



543.422.3-74+543.33+ 546.74

Gulzoda TO'RAYEVA,

O'zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasida mustaqil izlanuvchisi

Jamoliddin TODJIYEV,

O'zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasida dotsenti, PhD.

Nurmuxammad TURABOV,

O'zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasida professori, k.f.n.,

Farxod NAVRUZOV,

EMU universiteti Kimyo fanlari kafedrasida mudiri

Xosiyat TO'YCHIYEVA,

O'zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasida magistranti

Bexruz TULIYEV,

O'zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasida stajyor-o'qituvchisi

E-mail: todjiyev88@mail.ru

O'zMU professori, k.f.d Z.Smanovaning taqrizi asosida

MIS(II) IONINI 5MMSFAGNS BILAN KOMPLEKS HOSIL QILISH REAKSIYASINING OPTIMAL SHAROITLARINI ANIQLASH

Annotatsiya

Mis(II) ionining 5-metil-2-metoksi-4-sulfofenilazo-2'-gidrokso-6'-naftalinsulfo-kislolaning dinatriyli tuzi (5MMSFAGNS) bilan rangli kompleksining hosil bo'lish reaksiyalari o'tkazildi va optimal sharoitlari aniqlandi.

Kalit so'zlar: 5-metil-2-metoksi-4-sulfofenilazo-2'-gidrokso-6'-naftalinsulfo-kislolaning dinatriyli tuzi, mis(II) ion, optimal sharoitlar, Buger-Lambert-Ber qonuni.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ МЕДИ(II) С 5ММСФАГНС

Аннотация

Проведены реакции образования цветного комплекса иона меди(II) с динатриевой соли 5-метил-2-метокси-4-сульфопенилазо-2'-гидрокси-6'-нафталинсульфокислоты и определены оптимальные условия.

Ключевые слова: динатриевая соль 5-метил-2-метокси-4-сульфопенилазо-2'-гидрокси-6'-нафталинсульфокислоты, ион меди(II), оптимальные условия, закон Бугера-Ламберта-Бера.

DETERMINATION OF THE OPTIMUM CONDITIONS FOR THE REACTION OF COMPLEX FORMATION OF COPPER (II) IONS WITH 5MMSFAGNS

Annotation

The reactions of formation of a colored complex of the copper (II) ion with of disodium salt 5-methyl-2-methoxy-4-sulfophenylazo-2'-hydroxy-6'-naphthalene sulfonic acid were carried out and the optimal conditions were determined.

Key words: disodium salt 5-methyl-2-methoxy-4-sulfophenylazo-2'-hydroxy-6'-naphthalene sulfonic acid, optimal conditions, copper(II) ions, Bouguer-Lambert-Beer law.

Kirish. Ma'lumki, spektrofotometrik aniqlash usulida xromogen reagentlar yordamida oraliq metallar, jumladan og'ir va zaharli metall [1-2] ionlarini aniqlash qadim zamonlardan beri tasdiqlangan va asosiy analitik usul hisoblanadi. Ushbu usulning afzalliklari uning sezgirligi, selektivligi va eng muhimi amaradorligidir. Analitik kimyo fani qulay aniqlash usullarni izlashda jadal rivojlandi, ammo spektrofotometrik usullar o'z o'rnini yo'qotmadi, chunki bu usullar soddalikni aniqlik bilan birlashtiradi va shuning uchun bugungi kunda ham dolzarbdir.

Ishdan maqsad. 5-metil-2-metoksi-4-sulfofenilazo-2'-gidrokso-6'-naftalin-sulfokislolaning dinatriyli tuzi (5MMSFAGNS) yordamida mis(II) ionlarini [3] kompleks hosil qilish reaksiyalarini optimal sharoitlarini aniqlash, aniqligi, sezgirligi hamda tanlab ta'sir etuvchanligi yuqori bo'lgan analitik aniqlash uslubini ishlab chiqishdan iborat.

