

FIZIK-KIMYOVIY USULLAR, RENTGYEN FLUORESSENTI YORDAMIDA ARXEOLOGIK TOPILMALARNI TARKIBINI O'RGANISH

Diyarov A. A.

Avazgeldiyev B.P.

Samarqand arxeologiya instituti, Samarqand., O'zbekiston.

anvardiyarov4@gmail.com

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.8333218>

ARTICLE INFO

Received: 04th September 2023

Accepted: 10th September 2023

Online: 11th September 2023

KEY WORDS

Qoratepa yodgorligi, Kushon imperiyasi, Energiya dispersiv rentgen fluoressenti, spektrometr, mineral bo'yoqlar, element tarkibi.

ABSTRACT

Ushbu maqolada, qadimiy Termizning shimoli-sharqiy qismida joylashgan I-IV-asrga oid, Kushonlar imperiyasi davriga tegishli buddaviy g'or ibodatxonalari majmuasida 2003-yildagi o'zbek-yapon qo'shma arxeologik ekspeditsiyasi tomonidan qo'lga kiritilgan, ganchdan yasalgan Arxeologik artefakt parchalaridagi mineral bo'yoqlar tarkibi, Rigaku firmasining NEX DE energiya dispersiv rentgen fluoressenti spektrometridan foydalanib o'rganildi. Tahlil qilingan oq, qora, va qizil rangga bo'yalgan qismlarda asosiy rang beruvchilar sifatida qora rangda uglerod (C) qorasidan, qizil rangda gematit (Fe_2O_3) dan, oq rangda gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) dan foydalanilgan. Bo'yoq hosil qilishda gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), kaltsit ($CaCO_3$), va kaolin $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ lar asosi xomashyo bo'lan degan fikrga kelindi.

Qoratepa Kushon imperiyasining Kanishka hukmronligi davrida qurilgan, Eski Termizning shimoli-sharqiy qismida joylashgan buddaviy g'or ibodatxonalari majmuasi bo'lib Sovet Ittifoqi tashkil topgandan so'ng birinchi marta 1926-1928-yillarda Moskvadagi Sharq xalqlari Davlat madaniyat muzeyi ekspeditsiyasi tomonidan kashf etilgan [1-2]. 1937 yilda Qoratepa yodgorligida M.E. Masson va E.G. Pchelin umumiy rahbarligidagi arxeologik ekspeditsiya bir necha g'or va yer usti inshootlarini ochishib, u yer, Kushon davriga tegishli buddaviy ibodatxonalari ekanligini isbotlashgan [2]. 1961-1994 yillarda arxeolog prof. B. Ya. Stavitskiy boshchiligidagi O'zbekiston-Rossiya o'rtasida halqaro arxeologik ekspeditsiya tadqiqotlari natijasida janubiy tepalikning sharqiy va shimoliy yon bag'irlarida joylashgan 8 ta yer osti g'or majmuasi to'liq qazib olindi. G'arbiy tepalikdagi yer osti g'or majmualarida, shuningdek, shimoliy tepalikdagi monastir majmuasida qazishmalar boshlandi. Tadqiqotlar juda qimmatli materiallarni bergan. T.I. Zeymal tomonidan 1985-1989 yillarda bu yerda qazishma ishlari olib borilab, natijada tepalikning shimoli-sharqiy yarmida monumental devorlarga ega 7 xona va keng yo'lakning bir qismi ochilgan. Bir necha yillik tanaffusdan so'ng 1998-yilda mashhur o'zbek arxeologi Sh.R.Pidayev va nufuzli yapon tadqiqotchisi, professor K.Kato boshchiligidagi o'zbek-yapon qo'shma arxeologik ekspeditsiyasi tomonidan,

Qoratepada arxeologik qazishmalar qayta tiklandi. Ekspeditsiya o'z ishini 2010 yilgacha davom ettirdi (1-rasm).

