

UO‘K: 546.98:546.131:544.4

doi 10.70769/3030-3214.SRT.3.4.2025.36

PLATINA XLORIDLARINING KOMPLEKS HOSIL QILISH XOSSALARI VA OKSIDLANISH BOSQICHLARI



**Usmankulov Orifjon
Naziraliyevich**

Texnika fanlari falsafa doktori (PhD), O‘zbekiston Respublikasi Tog‘-kon sanoati va geologiya vazirligi bosh mutaxassisi, Toshkent, O‘zbekiston



**Xasanov Abdirashid
Salievich**

*“Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ Innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqish va tadbiq etish markazining texnologiya bo‘yicha direktor o‘rinbosari, t.f.d., professor, Olmaliq, O‘zbekiston
E-mail: a.xasanov@srt-journal.uz
ORCID ID: 0009-0004-9162-7622*



**Yusupov Ural
Sadullaevich**

Texnika fanlari falsafa doktori (PhD), O‘zbekiston Respublikasi Tog‘-kon sanoati va geologiya vaziri o‘rinbosari, Toshkent, O‘zbekiston



**Eshonkulova Gulmira
Rashidovna**

Milliy tadqiqot texnologik universiteti “MISIS” Olmaliq filiali, Olmaliq, O‘zbekiston

Annotatsiya. Platina hosilalari, xususan uning xloridlari, noorganik kimyoda kataliz, kompleks birikmalar kimyosida kompleks hosil qiluvchi sifatida shuningdek, elektrokimyo va materialshunoslikda ham muhim ahamiyatga ega. Platinaning asosiy oksidlanish darajalari – Pt(0), Pt(II) va Pt(IV) hisoblanib, turli muvozanatlar, ligand almashinuv reaksiyalari va oksidlanish-qaytarilish jarayonlari orqali o‘zaro almashinadi. Ushbu maqolada platina (II) xlorid ($PtCl_2/[PtCl_4]^{2-}$) va platina (IV) xlorid ($PtCl_4/[PtCl_6]^{2-}$) birikmalarining kimyoviy xossalari, hosil qiladigan ayrim kompleks birikmalari hamda platina ionlarining Pt(II) valentli holatidan Pt(IV) valentli holatiga o‘tish bosqichlari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: platina katalizi, oksidlanish, xlor gazi, natriy bromati, trans va cis izomerlar, vodorod peroksidi, zarracha taqsimlanishi, oksidlanish-qaytarilish.

СВОЙСТВА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ И СТАДИИ ОКИСЛЕНИЯ ХЛОРИДОВ ПЛАТИНЫ

**Усманкулов Орифжон
Назиралиевич**

Доктор философии (кандидат наук) в области технических наук, главный специалист Министерства горного дела и геологии Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

**Хасанов Абдирашид
Салиевич**

Заместитель директора по технологиям Центра разработки и внедрения инновационных технологий, АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», доктор технических наук, профессор, Алмалык, Узбекистан.

**Юсупов Урал
Садуллаевич**

Заместитель министра горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

**Эшонкулова Гульмира
Рашидовна**

Национальный научно-технологический университет «МИСИС», Алмалыкский филиал, Алмалык, Узбекистан

Аннотация. Соединения платины особенно ее хлориды, играют важную роль в катализе в неорганической химии, как комплексообразователи в химии сложных соединений, а также в электрохимии и материаловедении. Основные степени окисления платины – Pt(0), Pt(II) и Pt(IV) – взаимопревращаются посредством различных равновесий, реакций обмена лигандами и окислительно-восстановительных процессов. В данной статье рассматриваются химические свойства соединений хлорида платины(II) ($PtCl_2/[PtCl_4]^{2-}$) и хлорида платины(IV) ($PtCl_4/[PtCl_6]^{2-}$), некоторые образуемые ими комплексные соединения, а также стадии перехода ионов платины

из валентного состояния Pt(II) в валентное состояние Pt(IV).

Ключевые слова: платиновый катализ, окисления, бромат натрия, транс- и цис-изомеры, перекись водорода, распределение частиц, Окисление и восстановление.