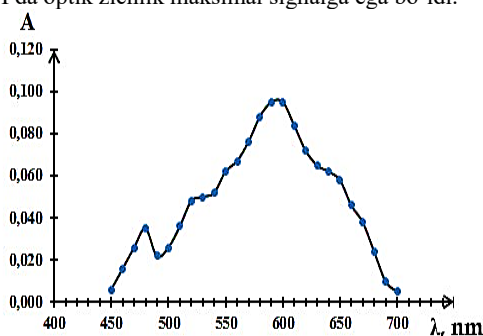
Tajriba qism. Ushbu ilmiy ishda hozirgi davr talablariga javob beradigan yangi analitik reagentlardan [4] biri 5MMSFAGNS ning turli fizik-kimyoviy tavsiflarini hamda ba'zi og'ir va zaharli metallar bilan kompleks hosil qilish jarayonlarini o'rganish va ular asosida ba'zi metallarning mikromiqdorlarini aniqlash uslublarini ishlab chiqish, fizik-kimyoviy tavsiflarini aniqlash, sanoat qotishmalarining standart namunalari va tabiiy ob'yektlar tarkibidan aniqlash nazariy va amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Analiz jarayonida mis(II) ionini 1,0 mg/ml li standart eritmasi, 0,05% li 5MMSFAGNS reagenti va bufer eritmalardan foydalanildi. Ushbu ilmiy tadqiqot ishda yangi 5MMSFAGNS reagentidan 0,05 gr tortib olib, 100 ml li o'lchov kolbasiga solindi va belgisigacha distillangan suvda eritildi. Buning uchun CuSO₄·5H₂O (a.u.t.) markali tuzidan foydalanildi. Tuzning hisoblangan miqdorini (0,3929 gr) ni analitik tarozuda tortib olib 100 ml li o'lchov kolbasiga solindi. Uni distillangan suvda eritib 1mg/ml li 100 ml li standart eritmasi tayyorlandi. Ishchi eritmalar esa har bir ish oldidan 1mg/ml standart eritmasidan alikvot qism olib suyultirib tayyorlandi. Turli pH dagi bufer eritmalarini tayyorlash uchun "Analitik kimyo ma'lumotnomasi" dan [5] foydalanildi. Tajriba natijalari konsentrasyon fotokolorimetr (KFK-3) va pH metrda (pH/ISE Metter, Model 730P) o'lchandi.

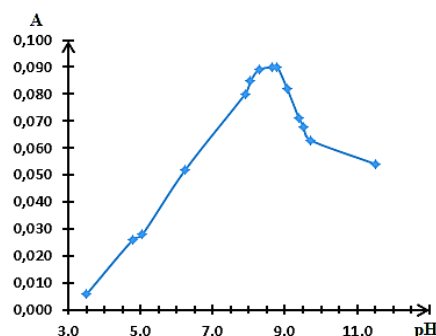
Mis(II) ionining 5MMSGNS reagenti bilan kompleks birikmasining optimal nur filtrini tanlash. Ma'lumki har bir modda, tabiatiga ko'ra ma'lum to'liq uzunligidagi nurni yutadi. Shuni e'tiborga olgan holda mis(II) ning 5MMSFAGNS bilan kompleksining eng yuqori nur yutish sohasi quyidagi uslub bilan aniqlandi. 25 ml li o'lchov kolbasiga pH=8,65 ga teng bo'lgan universal bufer eritmadan 5,0 ml, 0,05% li 5MMSFAGNS eritmasidan 1,0 ml, 100 mkg/ml li Cu (II) eritmasidan 1,0 ml solib, kolbaning belgisigacha distillangan suv bilan to'ldirildi. Hosil bo'lgan kompleks birikmaning optik zichligi KFK-3, nur yutish qalinligi $\ell=3,0$ sm da har xil nur filtrlarida o'lchandi. Solishtirma eritma sifatida erkin eritma (mis (II) ionidan boshqa hamma komponentlar mavjud bo'lgan eritma) dan foydalanildi. O'lchash natijalari 1-rasmda keltirildi. Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, mis(II) ning 5MMSFAGNS reagent bilan kompleks birikmasi $\lambda_{\max}=360$ nm da yuqori optik zichlikni namoyon qildi.

