; 0,025 Sb; 0,05 WO<sub>3</sub>; 25,2 S; 10,8 SiO<sub>2</sub>; 0,42 влажность, присутствуют золото и серебро. Основа концентрата – гидрофобный молибденит MoS<sub>2</sub>. Шихту гранулирования готовили на основе связующих: каолина, продукта гидролиза отхода производства полиакрилонитрила (ПАН): СК-1 (при нейтрализации образуется СК-Н), На-карбоксиметилцеллюлозы (На-КМЦ), полиакриламида-геля (ПАА-геля), полиакриламида флокулянта (ПАА-ГС), смолы карбамидоформальдегидной КФ-Ж, полимеров растительного происхождения – кукурузной патоки (СК-К) и декстрина кукурузного (СК-Д).

Методы исследования: окомкование МоК со связующими выполняли в ЦПРМ МПЗ комбината. Гранулы обжигали в лабораторной печи КС объемом 150 см<sup>3</sup> и в барабанной печи ЦПРМ. Контроль химического состава выполнен на ААС- и ICP-спектрометрах: Perkin-Elmer 3030В, Aligent 7500 ICP MS. Контроль поверхности осуществлялся в Центре высоких технологий (электронный микроскоп ZEISS EVO MA 10, Carl Zeiss Group, рентгеновский дифрактометр EMPYREAN XDR). Рентгенофазовый контроль - на дифрактометре ДРОН-УМ, СоК, с Cu-катодом и Ni-фильтром; ИК-спектральный анализ - на спектрографе UR-20 (700-3600 см<sup>-1</sup>). Измеряли кинематическую вязкость растворов (вискозиметр ВПЖ-2). Прочность гранул оценивали под нагрузкой до разрушения. Термический анализ - на дериватографе Паулик-Эрдей. Удельную влагоемкость гранул определяли гравиметрическим методом, при остывании после 400 °С нагрева, при

относительной влажности 98%: строили изотерму адсорбции в координатах:  $a$  (ммоль  $H_2O/g$ ) – время  $\tau$  (мин). Определяли удельную поверхность образцов методом сорбции азота при температуре 80 К.

**В Главе 3 «Разработка и испытание в разных режимах обжига полимеров серии СК в качестве связующих шихты гранулирования Мо-концентрата»** изложены теоретические основы и результаты разработки исследование.

За отправную точку исследования взят достигнутый ранее результат - создание органического связующего - продукта щелочного гидролиза полиакрилонитрила (ПАН): СК-1 для шихты гранулирования Мо-концентрата, альтернативного каолину. Наряду с его позитивным эффектом замещения каолина, выявлены его негативные проявления: слипание гранул, коррозионное воздействие на металл пода печи. Предложены решения их преодоления: 1) нейтрализация СК-1 до pH 7; 2) минимизация зольности полимеров; 3) отказ от барабанной печи обжига гранул в пользу печи КС.

По 1-2-му из них подобраны из местного сырья водорастворимые полимеры; разработан технологический регламент их производства и Стандарт организации Ts 23766064-05:2017 «Полимеров СК водные растворы», на:

модифицированный продукт СК-Н (ПАН:NaOH=1,0:0,6),  $H_2SO_4$  до pH 7; альтернативные синтетические органические связующие;

альтернативные связующие растительного происхождения; СК-К, СК-Р. По 3-му: создана лабораторная печь КС для сравнения с барабанной.

#### **Модификация полимера СК-1 до СК-Н**

Для устранения недостатков СК-1 необходимой стала его модификация или поиск альтернатив этому полимерному связующему.

Задачи исследования: 1) нейтрализовать щелочность материала до pH 7, получив из СК-1 продукт СК-Н, устранив коррозионное агрессивное действие полимера СК-1 в отношении металла; 2) подобрать технологические параметры применения СК-Н в производстве гранул молибденитового концентрата; 3) подобрать альтернативные органические связующие для той же цели.

**Таблица 1**

#### **Расход раствора серной кислоты ( $\rho=1,655$ г/см<sup>3</sup>) на нейтрализацию раствора СК-1**

Гидролиз ПАН в растворе едкого натра				Плотность, г/см <sup>3</sup>	Расход $H_2SO_4$ , мл
Продукт	Мольное соотношение ПАН:NaOH	Масса волокна ПАН, г	$H_2O$ , г		
СК-1	1,0 : 1,0	10	80	1,1	1,2
СК-1	1,0 : 0,8	10	82	1,1	0,55
СК-1	1,0 : 0,6	10	84	1,3	0,45

Установлена причина высокотемпературного коррозионного воздействия полимера СК-1 - избыточное содержание щелочи в продукте гидролиза высокомолекулярного отхода производства ПАН, с превращением амидных групп в карбоксильные, гидратированием нитрильных групп. Нейтрализацию щелочного раствора СК-1 проводили серной кислотой: с рН 12 до рН 7 (табл. 1). Условием применения полимеров СК-1 и СК-Н в шихте является стабильное вязко-текучее состояние. Представляло интерес проследить за их вязкостью при разных рН среды, степени разбавления водой и температуры (табл. 2).

**Таблица 2**

**Вязкости раствора СК-1 в зависимости от рН, температуры при нейтрализации, мм<sup>2</sup>/сек**

Температура, °С	Объемное разбавление: исходный полимер : вода					
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 8	1 : 10
Исходный раствор рН 12						
18	61,20	42,84	27,23	21,72	18,05	14,99
100	25,70	18,36	13,15	10,09	8,56	5,51
Исходный раствор нейтрализован до рН 9						
18	113,22	66,71	45,59	38,56	21,42	16,22
100	28,46	18,66	12,85	10,71	6,43	4,90
Исходный раствор нейтрализован до рН 7						
18	94,86	58,75	43,15	29,07	20,81	16,83
100	22,64	15,91	11,32	7,96	6,43	4,90

Стабильно текучее состояние его устанавливалось при разбавлении водой в соотношении 1:5 и 1:6. Вязкость растворов максимальна при рН 7-9 и при охлаждении. Исходя из этого, составлена инструкция по нейтрализации раствора полимера СК-1.

