УДК 902; ГРНТИ 03.41.91

Ж.А. Приниязов [1✉]

[1✉]*Младший научный сотрудник. Институт антропологии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

e-mail: jetkerpriniyazov@gmail.com

АНАЛИЗ ЦВЕТОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ CIELAB КРАСНОАНГОБИРОВАННОЙ КЕРАМИКИ ДРЕВНЕГО КОКАНДА

Аннотация. Проведён анализ цветовых показателей CIELAB 133 образцов красноангобированной керамики I–VI вв. н.э., обнаруженной на археологическом памятнике Тепакурган, расположенном в центральной части города Коканда Ферганской области Республики Узбекистан. Измерения цвета выполнялись с использованием портативного колориметра Linshang LS171 (апертура – 8 мм, геометрия измерения – D/8°) в условиях естественного освещения. Каждый образец измерялся в трёх точках сохранившейся ангобированной поверхности, а для анализа использовались усреднённые значения L*, a* и b*. На основании стратиграфических наблюдений керамический материал был разделён на пять хронологических периодов. Полученные результаты показали сохранение традиции нанесения красного ангоба на протяжении всех рассматриваемых периодов, однако выявлены периодические изменения интенсивности окраски и уровня светлоты поверхности. Наиболее высокие значения параметра a* зафиксированы во втором периоде (II – начало III в. н.э.), что свидетельствует о максимальной насыщенности красного ангоба. Данное явление может быть связано с совершенствованием технологий обжига в кушанскую эпоху. Колебания цветовых показателей в последующие периоды, вероятно, обусловлены изменениями источников сырья или условий обжига. Исследование демонстрирует эффективность колориметрии CIELAB как метода количественной оценки цветовых характеристик и выявления их хронологической динамики археологической керамики Центральной Азии.

Ключевые слова: CIELAB, красный ангоб, керамика, колориметрия, Тепакурган, I–VI вв. н.э., Ферганская долина, кушанская эпоха.

ЕЖЕЛГІ ҚОҚАННЫҢ ҚЫЗЫЛ АНГОБТЫ КЕРАМИКАСЫНЫҢ CIELAB ТҮСТІК КӨРСЕТКІШТЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Өзбекстан Республикасы Ферғана облысының Қоқан қаласының орталық бөлігінде орналасқан Тепақорған археологиялық ескерткішінен табылған б.з. I–VI ғасырларына жататын қызыл ангобты керамиканың 133 үлгісінің CIELAB түстік көрсеткіштеріне талдау жүргізілді. Түс өлшемдері табиғи жарық жағдайында Linshang LS171 портативті колориметрі (апертурасы – 8 мм, өлшеу геометриясы – D/8°) арқылы жүргізілді. Әр үлгінің сақталған ангобталған бетінің үш нүктесінде өлшеу жасалып, талдау үшін L*, a* және b* көрсеткіштерінің орташа мәндері пайдаланылды. Стратиграфиялық бақылаулар негізінде керамикалық материал бес хронологиялық кезеңге бөлінді. Алынған нәтижелер қарастырылып отырған барлық кезеңдерде қызыл ангоб жағу дәстүрінің сақталғанын көрсетті, алайда бояу қарқындылығы мен беттің ашықтық деңгейінде кезеңдік өзгерістер анықталды. a* параметрінің ең жоғары мәндері екінші кезеңде (б.з. II – III ғасырдың басы) тіркелді, бұл қызыл ангобтың ең жоғары қанықтылығын көрсетеді. Бұл құбылыс кушан дәуіріндегі күйдіру технологияларының жетілдірілуімен байланысты болуы мүмкін. Кейінгі кезеңдердегі түстік көрсеткіштердің ауытқулары шикізат көздерінің немесе күйдіру жағдайларының өзгеруімен байланысты болуы ықтимал. Зерттеу CIELAB колориметриясының түс сипаттамаларын сандық бағалау және Орталық Азия археологиялық

керамикасының олардың хронологиялық динамикасын анықтау әдісі ретіндегі тиімділігін көрсетеді.

Кілт сөздер: CIELAB, қызыл ангоб, керамика, колориметрия, Тепақорған, б.з. I–VI ғасырлары, Ферғана аңғары, кушан дәуірі.

ANALYSIS OF CIELAB COLOR PARAMETERS OF RED-SLIPPED CERAMICS FROM ANCIENT KOKAND

Abstract. An analysis of the CIELAB color parameters of 133 samples of red-slipped ceramics dating to the 1st–6th centuries CE and discovered at the Tepaqo‘rg‘on archaeological site, located in the central part of Kokand, Fergana Region, Republic of Uzbekistan, was conducted.