Mis(II) ionining 5MMSFAGNS reagenti bilan kompleks birikmasi optik zichligining eritma muhiti(pH) ga bog'liqligi. Reaksiyani amalga oshirishning muhim shartlaridan biri, uning muhiti ekanligini hisobga olib mis(II) ionining 5MMSGNS bilan bergan kompleks birikmasi uchun optimal sharoit tanlashda pH ko'rsatkichlari har xil bo'lgan universal bufer eritmalar yordamida aniqlandi [6-7].

Aniqlash uslub: Buning uchun 25 ml o'lchov kolbasiga 5,0 ml pH ko'rsatkichi 3,51 dan 11,52 gacha bo'lgan universal bufer eritmasidan, 0,05% li 5MMSGNS reagenti eritmasidan 1,0 ml, 100 mkg/ml li Cu(II) ioni eritmasidan 1,0 ml solib kolba belgisigacha distillangan suv qo'shib suyultirildi. Kompleks birikma eritmalarining optik zichliklari KFK-3 da, $\lambda_{\max}=360$ nm da va qalinligi $\ell=3,0$ sm li kyuvetada o'lchandi. Aniqlash natijalari 2-rasmda keltirildi. 2-rasm natijalaridan ko'rinib turibdiki, kompleks birikmaning eng yuqori optik zichligi pH=7,89-8,65 gacha oralig'ida kuzatildi va optimal muhit pH=8,65 tanlandi, chunki shu pH da optik zichlik maksimal signalga ega bo'ldi.



1-rasm. Cu(II) kompleksi optik zichligining nur filtriga bog'liqligi



2-rasm. Kompleks birikma optik zichligining pH ga bog'liqligi

Kompleks birikma optik zichligining bufer eritma tarkibiga bog'liqligini aniqlash uchun asosiy reaksiya (Cu^{2+} :5MMSFAGNS) komponentlariga pH=8,65 bo'lgan universal, boratli va gliitsinli bufer eritmalar tayyorlandi.

Aniqlash uslub: Fotometrik eritmalar tayyorlash uchun yuqorida ko'rsatilganidek, 25 ml li o'lchov kolbalariga pH=8,65 bo'lgan har xil bufer eritmalaridan 5,0 ml dan, 0,05% li 5MMSFAGNS ning suvli eritmasidan 1,0ml, 100 mkg/ml li Cu(II) ioni eritmasidan 1,0 ml solib, kolbaning belgisigacha distillangan suv bilan suyultirildi. Optik zichliklari solishtirma eritmaga nisbatan o'lchandi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirildi.

1-jadval

Optik zichlikning bufer eritma tarkibiga bog'liqligi (KFK-3, $\ell=3,0$ sm, $n=3$)

Bufer eritma nomi	Bufer eritmaning tarkibi	pH	\bar{A}_{ypr}
Universal	($\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaOH}$)	8,65	0,090
Boratli	($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	8,65	0,062
Gliitsinli	($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH} \cdot \text{NaOH}$)	8,65	0,046

Natijalardan ko'rinib turibdiki, universal bufer eritma yordamida kompleks birikma hosil qilinganda maksimal optik zichlik kuzatildi. Keyingi tadqiqot ishlarida pH=8,65 bo'lgan universal bufer eritmadan foydalanildi.

Kompleksining vaqtga nisbatan barqarorligi. Kompleksning barqarorligini aniqlash uchun, eritmaning optik zichligini vaqtga nisbatan barqarorligi o'rganildi. **Aniqlash uslub:** 25 ml li o'lchov kolbasiga 100 mkg/ml li mis(II) eritmasidan 1,0 ml, 0,05% li 5MMSGNS reagentidan 1,0 ml va 5,0 ml (pH=8,65) universal bufer eritmadan solinib, kolbani belgisigacha distillangan suv bilan to'ldirildi. Hosil bo'lgan kompleks birikma optik zichligi ma'lum vaqtlar oralig'ida solishtirma eritmaga nisbatan o'lchandi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirildi. Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, kompleks birikmaning optik zichlik qiymati 180 minutgacha barqarordir va keyinchalik biroz pasayishi kuzatildi. Bu vaqt oralig'ida analizni bajarish uchun yetarli ekanligini xulosa qilish mumkin.