Изучены эффективности переработки МоК, с заменой СК-1 на СК-Н, выщелачиванием: аммиачным – для Мо, цианидным – для Au, Ag (табл. 3).

**Таблица 3**

**Показатели переработки огарков из шихты на основе полимера СК-Н**

шихта	Содержание до обжига, % (г/т)				После обжига, % (г/т)				Извлечение, %			
	Mo	Re	Au	Ag	Mo	Re	Au	Ag	Mo	Re	Au	Ag
1	41,3	0,07	(38,1)	(62,2)	-	-	-	-	97	-	94	95
2	37,7	0,06	(34,7)	(56,9)	39,1	0,05	(36,1)	(59,2)	97	15	92	93
3	39,9	0,07	(36,7)	(60,0)	42,2	0,05	(38,2)	(62,0)	99	30	95	95

Шихты на основе СК-Н: №1 подвергали азотнокислоте вскрытию, №2 и 3 – обжигу

Из табл. 3 следует, что шихта № 3 имеет преимущества перед стандартной шихтой № 2: содержание Мо в ней выше как до, так и после обжига; остаточное содержание Мо в кеке соответствует норме;  $Re_2O_7$  полнее возгоняется.

Испытана технология окатывания из смесей шихты, отличающихся содержанием СК-Н, в сравнении с каолиновой контрольной шихтой (табл. 4).

**Таблица 4**

**Состав шихты (МоК, полимер СК-Н) и огарка из нее**

Шихта	Состав шихты				Содержание, %		
	МОК, кг	каолин, кг (%)	полимер СК-Н, л (%)	вода, л	Мо	Re	S
Без связу-го	1,50	0,12 (8)	-	0,25	40,2	0,066	31,59
I - контроль	1,50	0,03 (2)	0,03 (2,0)	0,25	36,8	0,016	0,75
II	1,50	0,03 (2)	0,02 (1,3)	0,25	37,9	0,010	0,54
III	1,50	0,03 (2)	0,01 (0,7)	0,25	38,8	0,014	0,22
IV	1,50	0,12 (8)	-	0,25	39,2	0,009	0,65

Шихты (II, III, IV), из Мо-концентрата общей партии и полимера СК-Н, окатывали до требуемой прочности, обжигали, анализировали. Содержание Мо в опытных партиях выше, чем в контрольной; извлечение Re в опытных шихтах ниже, чем в контрольной, что говорит о более полном возгоне  $Re_2O_7$ ; - экономически, шихта IV предпочтительнее II и III, из-за низкого расхода СК-Н.

Критерием выбора альтернативного СК-1 полимера из: полиакриламида (ПАА-гель, ПАА-ГС), КФЖ, стала беззольность их при 600 °С обжиге (табл. 5).

**Таблица 5**

**Зольность синтетических полимеров ПАА-ГС, ПАА гель, КФЖ**

Характеристика полимеров, в товарной форме			рН раствора
Продукт	Содержание воды, %	Зольность, %	
КФЖ	37,06	0,12	12
ПАА-ГС	4,70	1,28	7
ПАА гель	70,70	0,23	7

Беззольными оказались ПАА-ГС, ПАА гель. Проведено их сравнительное испытание в шихте состава (МоК остальное), %: №1 – каолин 9, №2 – каолин 2, СК-Н 0,7; №3 – каолин 2, ПАА-ГС 0,5 (табл. 6).



Таблица 6

## Прочность гранул при разных составе шихты и температуре

Параметр	Прочность гранул $\varnothing$ 3-5 мм, под нагрузкой, до разрушения, МПа		
	Шихта гранулирования Мо-концентрата, состав №		
	1 (контроль)	2 (СК-Н, каолин)	3 (ПАА-ГС, каолин)
20 °С	0,7	1,5	1,2
250 °С	2,4	1,9	2,1
600 °С	6,4	4,0	4,2

Из табл. 6 следует, что контрольная и опытные шихты №1-3 обеспечивают прочностные свойства гранул по-разному: синтетические полимеры при малых концентрациях упрочняют гранулы эффективнее каолина.

Выполнено сравнение эффективности переработки огарков (табл. 7).

Таблица 7

## Огарок (0-3) и его переработка: I - до обжига; II - после; III- извлечение (%)

Элемент	№ 0			№1: контроль			№2: СК-Н, каолин			№3: ПАА-ГС, каолин		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Mo, %	41,3	-	97	37,7	39,1	97	40,0	42,2	99	39,9	42,0	99
Re, %	0,07	-	-	0,06	0,05	15	0,07	0,05	30	0,07	0,05	30

Из табл. 7 следует, что шихты №2-3 превосходят шихту №1 по показателю извлечения Mo и  $Re_2O_7$  (возгон). Недостаток ПАА-ГС – высокая цена.

Подобраны альтернативные каолину и синтетическим полимерам беззольные водорастворимые связующие растительного происхождения из ряда: кукурузная и рисовая патока (СК-К, СК-Р), декстрин (СК-Д), Na-КМЦ (табл. 8).

Таблица 8

## Зольность и pH растворов растительных полимеров

Продукт	Характеристика полимеров		pH раствора
	Содержание воды, %	Зольность, %	
Na-КМЦ	7,10	54,55	12
СК-Д	3,00	3,67	8
СК-К	28	0,1	6-7

Из таблицы 8 следует, что из рассмотренного ряда, Na-КМЦ непригоден. Измерена прочность гранул, обкатанных с полимерами СК-Д, СК-К, СК-

Р и каолином, состава шихты (остальное – Мо-концентрат, доля воды не учтена), %: №0-каолин 9, №1–СК-К 1; №2-СК-К 2, №3-СК-К 3, №4-СК-К 4, №5-СК-К 4,5, №6- СК-К 0.7+СК-Н 0.7; №7-8–СК-Р 3; №9-СК-Д 1 (табл. 9).