Ekspeditsiyaning asosiy e'tibori Qoratepaning shimoliy tepaligini o'rganishga qaratilgan bo'lib, u yerda buddist tabiatdagi monumental yer yuzasidagi inshootlari joylashgan. O'zbekiston-Yaponiya ekspeditsiyasi tomonidan olib borilgan arxeologik tadqiqotlar Qoratepani o'rganishda yangi bosqichni ochib berdi. Yodgorlikning shimoliy tepaligida monumental monastir binosi topilgan [3].



1-rasm Qoratepa yodgorligining umumiy tasviri.

Yodgorlikda olib borilgan qazishmalar natijasida ko'plab madaniy meros yodgorliklari topilgan. O'zbekiston bilan Yaponiya o'rtasida mustaqillik yillarida turli sohalarda, jumladan, arxeologiya tadqiqotlari sohasida ham mustahkam aloqalar o'rnatildi [4]. 2003 yilda o'zbek-yapon qo'shma ekspeditsiyasi tomonidan arxeologik tadqiqotlar davrida Qoratepa yodgorligidan yangidan-yangi Kushonlar davriga oid ma'lumotlar olindi. Masalan, tadqiqotlar natijasida Qoratepaning shimoliy qismida joylashgan ibodatxonaning me'moriy va qurilish uslubi, Buddizm g'oyalariga asoslangan Baqtriya me'morchilik san'atining yuksak namunasi deyish mumkin [5].

Bugungi kunda barcha sohalar kabi arxeologiya va restovratsiya sohalarida ham zamonaviy usul va texnologiyalardan keng foydalanilmoqda, bular qatorida Rentgen nurlari orqali tarkibni tahlil qilish usulining ham o'z o'rnini bor. O'rganilayotgan arxeologik artefaktlarni shikastlanishiga yo'l qo'ymaslik kerakligini hisobga olsak, bu sohada ishlatilayotgan ilmiy usullar ichida arxeologik topilmaga shikast yetkazmasdan tahlil qilish bo'yicha o'ziga xos ustunlikka ega. Energiyali dispers rentgen fluoressenti – ko'p elementli sifat va miqdoriy tahlilda keng tarqalgan analitik uskunadir [6].

WD-XRF (Wavelength Dispersive) to'lqin uzunligi dispersiv rentgen fluoressenti va ED-XRF (Energy dispersive) energiya dispersiv rentgen fluoressenti turli xil dispersiya usullari va spektrometrlari tufayli rentgen floresansining (XRF) ikkita usuli sifatida qaraladi. WDXRF asosiy va ikkinchi darajali elementlar tahlil va yengil elementlar tahlilida ajoyib sezgirlik va yuqori aniqlikda yaxshi ishlaydi. Shuning uchun bu usul asosan geologik namunalarda qo'llaniladi. EDXRF jarayonida manbadan tushirilgan X-nur namunani qo'zg'atadi va namunadan xarakterli rentgen nurlarini chiqaradi. Ushbu xarakterli rentgen nurlari

detektorga to'g'ridan-to'g'ri kirib kelayotgan impulsar orqali element analizini amalga oshiradi [7]. Rentgen fluoessenti orqali qadimiy topilmalarni tarkibini o'rganish orqali o'sha davr xaqidagi tasavvurlarimizni yanada to'ldirishimiz va arxeologik topilmalarni restovratsiya va konservatsiya qilish jarayonida bu malumotlardan foydalanishimiz mumkin bo'ladi [8].

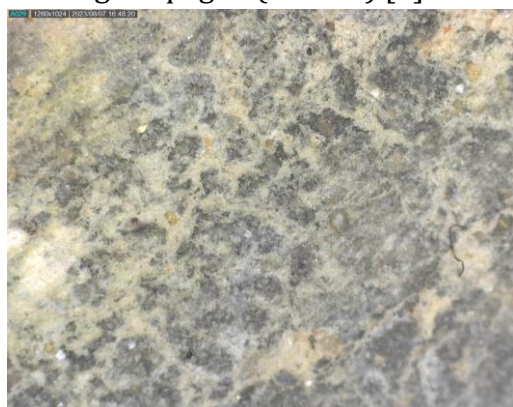
2. Materiallar va usullar.