COMPLEXATION PROPERTIES AND OXIDATION STAGES OF PLATINUM CHLORIDES

**Usmankulov Orifjon
Naziraliyevich**

Doctor of Philosophy (PhD) in
Technical Sciences, Chief Specialist
of the Ministry of Mining and
Geology of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

**Khasanov Abdirashid
Salievich**

Deputy Director for Technology of
the Center for Development and
Implementation of Innovative
Technologies, JSC "Almalyk
Mining and Metallurgical
Combine", Doctor of Technical
Sciences, Professor,
Almalyk, Uzbekistan

**Yusupov Ural
Sadullaevich**

Deputy Minister of Mining and
Geology of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

**Eshonkulova Gulmira
Rashidovna**

National University of Science and
Technology "MISIS", Almalyk
branch, Almalyk, Uzbekistan

Abstract. Platinum compounds, especially its chlorides, play an important role in catalysis in inorganic chemistry, as complex-forming agents in coordination chemistry, as well as in electrochemistry and materials science. The main oxidation states of platinum - Pt(0), Pt(II), and Pt(IV) - interconvert through various equilibria, ligand exchange reactions, and redox processes. This article examines the chemical properties of platinum(II) chloride compounds ($PtCl_2/[PtCl_4]^{2-}$) and platinum(IV) chloride compounds ($PtCl_4/[PtCl_6]^{2-}$), some of the complex compounds they form, as well as the stages of transition of platinum ions from the Pt(II) oxidation state to the Pt(IV) oxidation state.

Keywords: platinum catalysis, oxidation, sodium bromate, trans- and cis-isomers, hydrogen peroxide, particle distribution, oxidation–reduction.

Kirish. Platina guruhi metallari orasida platina o'zining noyob fizik-kimyoviy xossalari, yuqori katalitik faolligi va kimyoviy barqarorligi bilan alohida o'rin tutadi. Ushbu element va uning birikmalari zamonaviy noorganik kimyo, kataliz, elektrokimyo, materialshunoslik hamda gidrometallurgiya sohalarida keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa, platina xloridlari va ularning kompleks birikmalari sanoat katalizatorlari, elektrod materiallari hamda qimmatbaho metallarni qayta ishlash texnologiyalarining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi.

Platinaning kimyoviy xossalari, asosan, uning bir nechta barqaror oksidlanish darajalarida — Pt (0), Pt (II) va Pt (IV) holatlarida mavjud bo'lishi bilan belgilanadi. Ushbu oksidlanish bosqichlari o'zaro oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari, ligand almashinuvi hamda muvozanat jarayonlari orqali bir-biriga o'tishi mumkin. Ayniqsa, platina (II) va platina (IV) xlorid komplekslari kimyoviy reaktivlik, kompleks hosil qilish qobiliyati va kinetik inertligi jihatidan katta ilmiy va amaliy qiziqish uyg'otadi.

Platina (II) xloridli komplekslar odatda kvadrat-planar geometriyaga ega bo'lib, ligand

almashinuv reaksiyalarida nisbatan sust ishtirok etadi, platina (IV) xloridli komplekslar esa oktaedrik tuzilishga ega bo'lib, oksidlovchi xossalari va yuqori koordinatsion soni bilan ajralib turadi. Xlorid muhitida ushbu komplekslarning barqarorligi eritma tarkibi, oksidlovchi reagentlar turi va muhitning kislotaliligiga bevosita bog'liqdir. Shu sababli Pt (II) → Pt (IV) o'tish mexanizmlarini, shuningdek, hosil bo'ladigan oraliq va yakuniy komplekslarni o'rganish fundamental va amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega.

So'nggi yillarda platina xloridlarining natriy bromat, natriy xlorat, vodorod peroksidi va xlor gazi kabi oksidlovchi reagentlar bilan o'zaro ta'siri, shuningdek, cis–trans izomerlarning hosil bo'lishi va zarrachalar taqsimlanishi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar platina kimyosining murakkab va ko'p qirrali ekanligini ko'rsatmoqda. Bundan tashqari, platina va palladiyni selektiv ajratish imkonini beruvchi kompleks hosil qiluvchi reagentlar asosidagi texnologiyalar sanoat miqyosida katta istiqbolga ega.