Kompleks birikma tarkibiy komponentlarining quyulish tartibini o'rganish. Reaksiyaning unumi komponentlar quyulish tartibiga ham bog'liqligini e'tiborga olgan holda eritmalarini yuqorida ko'rsatilgan usul bilan tayyorlandi va komponentlarning quyulish tartibini o'zgartirib, 8 xil quyulish ketma-ketligida bir nechta tajribalar o'tkazildi. Olingan natijalardan xulosa qilish mumkinki, olib borilgan tajribalarning 3 tartibdagi quyulish tarkibida yuqori optik zichlik kuzatildi va keyingi tadqiqot ishlarida 3-quyulish tartibi tanlandi (2-jadval).

2-jadval

Kompleks birikma optik zichligining vaqtga nisbatan barqarorligi va komponentlarning quyulish tartibini o'rganish natijalari ($\text{C}_{\text{Cu}^{2+}}=100,0$ mkg/ml, $\text{C}_{\text{HR}}=0,05\%$, pH=8,65, $\ell=3,0$ sm, $\lambda_{\max}=360$ nm, $n=3$)

N_0	t_{\min}	\bar{A}	t_{\min}	\bar{A}	N_0	Quyulish tartibi	$A_{o'rt}$
1	1	0,087	80	0,136	1	bufer-reagent-metall-dist.suv	0,076
2	5	0,093	90	0,136	2	reagent-bufer-metall-dist.suv	0,068
3	10	0,103	100	0,135	3	bufer-metall-reagent-dist.suv	0,090
4	20	0,103	110	0,130	4	metall-bufer-reagent-dist.suv	0,082
5	30	0,103	120	0,130	5	reagent-suv-bufer-dist.suv	0,083

6	40	0.103	130	0.130	6	reagent-metall-bufer-dist.suv	0,084
7	50	0.103	140	0.130	7	metall-dist.suv-bufer-reagent	0,068
8	60	0.113	160	0.130	8	Dist.suv-reagent-metall-bufer	0,059
9	70	0,120	180	0.130			

Kompleks birikma optik zichligining qo'shilayotgan reagent miqdoriga bog'liqligi. Amaliy tadqiqotlarda metallni kompleksga to'la bog'lanishi uchun reagentning ortiqcha miqdori olinadi. Shu maqsadda kompleks birikma optik zichligining qo'shilgan reagent miqdoriga bog'liqligini o'rganish uchun 25,0 ml li o'lchov kolbalarida fotometrik eritmalar tayyorlandi [6-7].

Aniqlash uslubi: 25,0 ml li o'lchov kolbalariga 5 ml pH=8,65 bo'lgan universal bufer eritma, 100,0 mkg/ml li Cu(II) ioni eritmasidan 1,0 ml va o'zgaruvchan miqdordagi 0,1-1,5 ml gacha 0,05% li 5MMSGNS suvli eritmasi va kolbaning belgisigacha distillangan suv solib suyultirildi. Kompleks birikma optik zichligi KFK-3 da, $\ell=3,0$ sm da solishtirma eritmaga nisbatan o'lchandi. Olingan natijalar 3-jadval va 3-rasmda keltirildi.