Natijalar Samarqan Davlat Universitetida joylashgan Nobel mukofoti laureati prof Aziz Sanjar nomidagi zamonaviy analiz usullari laboratoriyasida, Rigaku firmasining NEX DE energiya dispersiv rentgen fluoessenti spektrometrida olindi.

O'rganilgan namunalar qadimiy Termiz shahrining shimoli-sharqiy qismida joylashgan Qoratepa yodgorligining shimoliy tepaligi, g'arbiy burchagidan topilgan, ganchdan yasalgan, Arxeologik artifact bo'lakchalari bo'lib, tahlil uchun uch xil oq, qora va qizil rangga bo'yalgan bo'laklar tanlab olindi.

Qora rang.

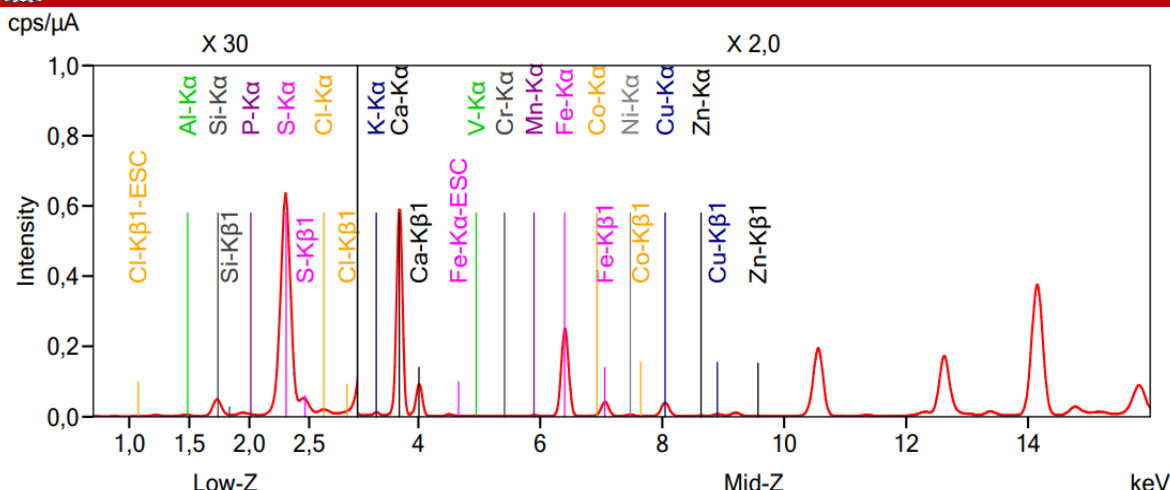
Qora rangli bo'yoqlar boshqa ranglarga qaraganda kam uchraydi. Qora rangni hosil qilish uchun paleolit davrida marganets oksidi pigmentlaridan keng foydalanilgan. So'ng antik davr va ilk o'rta asrlarda qora pigmentlarning aksariyati ugleroddan hosil qilingan Sopollar va devor bezaklarini bo'yash uchun ishlatilgan qora rangli mineral bo'yoqlar olish uchun ko'mir (uglerod C) yoki qurumni ehtiyotkorlik bilan maydalash keng tarqalgan (2-rasm) [9].



2- rasm. Qora rangga bo'yalgan namuna va uning mekraskopda olingan tasviri.

Qora pigment tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki qora bo'yoq uglerod asosida hosil qilingan. Qora rangli bo'yoqlar ikki xil yo'li bilan tayyorlangan. Birinchi holatda o'simlik yog'och ko'miridan tayyorlangan[10]. Qirib olingan bo'yoqni mikraskop ostida ko'rilganda ko'mirga aylangan shoxchalar ko'rinadi [11]. Kuyani olishning ikkinchi usuli xitoyliklarga tegishli bo'lib, ular chinni konus ostida yog'och, kunjut va boshqa yog'larni yoqib, konusning devorlariga yotqizilgan kuyikni soatiga 3-4 marta yig'ib olganlar [12].