**Таблица 9**

**Прочность гранул из шихты разного состава и при различной температуре**

Температура, °С	Прочность гранул Ø 3-5 мм, под нагрузкой, до разрушения, г/см <sup>2</sup>									
	Шихта гранулирования Мо-концентрата, состав №									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	200	250	370	380	540	610	470	360	645	600
250	210	420	440	950	820	560	480	386	690	720
600	1510	1500	1700	1750	1760	1800	1250	1700	1250	1176

Из табл. 9 следует, что шихта: существующая №0, с СК-К: №1-5, СК-Н + СК-К: №6; СК-Р: №7-8 и СК-Д: №9, сопоставимы по прочности, но для достижения равной с шихтой №0 прочности, достаточно 2% полимеров СК-Д, СК-К.

**Сравнительные характеристики гранул Мо-концентрата**

Оценена удельная поверхность образцов гранул из шихты с полимерами серии СК и каолином, методом сорбции азота, при 80 К (табл. 10). Из табл. 10 следует, что минимальная удельная поверхность – у огарка без связующего (№1), с гидрофобной поверхностью. Максимальную развитость поверхности гранул огарка обеспечивают чистый каолин (образец 2), стандартная каолиновая шихта (образец 3), 1%-ые СК-К (образец 6) и СК-Д (образец 9). Это означает, что замена минерального связующего в шихте на органическое не уменьшает пористость гранул – параметр, определяющий извлечение Re при обжиге, а также Mo, Au, Ag, при гидрометаллургической переработке огарков.

**Таблица 10**

**Удельная поверхность образцов Мо-огарка из шихты разного состава**

№	Состав шихты гранулирования, %	Масса, г	Уд. поверхность, м <sup>2</sup> /г
1	Мо-концентрат 100,0	0,060	42,0
2	Каолин 100,0	0,060	74,1
3	Каолин 9,0; Мо-концентрат 91,0	0,052	77,0
4	СК-Н 3,0; Мо-концентрат 97,0	0,065	68,8
5	СК-Н 0,7; КП 0,7; Мо-концентрат 99,0	0,051	65,6
6	СК-К 1,0; Мо-концентрат 99,0	0,060	75,0
7	СК-Д 1,0; Мо-концентрат 99,0	0,060	76,5

Построены изотермы сорбции паров воды гранулами огарка (рис. 1).

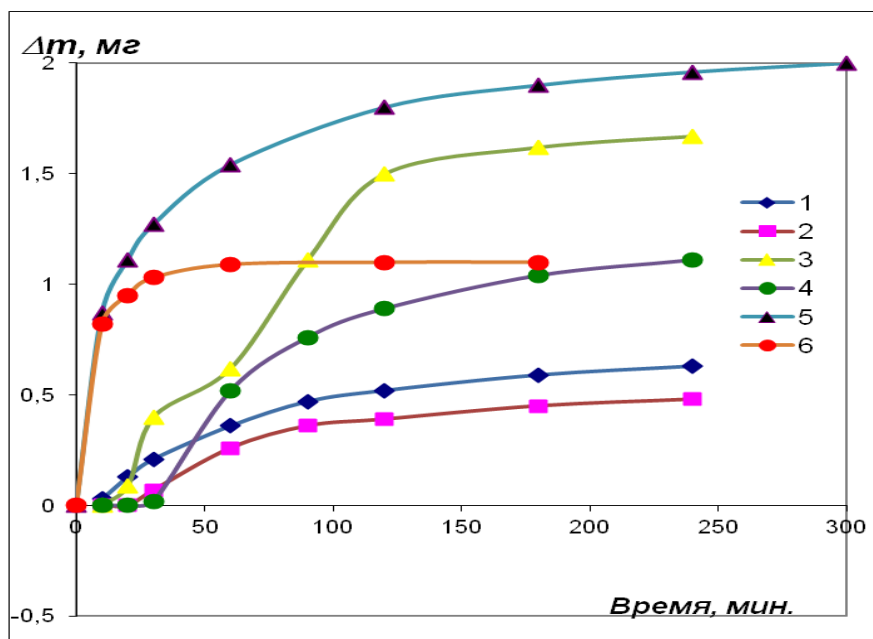


Рис. 1. Изотермы сорбции воды огарком на основе разных связующих

Гранулы обожжены при 600 °С для перевода молибденита в триоксид молибдена. Затем от 400 °С остывали, сорбируя воду. Состав шихты (остальное МоК), %: 1) СК-Д 1; 2) СК-К 1; 3) СК-Н 0,7; СК-К 0,7; 4) каолин 9,0; 5) СК-К 3; 6) каолин 100. Изотермы образовали ряд: №5>№3>№6>№4>№1>№2 (рис. 1).