3-jadval

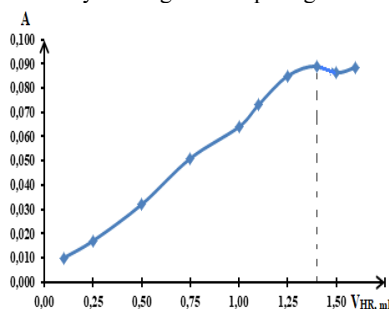
Kompleks birikma optik zichligining qo'shilgan reagent miqdoriga bog'liqligi
($C_{Cu^{2+}}=100,0$ mkg/ml, pH=8.65, KFK-3, $\ell=3,0$ sm, $\lambda_{max}=360$ nm, $n=3$)

V_R, m	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,1	1,25	1,4	1,5
A	0,01	0,017	0,032	0,051	0,064	0,073	0,085	0,089	0,083

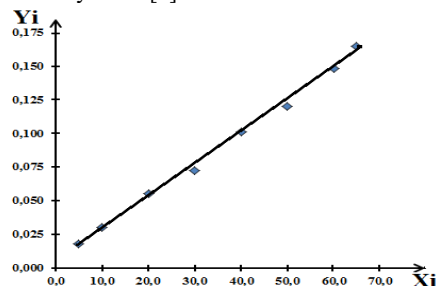
3-jadval va 3-rasm natijalardan ko'rinib turibdiki, 100,0 mkg/ml Cu (II) ionini kompleksga to'la bog'lash uchun 1,4 ml 0,05 % li reagent eritmasi yetarli ekan. Keying tadqiqot ishlarida 1,4 ml reagentning 0,05% li eritmasidan foydalanildi.

Kompleks birikma optik zichligining element miqdoriga bog'liqligi (Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysinishi). Mis(II) ionining 5MMSGNS bilan bergan kompleksi eritmasining Ber qonuniga bo'ysinishi tanlangan optimal sharoitlarda o'rganildi [6].

Aniqlash uslubi: 25,0 ml o'lchov kolbalariga pH=8,65 bo'lgan universal bufer eritmasidan 5 ml, Cu(II) ning 100,0 mkg/ml li eritmasining o'zgaruvchan miqdorlarida, 1,4 ml 0,05% li 5-metil-2-metoksi-4-sulfafenilazo-2'-gidroksi-6'-naftalinsulfokislolaning dinatriyli tuzi eritmasidan va kolbaning belgisigacha distillangan suv solib suyultirildi. Eritmalarni aralashtirib optik zichliklari ($\lambda_{max}=360$ nm, $\ell=3,0$ sm) solishtirma eritmaga nisbatan o'lchandi. Olingan natijalar 4-rasmda keltirildi va Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysinish sohasi 25,0 ml eritmada 2,0-65,0 mkg gacha bo'lgan oraliqda kuzatildi. Undan yuqori konsentratsiyada to'g'ri chiziqli bog'lanishdan chetlanish ro'y berdi [7].



3-rasm. Optik zichlikning qo'shilgan reagent miqdoriga bog'liqligi

4-rasm. Optik zichlikning Cu²⁺ miqdoriga bog'liqligi

Mis(2) ionining 5 MMSFAGNS reagenti bilan hosil qilgan kompleksining spektral tavsifi: Mis (II) ionining 5-metil-2-metoksi-4-sulfafenilazo-2'-gidroksi-6'-naftalinsulfokislolaning dinatriyli tuzi bilan hosil qilgan kompleksni tanlangan optimal sharoitda yutulish spektrlari olindi.

Aniqlash uslubi: 25,0 ml li o'lchov kolbalariga pH=8,65 bo'lgan universal bufer eritmasidan 5 ml, mis (II) ning 65,0 mkg/ml li eritmasidan 1 ml, 0,05% li 5 MMSFAGNS ning eritmasidan 1,4 ml va kolbaning belgisigacha distillangan suv solib suyultirildi. Hosil qilingan kompleks birikma yutulish spektri solishtirma eritmaga nisbatan nur yutish qalinligi $\ell=3,0$ sm bo'lgan kvarts kyuvetada, konsentratsion fotokolorometr "KFK-3" da o'lchandi. Reagentning yutulish spektrlari esa distillangan suvga nisbatan o'lchandi. Olingan natijalar 4-jadvalda keltirildi. Rasmda keltirilgan yutulish spektri bo'yicha 5MMSFAGNS reagentini maksimal nur yutish sohasi $\lambda=500$ nm da joylashgan, mis kompleksining maksimal nur yutish sohasi $\lambda=360$ nm da kuzatildi.