Bu yerda asosiy rang beruvchi pigment uglerod (C) bo'lib, biz foydalangan Rigaku firmasining NEX DE energiya dispersiv rentgen fluoessenti spektrometri (3-rasm) uskunasi texnik imkoniyatiga ko'ra Mendeleyev davriy jadvalida 11-o'rinda joylashgan Na (natriy) elementidan keyingi o'rinda joylashgan elementlarni sifat va miqdoriy tahlil qilish imkoniyatiga ega, uglerod Mendeleyev davriy jadvalida 6 -o'rinda joylashgan.



3-rasm. Qora rangga bo'yalgan bo'lakning NEX DE tasviri.

Jadvaldan ko'rishimiz mumkinki, (1-jadval) qora rangli namuna tahlilida Ca, Fe, Al, Si, S, larning miqdori yuqoriligini ko'rish mumkin.

1-Jadval.

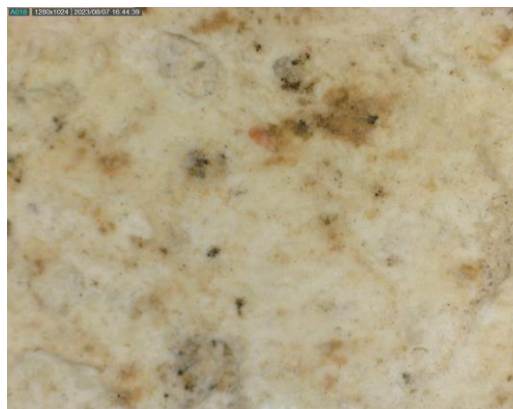
	Element	Massa ulush %	Nisbiy xatolik	Element chizig'i	Intensivlik (cps/μA)
1	Mg	-	-	-	-
2	K	0,994	0,0263	M:K-Kα	0,12063
3	Ca	58,4	0,0721	M:Ca-Kα	9,94722
4	Cr	-	0,0029	M:Cr-Kα	0,00000
5	Mn	0,0568	0,0028	M:Mn-Kα	0,03978
6	V	0,0407	0,0053	M:V-Kα	0,01174
7	Fe	4,40	0,0128	M:Fe-Kα	5,00535
8	Co	-	0,0020	M:Co-Kα	0,00000
9	Ni	0,0332	0,0009	M:Ni-Kα	0,08477
10	Cu	0,247	0,0018	M:Cu-Kα	0,84844
11	Zn	0,0070	0,0004	M:Zn-Kα	0,03493
12	Al	3,21	0,0420	L:Al-Kα	0,75254
13	Si	9,63	0,0311	L:Si-Kα	8,94264
14	P	-	0,0059	L:P-Kα	0,03303
15	S	22,6	0,0197	L:S-Kα	144,63193
16	Cl	0,352	0,0026	L:Cl-Kα	2,92785
17	Na	-	-	-	-

Qora rangga bo'yalgan bo'lakni NEX DE natijalari.

Ca va S lar gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ko'rinishida ganch asos tarkibida va bo'yoq tarkibida gips va kaltsit (CaCO_3) ko'rinishlarida bo'lishi mumkin. Al va Si lar asos tarkibida alumosilikatlar ko'rinishida va bo'yoq hosil qilinishida oq gil triklinik tuzilishga ega bo'lgan. Kaolin ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$)dan foydalanilgan bo'lishi mumkin. Bu esa o'z navbatida Fe ning foizini ko'pligini tushuntiradi. Chunki oq gil tarkibida qo'shimcha sifatida Fe_2O_3 , SiO_2 lar uchraydi.