Mazkur maqolada platina xloridlarining kompleks hosil qilish xossalari, ularning

oksidlanish bosqichlari, Pt (II) va Pt (IV) holatlari o'rtasidagi o'zaro o'tish mexanizmlari hamda amaliy jihatdan muhim bo'lgan ayrim kompleks birikmalarining kimyoviy xususiyatlari tizimli ravishda yoritiladi. Olingan natijalar platina tarkibli eritmalarni qayta ishlash, ajratish va boyitish texnologiyalarini takomillashtirish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Platina (II) xlorid (PtCl₂) va uning ion shakllari odatda 4f¹⁴5d⁸ elektron konfiguratsiyaga ega bo'lib, tinch fazada to'g'ri to'rtburchak (square planar) geometriyani ko'rsatadi. Asosiy xususiyatlaridan biri eruvchanligi past (PtCl₂), ammo [PtCl₄]²⁻ [Pt(H₂O)₂Cl₂] kabi kompleks shakllari yaxshi eruvchan hisoblanadi. Ligand almashinuv reaksiyalari sust, "inert" komplekslarga mansub. Qaytariluvchanlik xususiyati kuchli bo'lib, Pt(II) osonlik bilan Pt(IV) holatigacha oksidlanadi.

Platina (IV) ioni ([PtCl₆]²⁻) 4f¹⁴5d⁶ elektron konfiguratsiyaga ega, oktaedr shaklidagi komplekslar hosil qiladi. Oksidlovchi xususiyatga ega bo'lishi mumkin va ligand almashinuv tezligi Pt(II)ga nisbatan pastroq hamda suvda eruvchanligi yuqori hisoblanadi.

PtCl₄-elementlar sintezi orqali olinadi. 370°C va undan past haroratda barqaror modda hisoblanadi. Gigroskopik jigarrang modda bo'lib, suvda, HCl va atsetonda eriydi. PtCl₄ aktiv metallarning xloridlari bilan ta'sirlashganda tegishli metallarning xloroplatinatlarini hosil qiladi.



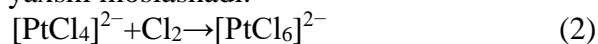
Muhokoma. Turli xil tarkibli platina xloridining juda kichik temperatura oralig'ida mavjud bo'lishi alohida e'tiborni tortadi. Bu platina birikmalarining o'ziga xos xususiyatlaridan biri bo'lib, o'zining asosida kinetik inert yuqori kovalent kimyoviy bog'lanishni aks ettiradi.

Platina (II) xloridining oksidlanish jarayoni odatda xlorid muhitida, ya'ni konsentratsiyalangan HCl yoki Cl⁻ ionlari bo'lgan eritmalarda sodir bo'ladi. PtCl₂ (yoki [PtCl₄]²⁻) dan PtCl₄ (yoki [PtCl₆]²⁻)ga oksidlanish jarayonida bir vaqtning o'zida oksidlovchi modda 2 elektron qabul qiladi. Pt(IV) komplekslari xlorida boy muhitda termodinamik jihatdan barqaror va Cl⁻ konsentratsiyasi oshsa, muvozanat [PtCl₆]²⁻ tomonga siljiydi.

Pt (II) → Pt (IV) oksidlanishni amalga oshi-

radigan asosiy oksidlovchi moddalar quyidagilar hisoblanadi:

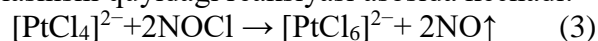
Xlor gazi (Cl₂). Eng keng qo'llaniladigan oksidlovchi modda hisoblanib, xlorid komplekslari bilan yaxshi moslashadi.



Elektron almashinuvda molekular xlor gazi e⁻ qabul qiladi (Cl₂ → 2Cl⁻). Pt(II) markazi elektrofil xlorini qabul qiladi va ligand qo'shilishi orqali oktaedr kompleksini hosil bo'ladi.

Xlor suvi (HCl + Cl₂ → "chlorine water"). Reaksiya mexanizmi Cl₂ bilan bir xil, faqat eritmada tezroq kechadi.

Nitrozil xlorid (NOCl). NOCl kuchli oksidlovchi va xlorlashtiruvchi reagent hisoblanadi. Platina (II) xloridning nitrozil xlorid bilan ta'sirlashishi quyidagi reaksiyasi asosida kechadi:



Vodorod peroksidi (H₂O₂). Eritma harorati 50°C bo'lganda [PtCl₄]²⁻ning NaClO₃ va H₂O₂ bilan oksidlanishining nisbiy tezliklari teng bo'lib, NaBrO₃ bilan oksidlanish tezligi esa sezilarli darajada yuqori ekan. [PtCl₄]²⁻ning H₂O₂ bilan oksidlanishi natijasida mahsulot sifatida *trans* [PtCl₄(OH)₂]²⁻ hosil bo'ladi.