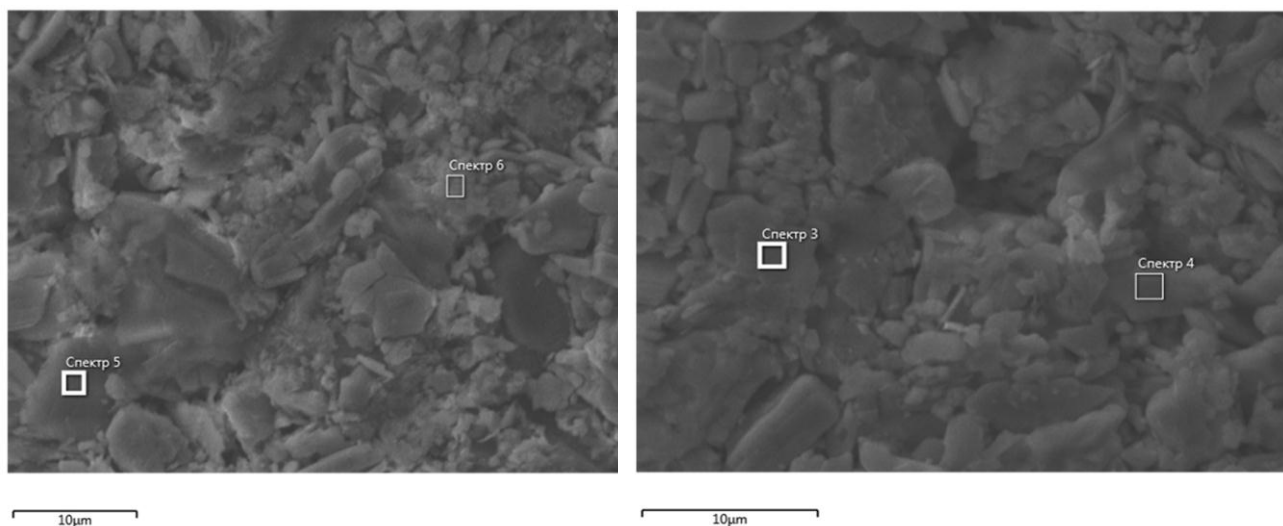


Рис. 2. Электронная микроскопия поверхности огарка МоК, состава: каолин, 9% (слева); полимер СК-К, 2% (справа).

Из ряда следует, что повышение содержания СК-К в шихте до 3% обеспечивает максимум пористости гранул: в большей степени, чем каолин. Тем самым подтверждено порообразование в огарках из шихты без каолина, с беззольным связующим СК-К. Их поверхности изучены электронной

микроскопией (ЭМ) (рис. 2). Выявлена большая развитость поверхности у безкаолинового образца (слева), по сравнению с каолиновым (справа).

Состав огарка Мо-концентрата из составов шихты приведен в табл. 11.

**Таблица 11**

**Данные локального анализа поверхности образцов гранул на дифрактометре**

Ref.Code	Score	Chem. Formula	Displ [°2θ]	Scale Fac.	Ref.Code	Score	Chem. Formula	Displ.[°2θ]	Scale Fac.
20 °С, связующее каолин					600 °С, связующее каолин				
03-065-0160	53	MoS <sub>2</sub>	0.000	0.752	01-080-3491	64	MoO <sub>3</sub>	0.000	1.053
01-071-2219	29	FeS <sub>2</sub>	0.000	0.028	01-075-0443	20	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.112
01-073-3423	14	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.025	01-087-1166	24	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000	0.101
01-082-1254	9	CuAlS <sub>2</sub>	0.000	0.014	01-075-1539	6	MoS <sub>2</sub>	0.000	0.095
					01-071-1684	8	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000	0.029
20 °С, связующее СК-К					600 °С, связующее СК-К				
03-065-1951	64	MoS <sub>2</sub>	0.000	0.853	01-073-3423	19	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.066
03-065-3321	39	FeS <sub>2</sub>	0.000	0.042	01-073-6023	11	CuO	0.000	0.110
01-075-6866	23	CuFeS <sub>2</sub>	0.000	0.042	01-076-9680	14	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.000	0.098
01-089-1961	15	SiO <sub>2</sub>	0.000	0.014	01-076-2710	77	MoO <sub>3</sub>	0.000	0.963

Из нее следует, что при формировании поверхности лабораторных образцов с добавкой в шихту Мо-концентрата 9% каолина, по сравнению с образцами без каолина, но с добавкой 2% полимера СК-К, они относительно обеднены молибденом.

Для установления причины слипания гранул при отжиге, оценивали остаточную массу полимера при сгорании, в зависимости от температуры (табл.12).

**Таблица 12**

**Остаточная масса полимеров (%) после сгорания в гранулах, во времени**

Время, мин	Температура, °С	Остаток от исходной массы полимера, %		
		Связующее шихты МоК-гранулирования		
		СК-К	СК-Р	СК-Н
70	600	0,35	0,10	13,00
	500	12,00	12,60	17,00
	400	27,00	23,00	20,00
	300	73,00	72,00	20,00
420	600	0,00	0,00	12,90
	500	0,01	0,02	15,70
	450	1,30	0,30	15,00
	400	14,00	7,00	15,00

При понижении температуры обжига полимер сгорает неполно, приводя к слипанию гранул. Этому способствует также сокращение времени обжига. Полимер СК-Н, в отличие от СК-К и СК-Д, имеет несгораемый остаток – NaOH, также способствующий слипанию. Для исключения слипания необходимо соблюдение режимов обжига. Лучше всего они обеспечиваются в печи КС.

### Разработка документации на связующие СК-Н, СК-К, СК-Д

Разработан стандарт организации Ts 23766064-05:2017 «Полимеров СК водные растворы», на полимеры СК, для гранулирования Мо-концентрата в процессе производства огарка промышленного продукта молибденового по TSh 64-23283880-07:2013. Эти полимеры - на основе: СК-Н – полиакрилонитрила; СК-К - кукурузной патоки; СК-Д – декстрина (табл. 13).