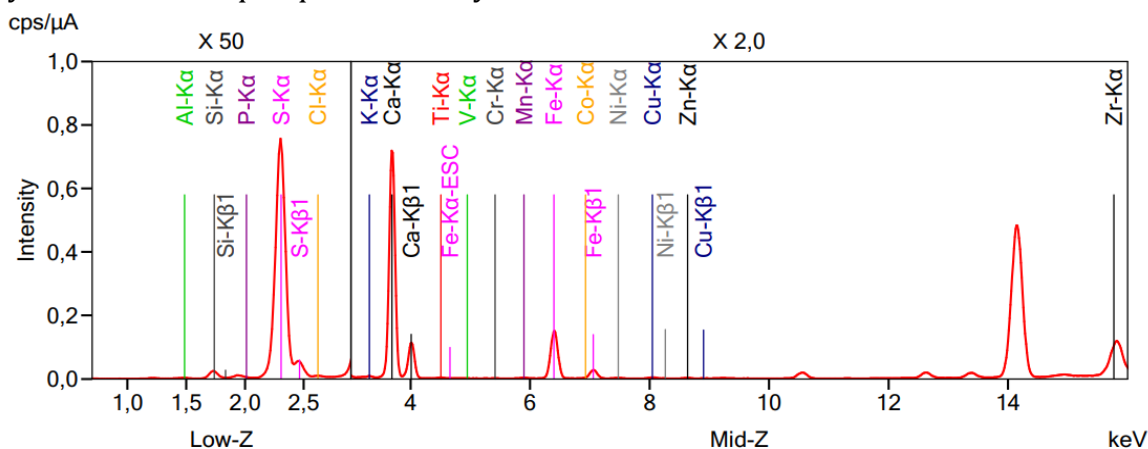
Oq rang.

Oq bo'yoq ishlab chiqarish uchun aksariyat hollarda gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) xom ashyosi hamda oz miqdorda kaltsit (CaCO_3) va serussit ishlatilgan Oq va och (4-rasm). kulrang rangdagi pigmentlar xonalarni, ma'muriy va diniy binolarning devorlari yengil bo'yoq bilan qoplangan, shuningdek naqshli bezaklar, haykallar va rangtasvir san'atida oq rang keng tarqalgan [13].



4-rasm. Oq rangga bo'yalgan bo'lak va uning mikraskopda olingan tasviri.

Oq rangli bo'yoqning NEX DE tahlili (5-rasm) quyidagi elementlarni mavjudligini ko'rsatdi. K, Ca, Fe, Si, S, Mn, Al, Ni, Cu, Zn, Cl, Ti, Zr kabi elementlarning qaysilaridir ko'proq va qaysilaridir kamroq miqdorda uchraydi.



5-rasm. Oq rangga bo'yalgan bo'lakni NEX DE tasviri.

Oq rang NEX DE spektridan aniq ko'rinib turibdiki kaltsiy (Ca), boshqa oz miqdorda aniqlangan elementlardan tashqari asosiy elementdir va bu natija oq pigment sifatida gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) va kaltsit (CaCO_3) dan foydalanilganligining kuchli dalilidir [14]. Oq rangli bo'yoqning rentgen fluoressenti tahlilida olingan kimyoviy elementlar tarkibiga qaraydigan bo'lsak (2-jadval) Ca, Fe, Al, Si, va S larning foiz miqdori yuqoriligini kurishimiz mumkin.

2-jadval.

No	Element	Massa ulush %	Nisbiy xatolik	Element chizig'i	Intensivlik (cps/μA)
1	Mg	-	-	-	-
2	K	0,374	0,0202	M:K-Kα	0,05439
3	Ca	57,2	0,0654	M:Ca-Kα	12,09711
4	Cr	-	0,0024	M:Cr-Kα	0,00231