(Natriy xlorat va natriy bromat — NaClO₃ va NaBrO₃). [PtCl₄]²⁻ kompleksining kislotali eritmalarda NaClO₃ va NaBrO₃ bilan oksidlanishi natijasida tarkibi turlicha bo'lgan bir qator akvaxlorid va aralash akvaxlorid-bromid kompleks zarrachalarining hosil bo'lishi kuzatiladi. Jumladan, [PtCl_n(H₂O)_{6-n}]⁴⁻ⁿ (n=2–6) hamda [PtCl_nBr_m(H₂O)_{6-n-m}]^{4-n-m} (n, m = 2–6) tipidagi komplekslar shakllanadi. Shuni alohida ta'kidlash lozimki, hosil bo'lgan mahsulotlar taqsimlanishida eritma tarkibida cis-[PtCl₄(H₂O)₂] kompleksining ustunligi kuzatiladi.

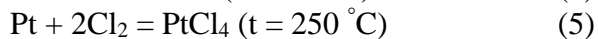
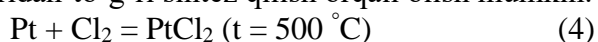
Platina (II) xloridli komplekslar akvatatsiya jarayonida bosqichma-bosqich ligand almashinuvi orqali dastlab [Pt(H₂O)Cl₃]⁻, so'ngra cis-[Pt(H₂O)₂Cl₂]⁰, va keyinchalik asta-sekin trans-[Pt(H₂O)₂Cl₂]⁰ kompleks birikmalarini hosil qiladi. Platina (IV) xloridli komplekslar esa akvatatsiya jarayonida [Pt(H₂O)_nCl_{6-n}]²⁻ (n=1–6) ko'rinishidagi akvaxlorid komplekslarni hosil qilishi mumkin, biroq bu jarayon kinetik jihatdan juda sekin kechadi.

Platinaning Pt (II) va Pt (IV) akvakomplekslari gidroliz jarayonlariga moyil bo'lib, natijada turli xil gidroksokomplekslar hosil

bo'ladi. Ushbu gidroliz jarayonlari davomida gidroksoxlorid $[Pt(OH)_nCl_{6-n}]^{2-}$, gidroksoakvoxlorid $[Pt(H_2O)_m(OH)_nCl_{6-n-m}]^{2-m}$ hamda akvoxlorid $[Pt(H_2O)_nCl_{6-n}]^{2-n}$ tipidagi platinat kompleks birikmalari shakllanadi.

Platina (II) xloridli eritmalariga ammiak ta'sir etsa ligandlar almashinuvi reaksiyasi sodir bo'lib $[Pt(NH_3)_nCl_{4-n}]^{n-2}$ ko'rinishidagi birikmalar hosil bo'ladi. Jarayon boshida ammiak etishmasligi tufayli past xaroratda qiyin eriydigan sariq rangli Peyrona tuzi $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ hosil bo'ladi, eritmada ammiak miqdorining ortishi bilan u rangsiz tetraamin $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$ ga aylanadi. Birinchi Reyze asosining xloridi ($[Pt(NH_3)_4]Cl_2$), oq yaxshi eruvchan (100 g sovuq suvda 20 g) kukun bo'lib, qayta kristallanishda ignasimon rangsiz monogidrat kristallarini $[Pt(NH_3)_4]Cl_2 \cdot H_2O$ hosil qiladi. Uni xlorid kislotasi bilan qaynatganda qiyin eruvchan ikkinchi Reyze asosi trans $[Pt(NH_3)_4]Cl_2$ tuzi cho'kadi.

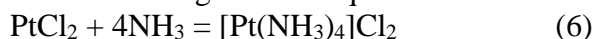
Qizil-qora $PtCl_2$ kristallari Pt_6Cl_{12} oktaedr klaster guruhlaridan iborat. Platina xloridlarini to'g'ridan-to'g'ri sintez qilish orqali olish mumkin:



$PtCl_2$ dixloridini $PtCl_4$ ning dissotsiatsiyasi, shuningdek platina xloridini qizdirish bilan ham olish mumkin. Suvsiz platina xloridlarining genetik aloqasi quyidagi tasvir bo'yicha uzatiladi:

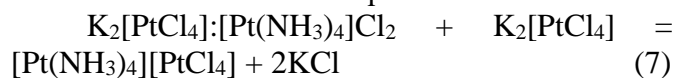


Har xil tarkibdagi platina xloridlari mavjud bo'lgan hududlarni ajratadigan harorat diapazoni juda kichikdir. Bu yuqori kovalent kinetik jihatdan inert kimyoviy bog'lanishga asoslangan platina birikmalarining o'ziga xos xususiyatlaridan biridir. Pt (II) oksidlari va gidroksidlari qora rangga ega va suvda erimaydi. PtO va PtS kislotali muhitda barqarordir. Kationli Pt (II) xloridlaridan amin komplekslarini osongina sintez qilish mumkin.

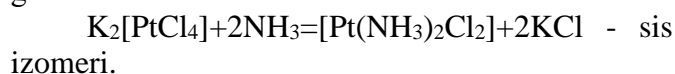


$M_2[PtCl_4]$ (qizil) tuzlari xlorid kislotadagi Pt(II) birikmalarining mos gidroksidi metal tuzlari bilan o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Ularning eng muhimi suvda eriydigan $K_2[PtCl_4]$ va $Na_2[PtCl_4]$, ular turli platina birikmalarini sintez qilish uchun boshlang'ich materiallar hisoblanadi. Bir vaqtning o'zida Pt(II) kation va anion tarkibida bo'lgan birikmalar, masalan $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$ ham

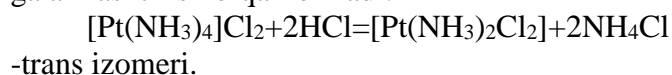
ma'lum. Ushbu birikma (yashil) $[Pt(NH_3)_4]Cl_2$ va eritmalarini aralastirish orqali cho'kadi.



Kation va anion komplekslar bilan bir qatorda $[Pt(NH_3)_2X_2]$ ($P=(NH_3)_2X_2$) neytral Pt (II) komplekslari (bu erda $X=Cl-, Br-, NO_2-$) juda xilma-xildir. Ushbu turdagi birikmalar uchun geometrik (Sis-trans) izomerizm xarakterlidir. Masalan, $[Pt(NH_3)_4]Cl_2$ tarkibi, xususan, rang berish xususiyatlarida farq qiluvchi ikkita birikmaga mos keladi: sis izomeri to'q sariq-sariq, trans izomeri ochiq-sariq. Sis va trans izomerlari har doim suvda, kislotalarda, shuningdek kinetik va termodinamik xususiyatlarda ozgina farqlanib turadi. Trans izomerdan farqli o'laroq, sis izomeri saratonga qarshi fiziologik faollikka ega. Ushbu izomerlarni olishning har xil usullari mavjud. Sis izomeri ikkita xlorid ionlari tetraaxloroplatinat (II) kompleksidagi ammiak molekula-lariga almashganda hosil bo'ladi:



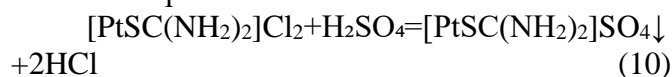
Trans izomer ikkita ammiak molekulasini tetraamin-platina (II) kompleksidagi xlorid ionlariga almashtirish orqali olinadi:

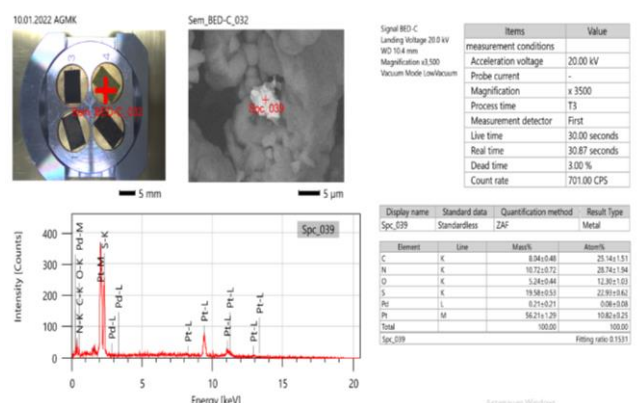


Platinaning yana bir muhim birikmalaridan biri bu platina sulfatining tiomochevinali kompleksidir $[PtSC(NH_2)_2SO_4]$. Xloridli platina va palladiy tarkibli eritmalardan platinani ushbu kompleks ko'rinishida selektiv cho'ktirish texnologiyasi "Olmaliq KMK" AJ da ishlab chiqilgan. Platina va palladiy ionlarining xossalari o'xshash bo'lsada aynan tiomochevina bilan ta'sirlashishda ushbu ionlarning farqi yuzaga keladi, ya'ni palladiy xloridining tiomochevinali birikmasi cho'kma, platinaning tiomochevinali birikmasi esa eruvchan hisoblanadi.