**Таблица 13**

### Физико-химические показатели продуктов по Ts 23766064-05:2017

Наименование показателей	СК-Н		СК-К		СК-Д	
	Норма	Метод контроля	Норма	Метод контроля	Норма	Метод контроля
Внешний вид	Жидкость коричн. цвета	По 6.4 настоящего Ts	Жидкость без цвета	По 6.4 настоящего Ts	Жидкость без цвета	По 6.4 настоящего Ts
Плотность при 20 °С, g/cm <sup>3</sup> , не более	1.2 ± 0.1	По 6.5 наст-го Ts	1.2 ± 0.1	По 6.5 наст-го Ts	1.2 ± 0.2	По 6.5 наст-го Ts
Содержание воды, %, не более	82	По ГОСТ 14870	30	По ГОСТ 14870	30	ГОСТ 14870

### Разработка модельной печи кипящего слоя обжига гранул

Задачей этапа было создание и испытание лабораторного реактора псевдоожиженного («кипящего») слоя для обжига Мо-концентрата, со связующими: каолином, полимерами СК-К, СК-Д. Гранулы на основе полимеров СК-К и СК-Д, в муфельной печи, в отсутствие перемешивания, спекаются из-за неполного сгорания органического компонента, но в печи КС это явление исключено. Термохимическое поведение гранул изучено на основе дериватограмм образцов 2а, 3б (рис. 3-4). Обозначение образцов – согласно табл. 14.

**Таблица 14**

### Гранулы Мо-концентрата из шихты с каолином, полимерами СК-К, СК-Д, прогретые в муфельной и КС- печах

Обозначение образца		01	02	1а	1б	1с	2а	2б	2с	3а	3б	3с
Состав и термообработка	полимер СК-К, %	100	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0
	полимер СК-Д, %	0	100	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	МоК – остальное	нет	нет	да	да	да	да	да	да	да	да	да
	сушка-обжиг, Т°С	20	20	20	300	600	20	300	600	20	300	600

Убыль массы образцов в диапазоне 100-860 °С, определенная термогравиметрически, отвечает схеме (1):

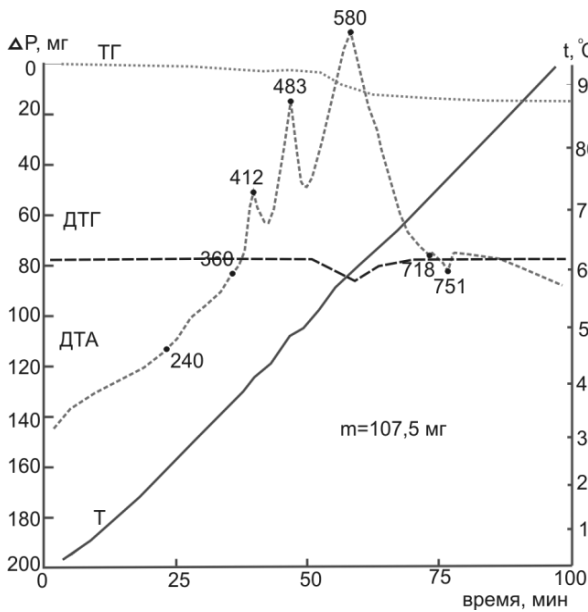
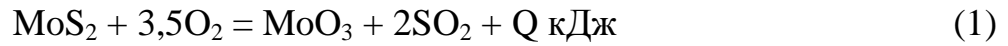


Рис. 3. Дериватограмма образца 2а

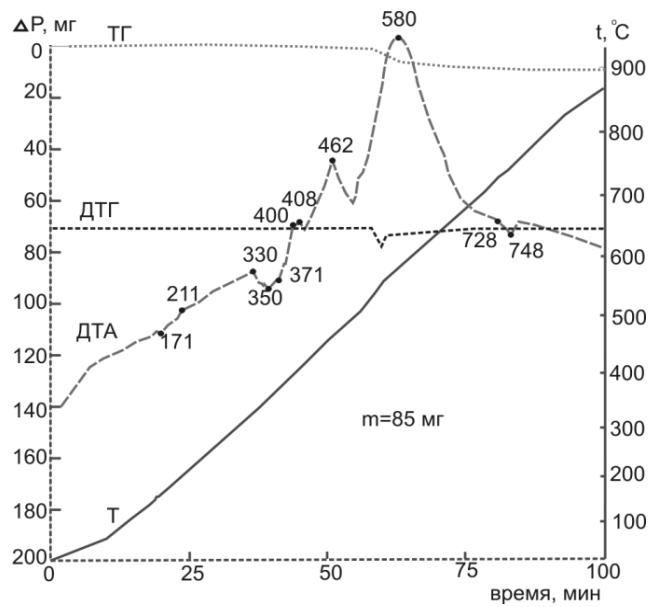


Рис. 4. Дериватограмма образца 3б

Термическое поведение образцов 2а и 3б характеризуется, как индивидуальное: они отличаются между собой природой органических компонентов, подвергаемых деструкции при нагреве выше 300 °С. Скорость обжига сульфидных руд при температуре выше 600 °С лимитируется диффузией кислорода и отводом продукта - диоксида серы, из зоны реакции. Для ее увеличения уменьшают сопротивление диффузионных стадий за счет измельчения твердой фазы.

Рациональным является обжиг Мо-сырья в печи КС, где снижено сопротивление, при 580 °С; он ответственен за окисление МоК до МоО<sub>3</sub>.

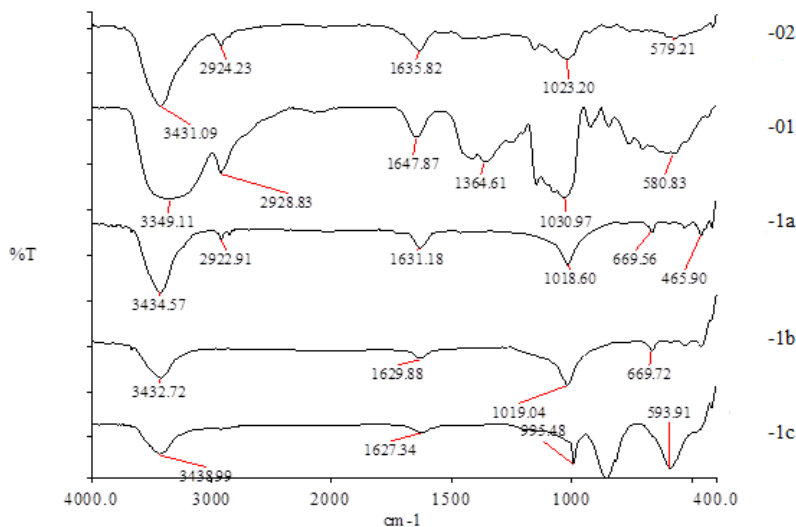


Рис. 5. ИК-спектры образцов № 01,02,1а (пояснения в тексте)

Прослежена сравнительная термостойкость гранул с разными связующими. ИК-спектры образцов, на примере образцов 01,02,1а, приведены на рис. 5.