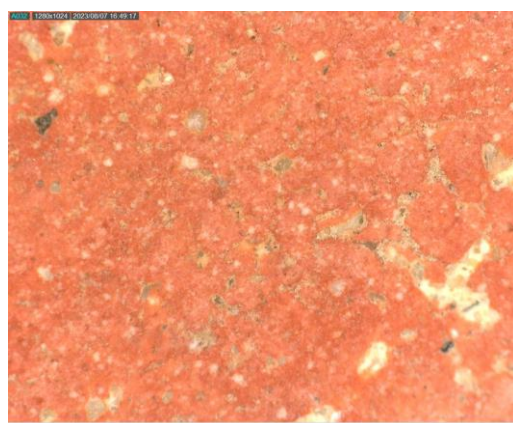
5	Mn	0,0424	0,0022	M:Mn-K α	0,03953
6	V	-	0,0040	M:V-K α	0,00426
7	Fe	2,02	0,0079	M:Fe-K α	3,07212
8	Co	-	0,0013	M:Co-K α	0,00453
9	Ni	0,0112	0,0006	M:Ni-K α	0,03987
10	Cu	0,0137	0,0005	M:Cu-K α	0,06605
11	Zn	0,0047	0,0003	M:Zn-K α	0,03335
12	Al	2,43	0,0410	L:Al-K α	0,78936
13	Si	5,80	0,0262	L:Si-K α	7,54124
14	P	-	0,0059	L:P-K α	0,00000
15	S	31,6	0,0263	L:S-K α	284,34392
16	Cl	0,212	0,0025	L:Cl-K α	2,18060
17	Na	-	-	-	-
18	Ti	0,195	0,0092	M:Ti-K α	0,04534
19	Zr	0,0676	0,0003	M:Zr-K α	3,23316
20	Cd	-	-	-	-

Oq rangga bo'yalgan bo'lakning NEX DE natijalari.

Ca va S larning konsentratsiyasining yuqoriligi nafaqat bo'yoq tarkibida balki, ganch asos tarkibini ham kalsinlangan gips (CaSO_4), tuproq, qum aralashmasi tashkil etadi. Bu ham o'z navbatida Al va Si ning miqdorini yuqoriligi, bo'yoq hamda asos tarkibida alumosilikatlar ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) mavjudligini anglatadi [15].

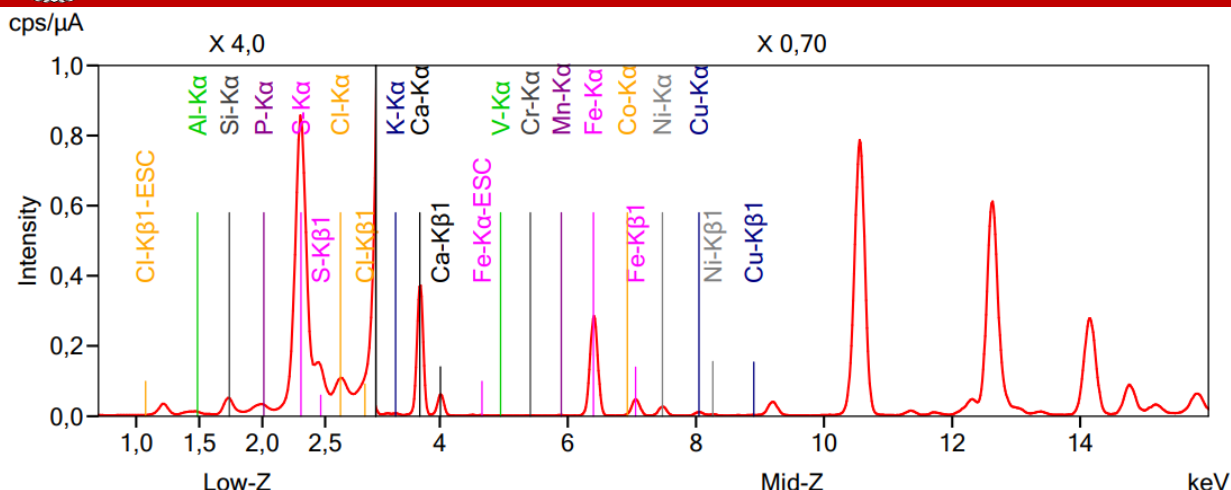
Qizil rang.