4-jadval

5-metil-2-metoksi-4-sulfafenilazo-2'-gidroksi-6'-naftalinsulfokislolaning dinatriyli tuzi va uning mis (II) bilan kompleksining (CuR) spektral tavsifi

($C_{Cu^{2+}}=65$ mkg/ml, $\ell=3,0$ sm, $\lambda_{max}=360$ nm, pH=8,65, $n=3$)

Kompleks rangi	pH	Maksimal λ, nm		$\Delta\lambda$	$C_{Cu^{2+}}, mkg/25ml$	$C_{Cu^{2+}}, mol/l$	\bar{A}	Sendel bo'yicha sezgirligi mkg/sm ²
		MR	HR					
To'q-qizil	8.65	360	500	140	65	$4.09 \cdot 10^{-5}$	0,284	0,0275

Metodning Sendel bo'yicha sezgirligi quyidagi formula bilan hisoblandi:

$$S_{s.b.s} = \frac{Q \cdot \ell \cdot 0.001}{A \cdot 25} = \frac{65 \cdot 3 \cdot 0.001}{0,284 \cdot 25} = 0,0275 \text{ mkg/sm}^2$$

Sendel bo'yicha sezgirligi 0,0275 mkg/sm² ga teng ekanligi aniqlandi.

Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, reaksiyaning kontrastligi $\lambda=140$ nm va Sendel bo'yichasezgirligi $S_{s.b.s.}=0,0275$ mkg/sm² tengligi yuqori sezgirlikka ega ekanligini bildiradi.

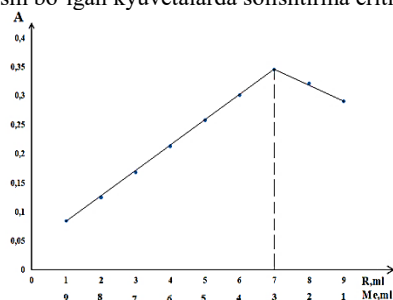
Mis(II) ionining 5MMSGNS reagenti bilan bergan kompleksining tarkibiy mollar nisbatini aniqlash. Mis(II) ionining 5MMSFAGNS bilan hosil qilgan kompleksida komponentlarning mollar nisbatlari izomolyar seriyalar va Asmusning to'g'ri chiziqqlar usullari bilan aniqlandi [6-7] ($C_{Cu^{2+}}=63,25$ mkg/ml).

Kompleks birikma tarkibini Izomolyar seriyalar usuli yordamida aniqlash. Mis(II) ionining 5MMSFAGNS bilan hosil qilgan kompleksidagi mollar nisbatini izomolyar seriyalar usuli yordamida aniqlash uchun mis(II) ion va reagentning teng konsentratsiyali eritmaları ishlatildi ($C_{Cu^{2+}}=C_{HR}=1,02 \cdot 10^{-3}M$).

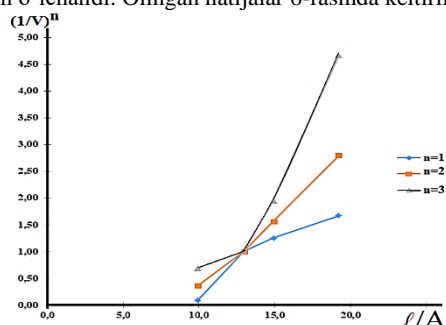
Aniqlash uslubi. 25,0 ml li o'lov kolbalarida qator eritmalar tayyorlandi. Buning uchun pH=8,65 bo'lgan universal bufer eritmasidan har biriga 5,0 ml dan, mis(II) ionining o'zgaruvchan miqdori eritmaları (9,0-1,0 ml gacha) dan har biriga qo'shib va ustiga o'zgaruvchan miqdordagi 0,05% li 5MMSFAGNS reagenti eritmasi (1,0 ml-9,0 ml gacha) dan qo'shib kolba belgisigacha distillangan suv bilan suyultirildi va aralastirildi. Tayyorlangan eritmaların optik zichligi KFK-3 da $\lambda_{max}=360$ nm, nur yutulish qalinligi $\ell=3,0$ sm bo'lgan kyuvetalarda solishtirma eritmaga nisbatan o'lchandi. Olingan natijalar 5-rasmda keltirildi. Tadqiqot natijalarida Izomolyar seriyalar metodi bilan hosil qilgan kompleksining tarkibi $Cu^{2+}:HR=1:2$ mollar nisbatiga to'g'ri keldi.