При сравнении их наблюдается уменьшение числа частотных полос по мере термодеструкции полимера, в диапазоне 300-600 °С, в то время, как повышение температуры, от комнатной до 300 °С, не приводило к их изменению.

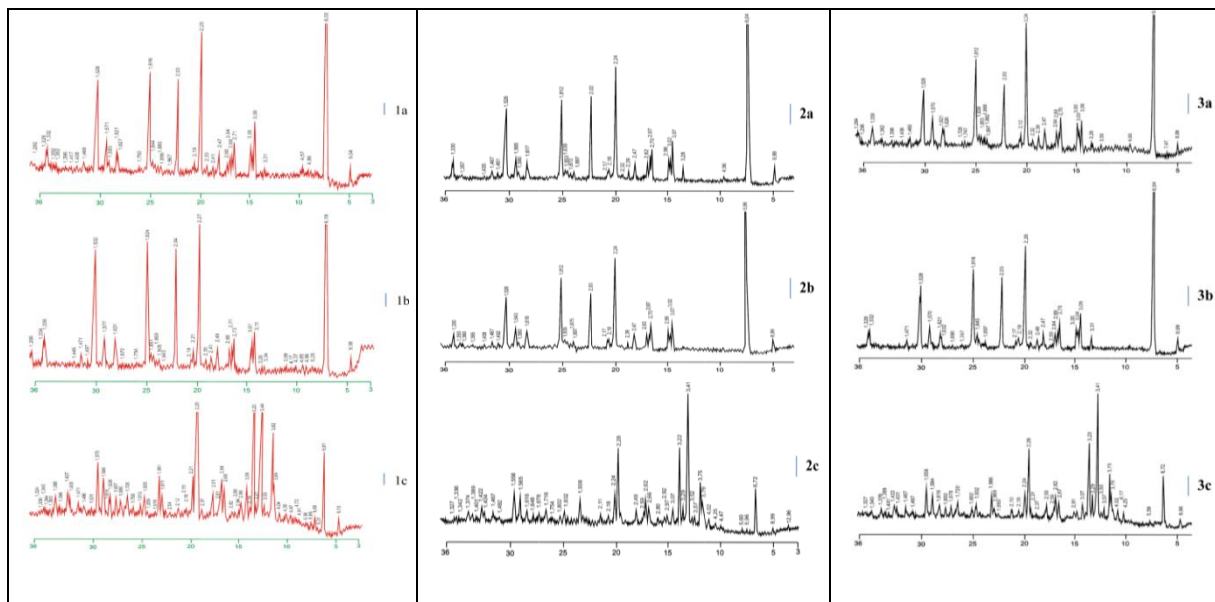


Рис. 6. Дифрактограммы МоК без и с СК-К (слева) и СК-Д (справа)

Сравнение рентгенограмм образцов МоК+2 % СК-К (№ 2с), выдержанного при 600 °С, 60 мин, с образцом № 2а (рис. 6), показало, что значения межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей различаются. Констатировано, что характер кристаллических состояний зависит от состава и количества добавляемых компонентов, температурного режима и времени обжига.

Конструкция печей обжига сульфидных руд претерпела развитие - от барабанных к подовым и печам КС. Последние, как высокопроизводительные и автоматизированные, вытесняют другие в горно-металлургической практике.

*Задача этапа* - испытание связующих: СК-Н, СК-К и СК-Д, в сравнении с каолином в МоК, и исследование образцов огарка из печи КС, на их основе. Гранулы опытных партий обжигали в печи КС, контрольные – в барабанной.

В мае 2017 г. в ЦПРМ МПЗ АО «Алмалыкский ГМК» проведено испытание связующих СК-Н, СК-К и СК-Д, в сравнении с каолином в МоК, а также режимов обжига гранул. Состав шихты (доля воды не указана): а) 2,0 % полимера СК-К, остальное МоК; б) 1,5 % полимера СК-Д, остальное МоК; в) 9 % каолина, остальное МоК (контрольная). В лабораторной печи КС обожжены две опытные партии (по 50 г), в режиме: температура 570 °С; время 60 мин для партий № 1 и 2, а в барабанной печи для партии № 3, при

температуре 600 °С; время 7 ч. После чего, пробы анализировались (табл. 15).

**Таблица 15**

**Составы шихты гранулирования МоК и режимы обжига гранул**

№	Шихта	МОК, кг	Каолин		СК-К		Вода, л (т:ж 6:1)	Тип печи
			%	кг	%	кг		
1	Контрольная	6000	8	480	-	-	1000	Барабан
2	Опытная, №1	0,050	-	-	2,0	0,001	0,0083	Печь КС

В смеси полимер СК-К подавался расчетной массой, порциями, в тарельчатый гранулятор; разбавление 1:6, затем туда же вводилась вода до нужной кондиции гранул. Смеси – из общей партии МоК, состава (табл. 16).