Qizil rang qolgan ranglar ichida eng yaxshi saqlanib qolgan (6-rasm) bo'lib, qizil rangga bo'yalgan bo'lakni NEX DE tahlilidan ko'rinib turibdiki rang hosil qilishda asosan temirning Fe^{+3} , Fe^{+2} birikmalardan foydalanilgan (7-rasm).



6-rasm. Qizil rangga bo'yalgan bo'lak va uning mikraskopda olingan tasviri.

Tarixdan ma'lumki qadimiy san'atda ishlatilgan birinchi ranglardan biri oxradan tayyorlangan qizil pigment edi. Qizil pigment hosil qilishda bugungi kunda ham temir III oksidi (Fe_2O_3) eng yaxshi vositalardan biri hisoblanadi. "Qizil oxra" eng mashhur va ehtimol eng qadimgi mineral bo'yoq bo'lib, har qanday gematit qizil pigment uchun mos



7-rasm. Qizil rangga bo'yalgan bo'lakni NEX DE tasviri.

bo'lgan gil, mineraldir. Shu bilan bir qatorda keng tarqalgan va ishlatishga qulay mineral pigment bo'lib, suv bilan aralashtirib, qog'oz, tosh bezaklar, suyak, teri va hokazolarda ishlatilgan. [16]. Aytishimiz mumkinki qizil oxra tarkibidagi asosiy qismi Fe_2O_3 iborat bo'lib, qo'shimcha sifatida kaolin $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ va boshqa qo'shimchalar uchraydi. Bu esa o'z navbatida Al va Si ning konsentratsiyasini yuqori bo'lishiga xizmat qiladi[17].

3-jadval.

Nº	Element	Massa ulush %	Nisbiy xatolik	Element chizig'i	Intensivlik (cps/μA)
1	Mg	-	-	-	-
2	K	0,957	0,0544	M:K-Kα	0,02551f
3	Ca	58,4	0,149	M:Ca-Kα	2,18100
4	Cr	-	0,0079	M:Cr-Kα	0,00164
5	Mn	0,0420	0,0064	M:Mn-Kα	0,00617
6	V	-	0,0129	M:V-Kα	0,00203
7	Fe	8,45	0,0353	M:Fe-Kα	2,00852
8	Co	-	0,0055	M:Co-Kα	0,00000
9	Ni	0,378	0,0057	M:Ni-Kα	0,18768
10	Cu	0,114	0,0028	M:Cu-Kα	0,07615
11	Zn	-	-	-	-
12	Al	2,88	0,0810	L:Al-Kα	0,13231
13	Si	6,24	0,0389	L:Si-Kα	1,12225
14	P	1,28	0,0132	L:P-Kα	0,62925
15	S	20,4	0,0260	L:S-Kα	27,45489
16	Cl	0,834	0,0068	L:Cl-Kα	1,49338
17	Na	-	-	-	-

Qizil rangga bo'yalgan bo'lakni NEX DE natijalari.

Bundan tashqari bo'yoq va ganch asos tarkibida gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kaltsit (CaCO_3) lar uchraydi.

Xulosalar.



2003-yildagi qoratepa yodgorligida o'zbek-yapon qo'shma arxeologik ekspeditsiyasi tomonidan qo'lga kiritilgan, ganchdan yasalgan, Arxeologik artefakt parchalarda foydalanilgan qadimiy mineral bo'yoqlar tarkibi, Rigaku firmasining NEX DE energiya dispersiv rentgen fluoressenti spektrometridan foydalanib o'rganildi.

Ganch parchalarda yaxshi saqlanib qolgan oq, qizil va qora rangli bo'yoqlar tarkibi tahlil qilindi. Bunga ko'ra oq rang tarkibida Ca, Fe, Al, Si, va S larning foiz miqdori yo'qori ekanligi aniqlandi. Bu malumotlardan kelib chiqib oq rangli bo'yoq va ganch asos tarkibini gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), kaltsit (CaCO_3), kaolin $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, qo'shimcha sifatida Fe_2O_3 lar tashkil qilgan degan fikriga kelindi.