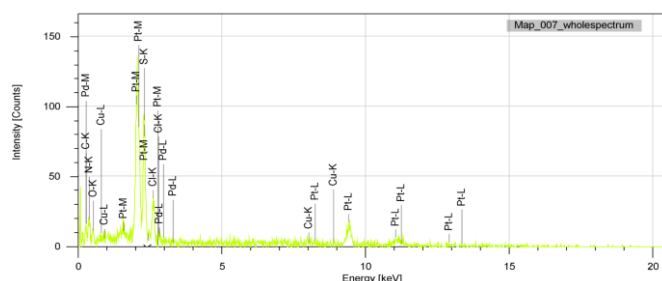


Ishlab chiqilgan texnologiyaning yangi usullaridan biri platina va palladiy tiomochevina yordamida samarali ajratish edi. Palladiy to'liq cho'ktirib olingach eritmaga sulfat kislotasi ta'sir ettiriladi va platina ham cho'ktiriladi:





1-rasm. Platina cho'kmasining 3500 marta kattalashtirilgan tasviri va uning kimyoviy tarkibi tahlili.



2-rasm. Platina tarkibli kompleks cho'kmaning rentgen tahlili.

“Olmaliq KMK” AJ sharoitida o'tkazilgan tajribalar platinaning ushbu kompleksi cho'ktirib olinib, vakuum filtr yordamida filtrlandi va eritma fizik-kimyoviy taxlilga berilgan. Taxlil natijasiga

ko'ra eritma tarkibida platina to'liq cho'kmaga o'tgani aniqlangan. Shundan so'ng olingan platina cho'kmasi $[PtSC(NH_2)_2]SO_4$ suv bilan yaxshilab yuvilgan va yuvilgan cho'kma maxsus tigellarga solinib, elektroplitada quritildi. Quritishdan so'ng cho'kmaning tarkibi o'rganilgan va natijalari 1- va 2-raslarda keltirildi.

Xulosa. Noyob xossalarga ega bo'lganligi sababli platinaning kompleks birikmalari ustida ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Platina (II) tetraxlorid kompleksining natriy bromat bilan oksidlanish tezligi natriy xlorat bilan oksidlanish tezligiga nisbatan sezilarli darajada yuqori va vodorod peroksidi bilan oksidlanish tezligiga mos keladi. Kislotali eritmalarda natriy xlorat bilan oksidlanish eritma tarkibida $[PtCl_n(N_2O)_{6-n}]^{4-n}$ ($n=2-6$) va $[PtCl_n Br_m(N_2O)_{6-n-m}]^{4-n-m}$ ($n,m=2-6$) turlarining taqsimlanishiga olib keladi. Platina (II) xloridini kislotalarda vodorod peroksidi bilan oksidlash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Boshqa turdagi oksidlovchilar masalan natriy bromati va xloratlarining qo'llanilishi eritmada ionlarning ko'payishiga va turli izomerlarning hosil bo'lishiga olib keladi.

Platina xloridining tiomochevinali birikmasi kislotali eritmalarda eruvchan, palladiy xloridining tiomochevinali birikmasi esa noeruvchan kompleks hosil qiladi. Shuningdek platina sulfatining tiomochevinali kompleksi cho'kma xossasiga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Murray, P., & Koch, K. (2010). Pt NMR study of the oxidation of $[PtCl_4]^{2-}$ with chlorate, bromate and hydrogen peroxide in acidic aqueous solution. *Platinum Metals Review*, 54(4), 205–212. <https://doi.org/10.1080/00958972.2010.493212>
- [2] Bernardis, F. L., Grant, R. A., & Sherrington, D. C. (2005). Title not specified. *Reactive and Functional Polymers*, 65, 205–216.
- [3] Edwards, J. D., Colton, D. F., & Lea, R. K. (1982). European patent application EP0049567 A1. INCO Ltd., Canada.
- [4] Livingstone, S. E., & Plowman, R. A. (1951). Title not specified. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 84, 107–113.