**Таблица 16**

**Состав исходной партии Мо-концентрата по интересующим компонентам**

Mo	Re	Cu	S
36,10%	0,055%	1,57%	28,73%

Термообработка опытных партий – в печи КС, с подачей воздуха, время обжига 1,0 ч, серийной партии - в барабанной печи, время обжига 7 ч, Прочность всех гранул до обжига удовлетворительная, диаметр 2-4 мм. Состав огарка МоК из составов шихты приведен в табл. 17.

**Таблица 17**

**Состав огарка Мо-концентрата, исходная шихта 2-х композиций**

Шихта	Mo	Re	Cu	Сера из MoS <sub>2</sub>	Степень окисления Мо
Контрольная	33,21	0,016	-	0,70	96,8
Опытная, №1	35,84	0,008	-	0,72	97%

Сняты рентгеновские дифрактограммы образцов, из которых следует, что при формировании их с каолином, по сравнению с образцами без каолина, но с добавкой 2% полимера СК-К, они относительно обеднены молибденом. Образцы, обожженные в печи КС за 1,0 ч, с полимером СК-К, полностью окислены, в сравнении с каолин-содержащими - из барабанной печи, за 7 ч.

Разработана принципиальная технологическая схема процесса безкаолинового гранулирования и обжига МоК в печи КС (рис. 7).





**Рис. 7. Принципиальная технологическая схема процесса безкаолинового гранулирования и обжига Мо-концентрата в печи КС**

Контроль образцов гранул подтвердил вывод о большей пористости образцов огарка из безкаолиновой шихты, содержавшей органические беззольные связующие, по сравнению с «каолиновыми» аналогами, сделанный на основе измерений сорбции их поверхностями газообразного азота и паров воды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана и испытана технология переработки Мо-концентрата на основе безкаолиновых беззольных связующих - модифицированных полимеров серии СК с последующим получением огарка промышленного молибденового продукта.

2. В результате исследования гранул и огарка установлено, что применение в шихте гранулирования Мо-концентрата полимерных связующих СК-Н, СК-К и СК-Д имеет преимущество перед применением каолина: необходимое количество изученных связующих компонентов - в 4-10 раз меньше, по сравнению с каолином, при этом обеспечивается большая степень извлечения компонентов Re, Mo из огарка.

3. Предложено использование в процессе обжига Мо-концентрата печи кипящего слоя, взамен барабанной печи, в результате чего ускорен выпуск товарной продукции: с 7 часов времени обжига до 1 часа.

4. Реализован способ производства опытных партий связующих серии СК, в соответствии с опытным технологическим регламентом по TSh 23766064-05:2017 «Полимеров СК водные растворы. Технические условия».

5. Реализован способ переработки огарка Мо-концентрата, полученного обжигом гранулированного Мо-концентрата, сформированного на основе связующих СК-Н, СК-К, СК-Д - по действующей Технологической инструкции НПО АО «Алмалыкский ГМК» производства молибденовых соединений ТИ 48-4208-5-24-2002,

6. Внедрение указанной технологии на комбинате возможно в случае замены существующей барабанной печи обжига Мо-концентрата, в ЦПРМ МПЗ, на печь кипящего слоя. Для составления технического задания на проектирование промышленной печи КС получено согласие комбината, для чего предстоит набрать статистику на пилотной печи КС.

7. Освоено промышленное производство, на основе временного регламента, в Технологическом центре ИОНХ АН РУз, опытных партий полимеров серии СК.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc 27.06.2017.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF  
GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY AND TASHKENT  
CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

---

**INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY**

**SAFAROV YODGORJON TOYIROVICH**

**TECHNOLOGY FOR PRODUCING AND PROCESSING GRANULAR  
MOLYBDENITE CONCENTRATE BASED ON ORGANIC BINDER**

**02.00.11 - Colloidal and membrane chemistry**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry.**

**Heat treatment and treatment of metals by pressure. Metallurgy of ferrous,  
non-ferrous and rare metals**

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

**TASHKENT – 2018**

**The theme of dissertation for doctor of philosophy (PhD) degree was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2018.2.PhD/T375.**

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 consultant:** **Guro Vitaliy Pavlovich**  
doctor in chemistry

**Official opponents:** **Sharipov Khasan Turabovich**  
doctor in chemistry, professor

**Eshmetov Izzat Dusimbatovich**  
doctor of technical sciences

**Leading organization:** **National University of Uzbekistan named after M.Ulugbek**

The defense will take place on 29 may 2018 at 10.00 o'clock at the meeting of scientific council DSc 27.06.2017.K/T.35.01 at Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent Chemical-technological Institute. 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 May 17, 2018.  
(mailing report No. 19 dated May 17, 2018).

**B.S. Zakirov**  
Chairman of a one-time Scientific council for  
scientific degrees awarding, Dr ch.sci.

**D.A. Salikhanova**  
Scientific secretary of Scientific council  
for scientific degrees awarding, Dr tech.sci.

**S.A. Abdurakhimov**  
Chairman of a one-day scientific seminar at the  
Scientific council for scientific degrees awarding,  
Dr tech.sci., prof.

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** is to create a technology for the production and processing of granular molybdenite concentrate based on organic binders.

**The object of the research work** is molybdenite concentrate of Almalyk GMK JSC, kaolin of Angren deposit, water-soluble organic polymers of plant (SK-K, SK-D) and synthetic (SK-1) origin.