Kompleks tarkibini Asmusning to'g'ri chiziqlar usuli yordamida aniqlash. O'zaro ta'sir etuvchi komponentlarning stexiometrik nisbatlarini grafik usulda aniqlash uchun $(1/V)^n=1/A$ bog'liqlik grafigi tuzildi. Bu bog'liqlik faqat n ning qiymati haqiqiy qiymat uchun to'g'ri chiziqni ifodalaydi [6-7].

Aniqlash uslubi. 25,0 ml li o'lov kolbalariga 5 ml pH=8,65 bo'lgan universal bufer eritma, 65,0 mkg/ml li Cu(II) ning eritmasidan 1,0 ml, o'zgaruvchan miqdorda 0,05% li 5MMSFAGNS eritmasidan (0,2-1,6 ml gacha) va belgisigacha distillangan suv bilan suyultirilib aralastirildi. Tayyorlangan fotometrik eritmaların optik zichliklari KFK-3 da $\lambda_{max}=360$ nm, nur yutulish qalinligi $\ell=3,0$ sm bo'lgan kyuvetalarda solishtirma eritmaga nisbatan o'lchandi. Olingan natijalar 6-rasmda keltirildi.



5-rasm. Izomolyar seriyalar metodi yordamida aniqlash grafigi



6-rasm. Asmusning to'g'ri chiziqlar usuli yordamida aniqlash grafigi

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, to'g'ri chiziq 1:2 mollar nisbatiga to'g'ri keldi. Demak, izomolyar seriyalar metodi ham, Asmusning to'g'ri chiziqlar metodi ham bir-birini tasdiqladi va tarkib $Cu:R=1:2$ nisbatda ekanligini ko'rsatdi.

Xulosa. Mis(II) ionining 5MMSFAGNS reagenti bilan rangli kompleks birikmasining optimal sharoitlari: reagent va uning mis(II) ion bilan hosil qilgan kompleksning yutilish spektrlari ($\lambda_{max}(HR)=500$ nm, $\lambda_{max}(CuR)=360$ nm), kompleksning tarkibiy mollar nisbati izomolyar seriyalar va Asmusning to'g'ri chiziqlar usullari ($Cu:R=1:2$) bilan va Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunishi sohasi 2,0-65,0 mkg/25ml ga ekanligi aniqlanib spektrofotometrik uslub tavsiya etildi.

ADABIYOTLAR

- Goswani A., Agarwal S. Spectrophotometric determination of copper and iron : reagents and methods//De Gruyter. Monograph. –2021. –№4. –268p.
- Никоненко И.С. Экспресс-методы определения ионов меди и кадмия в окружающей среде // Молодой ученый. – 2016. –№ 24. –С. 121-124.
- Жевлакова А.А. Спектрофотометрическое определение меди(II) и никеля(II) при совместном присутствии// Вып. квал.раб. Пензенский государственный университет. –г. Пенза, –2017, –72 с.
- Саввин С.Б., Штыков С.Н., Михайлова А.В. Органические реагенты в спектрофотометрических методах анализа // Успехи химии. –2006. –Т. 75. –№ 4. –С. 380-389.
- Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, –1989. –448 с.
- Калинкин И.П., Булатов М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа //М.: Книга по Требованию, 5-ое изд. –2013. –432 с.
- Тоджиев Ж.Н. Разработка спектрофотометрических методов определения ионов меди(II), цинка(II) и ртути(II) новым азореагентом на основе пиридина//Дисс. доктора философии(PhD) хим. наук. Ташкент, –2019. –120 с.