Qizil rangli bo'yoq tahlilida Fe, Ca, S, Al, Si, P larning miqdori yuqori ekanligini ko'rish mumkin. Asosiy rang hosil qiluvchi pigment sifatida gematit (Fe_2O_3) va bo'yoq hosil qilishda gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), kaltsit (CaCO_3), kaolin $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ va qo'shimcha sifatida P_2O_5 lar tashkil qilgan bo'lishi mumki.

Qora pigment tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki qora bo'yoq uglerod (C) asosida hosil qilingan. Qora rangli pigmentning asosini maydalangan ko'mirlangan organik moddalar tashkil etgan. Bundan tashqari tahlilida Ca, Fe, Al, Si, S, larni yuqori foizini ko'rish mumkin.

References:

1. Iwamoto A. A Study on the Prosperity and Decline of Buddhist Sites in Northern Bactria: Kara Tepe and Zurmala. – 2019.
2. Ставиский Б. Я. Четверть века на Каратепе (записки начальника археологической экспедиции). – 1986.
3. Узбекистан Р. Археологические работы узбекистано-корейской экспедиции в буддийском культовом центре каратепе в старом термезе в 2011-2014 гг.
4. Abduraxmonov A. The issues of studying and preserving the archaeological monuments of the kushan period in the old termiz //Евразийский журнал академических исследований. – 2023. – Т. 3. – №. 3 Part 3. – С. 38-42.
5. O'zbekistonda Arxeologik tadqiqotlar 2003yil 4-son. "O'zbekiston milliy ensklopediyasi" davlat ilmiy nashiryoti Toshkent 2004. B. 147-159.
6. Machado A. S. et al. Archeological ceramic artifacts characterization through computed microtomography and X-ray fluorescence //X-Ray Spectrometry. – 2017. – Т. 46. – №. 5. – С. 427-434.
7. Li F. et al. Recent developments on XRF spectra evaluation // Applied Spectroscopy Reviews. – 2020. – Т. 55. – №. 4. – p. 263-287.
8. Figueiredo E. et al. Investigating Early/Middle Bronze Age copper and bronze axes by micro X-ray fluorescence spectrometry and neutron imaging techniques //Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. – 2016. – Т. 122. – С. 15-22.
9. Siddall R. Mineral pigments in archaeology: their analysis and the range of available materials //Minerals. – 2018. – Т. 8. – №. 5. – С. 201.
10. Реутова М.А.,Фрай Д. Минеральные краски в древней живописи Афрасиаба// История и археология Турана №4. Сабарканд-2019.
11. Бирштейн В.А. Идентификация минеральных компонентов грунтов и пигментов росписей Каратепе и других среднеазиатских памятников с помощью физико-



химических методов // Буддийские памятники Кара-тепе в Старом Термезе. Москва, 1982.

12. Беленький Е.Ф., Рискин И.В. Химия и технология пигментов. Москва, 1974.

13. Юминов А. М., Блинов И. А. Состав растертого материала в каменных орудиях Гонур-Депе (Юго-Восточные каракумы) //Геоархеология и археологическая минералогия. – 2021. – Т. 8. – С. 72-75.

14. Abdallah M., Abdrabou A., Kamal H. M. Multiscientific analytical approach of polychrome Greco-Roman palette applied on a wooden model naos: Case study //Mediterranean Archaeology and Archaeometry. – 2020. – Т. 20. – №. 2. – С. 45-65.

15. Kodzoev M. B. et al. Modified gypsum binder //MATEC Web of conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 170. – С. 03022.

16. Moore L. B. Scientific Illustration Techniques and Handmade Mineral Paints for Geoscience Classes //Journal of Geoscience Education. – 2000. – Т. 48. – №. 3. – С. 300-359.

17. Čiuladienė A. et al. Investigation of the chemical composition of red pigments and binding media //Chemija. – 2018. – Т. 29. – №. 4.