**The scientific novelty of dissertational research** consists in the following:

the causes of the adhesion of the Mo-concentrate granules based on polymer binding agent SK-1 during firing are revealed - they are the following: the lack of oxygen in the furnace and the presence of sodium hydroxide in the charge;

it is revealed a method for eliminating the coalescence of granules of Mo-concentrate based on the binder SK-1 - its modification or replacement with ashless polymer;

it is proved that the Mo content in the Mo-cinder of industrial products was increased by 4-5% due to a substitution of kaolin in the granulation charge for ashless polymer;

it is revealed a method for accelerating the process of pellet burning by replacing the drum kiln with a furnace of molybdenite concentrate roasting;

it is found out the ability of polymers SK-H, SK-K, SK-D, in comparison with kaolin, to increase the porosity of granules of molybdenite concentrate;

it is revealed the ability of polymers SK-H, SK-K, SK-D to facilitate sublimation Re and hydrometallurgical repartition on Mo, Au, Ag, in comparison with kaolin;

it is established the advantage of the fluidized bed furnace during firing of molybdenite concentrate in front of the drum furnace - a sevenfold acceleration of the firing process.

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

On the basis of the scientific results obtained on roasting and processing of granulated Mo concentrates with the use of natural and synthetic polymers:

granulation technology based on synthetic polymers SK, as binders, pellet roasting and processing thereof, is introduced into the practice of Almalyk MMC (Reference of Almalyk Mining Company OP-02060 dated March 17, 2018). As a result, it was possible to increase Mo content in industrial products by 4-5%.

granulation technology based on natural polymers SK-K and SK-D, roasting and processing of pellets was introduced into the practice of Almalyk Mining and Metallurgical Company JSC (reference of Almalyk Mining Company OP-02060 dated March 17, 2018). As a result, it was possible to increase the yield of Re by 2 times due to the achievement of high porosity of the granules;

Uzgosstandart approved Technical specifications (Ts 23766064-05: 2017) for the development of SC-water-soluble polymers. These Technical specifications make it possible to control product quality and technological processes' regimes.

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of references, applications. The volume of the dissertation is 102 pages.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Юсупов Ф.М., Гуро В.П., Ибрагимова М.А., Сафаров Е.Т. Complex organic-mineral binder for molybdenum concentrate granulation // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. №7-8, 2015, July-August, P. 76-79. (02.00.00.№2)
2. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Юсупов Ф.М., Рахматкариева Ф.Г. Выбор оптимального связующего для гранулирования молибденитового концентрата // Цветные металлы (ежемесячный научно-технический и производственный журнал). 2016. -№2. –С. 68-73. (02.00.00.№26)
3. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Полимерный компонент шихты гранулирования молибденитового концентрата // Узб. хим. журн.- 2016. – №2. – С.25-30. (02.00.00.№6)
4. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Модификация полимерного связующего – компонента шихты гранулирования молибденитового концентрата // Узб. хим. журн. - 2016. - №5. - С.48-53. (02.00.00.№6)
5. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Реактор псевдооживленного слоя для обжига молибденитового концентрата. Часть 1 // Узб. хим. журн. - 2017. – №1. – С.42-48. (02.00.00.№6)
6. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Реактор псевдооживленного слоя для обжига молибденитового концентрата. Часть 2 // Узб. хим. журн. – 2017, №3 – С.20-25. (02.00.00.№6)
7. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Разработка серии органических связующих для гранулирования и обжига молибденитового концентрата в печи кипящего слоя // Узб. хим. журн. – 2017, №3 – С.35-42. (02.00.00.№6)
8. Safarov Yo.T, Guro V.P, Ibragimova M.A. Technology of molybdenite concentrate calcined granules obtaining basing on organic binder // Узб. хим. журн. Special issue / 2017, P. 3-13. (02.00.00.№6)

**II бўлим (II часть; part II)**

9. Заявка о выдаче патента UZ на изобретение «Способ окомкования сульфидных молибденитовых концентратов». Рег. № IAP 20170198 от 26.05.2017. Заявитель - ИОНХ АН РУз; Авторы: Гуро В.П., Сафаров Ё.Т., Ибрагимова М.А., Юсупов Ф.М., Юсупов Ш.Ф.
10. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Organic-mineral binder for molybdenum concentrate granulation // Journal of Chemical Technology and Metallurgy (Bulgaria) - 2016, Vol. 51, №2, - P.235-241
11. Vitaliy Guro, Edgor Safarov, Matluba Ibragimova, Zuhra Kadirova. The Choice of Colloid Binder for Pelleting of Molybdenite Concentrate // Colloid and Surface Science. Vol. 1, No. 1, 2016, pp. 6-9. doi: 10.11648/j.css.20160101.12.

12. Сафаров Ё.Т. Физико-химические свойства и состав шихты гранулирования молибденитового концентрата // XVII международная молодежная научная конференция Севергеоэкотех-2016. «Ухтинский государственный технический университет» 23-25 марта 2016 г. - С.287-290

13. Сафаров Ё.Т. Полимерное связующее гранулирования молибденитового концентрата // Девятнадцатая всероссийская конференция молодых ученых-химиков. 17-19 мая 2016 г., Нижний Новгород. - С.337-338

14. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Модификация полимерного связующего-компонента шихты гранулирования молибденитового концентрата // ЎзРФА УНКИ «Юкори технологик ишланмалар ишлаб чиқаришга» мавзусидаги ёш олимларнинг республика илмий анжумани 14-декабрь 2016й 24-25 б

15. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Термическое поведение гранул молибденитового концентрата // Академик А.Ғ.Ғаниевнинг 85 йиллигига бағишланган «Аналитик Киме фанининг долзарб муоммолари» V Республика илмий-амалий анжумани. Термиз давлат университети 26-28 апрель 2017 й 118-119 б

16. Сафаров Ё.Т., Гуро В.П., Ибрагимова М.А. Физико-химические свойства и состав шихты гранулирования молибденитового концентрата // XX Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием), Нижний Новгород, 18-20 апреля 2017. – С. 532-533

Автореферат «Ўзбекистон кимё журналы» тахририятида  
тахрирдан ўтказилди.

Босишга рухсат этилди: 15.05.2018 йил.  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи 3. Адади: 100. Буюртма: № 173.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,  
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68.

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ»  
Давлат унитар корхонасида чоп этилди.