Color measurements were performed under natural lighting conditions using a Linshang LS171 portable colorimeter (8 mm aperture, D/8° measurement geometry). Each sample was measured at three points on the preserved slipped surface, and the mean values of L*, a*, and b* were used for the analysis. Based on stratigraphic observations, the ceramic material was divided into five chronological periods. The results demonstrated the persistence of the tradition of applying red slip throughout all the periods under consideration; however, periodic changes in color intensity and surface lightness were identified. The highest a* values were recorded in the second period (2nd–early 3rd centuries CE), indicating the highest saturation of the red slip. This phenomenon may be associated with improvements in firing technologies during the Kushan period. Fluctuations in color parameters during the subsequent periods were probably related to changes in raw material sources or firing conditions. The study demonstrates the effectiveness of CIELAB colorimetry as a method for quantitatively assessing color characteristics and identifying their chronological dynamics in archaeological ceramics from Central Asia.

Keywords: CIELAB, red slip, ceramics, colorimetry, Tepaqo‘rg‘on, 1st–6th centuries CE, Fergana Valley, Kushan period.

Введение

В археологических исследованиях цвет являясь одним из аналитических признаков керамических сосудов, служит важным источником информации при их классификации, а также при определении технологии обжига и состава исходного сырья.

Цвет рассматривается как показатель, отражающий изменения температуры и атмосферы обжига керамики, поэтому он широко используется при реконструкции древних производственных технологий (Choi et al., 2025).

В XX веке одной из наиболее широко применявшихся систем описания цвета в археологических исследованиях являлась система Манселла. Данная система позволяет характеризовать цвета на основе таких параметров, как светлота (value), цветовой тон (hue) и насыщенность (chroma) (Munsell, 1915). На протяжении длительного времени система Манселла оставалась общепринятой в археологических исследованиях широко применяясь в описании и стандартизации цветов (Shepard, 1956). Однако последующие исследования показали, что цветовые описания, основанные на системе Манселла, носят субъективный характер, а их воспроизводимость не всегда является одинаковой. Отмечается, что возможности использования данных системы Манселла в количественных исследованиях ограничены, поскольку визуальная фиксация цвета может варьировать в зависимости от физиологических особенностей наблюдателей и воздействия факторов внешней среды (Bratitsi et al., 2018; Ruck, Brown, 2015; Orton, Hughes, 2013).

С развитием инструментальных методов регистрации цвета они стали применяться и при исследовании керамических сосудов. Одной из таких систем является система измерения цвета, разработанная Международной комиссией по освещению (Commission Internationale de l’Éclairage, CIE), основанной в 1931 году и базирующейся на принципах чувствительности человеческого глаза к свету различных длин волн. Первоначально данная система использовалась преимущественно в лабораторных условиях с применением

спектрометров, однако в дальнейшем создание компактных портативных колориметров позволило использовать её и в полевых исследованиях (Orton, Hughes, 2013). В отличие от системы Манселла, система CIELAB позволяет описывать цвет независимо от различий в восприятии между наблюдателями, а также одним и тем же наблюдателем в разное время, обеспечивая стабильную и воспроизводимую регистрацию цветовых показателей (McGrath et al., 2017).

CIELAB (CIE Lab) представляет собой трёхмерную систему измерения цвета, в которой цвет выражается через координаты L (светлота), a* (красно-зелёная ось) и b* (жёлто-синяя ось). В археологических исследованиях данные CIELAB получают непосредственно с помощью колориметра или на основе цифровых фотографий и используют для анализа цветовых характеристик керамических сосудов.

В последние годы система CIELAB широко применяется в археологических исследованиях в качестве инструмента количественной оценки цветовых показателей. Данная система использовалась для выделения технологических групп керамики и определения особенностей её производства на памятнике Адулис в Эритрее (Gebremariam et al., 2022), для сравнения цветовых характеристик красноангобированной керамики западной части Северной Америки (McGrath et al., 2017), а также для классификации керамических изделий из храма Пхра Махатхат Ворамахавихан в Таиланде (Sirisathitkul et al., 2025). Кроме того, данные CIELAB применялись при изучении цветовых комплексов расписной керамики неолитического поселения Галабник в Болгарии (Dzhanfezova et al., 2025), при характеристике палеолитических красителей из пещеры Парпальо в Испании (García et al., 2016) и при реконструкции исторической цветовой гаммы памятника Вэнь Юань Гэ в Пекине (Shao et al., 2024). Эти исследования демонстрируют возможности системы CIELAB по стандартизированному и количественному описанию цветовых характеристик.

Кроме того, в последние годы колориметрия CIELAB применяется в качестве дополнительного аналитического инструмента при исследовании керамических кирпичей историко-архитектурных памятников Центральной Азии, позволяя характеризовать цветовые особенности материалов (Jumaniyazov et al., 2025).

Однако в археологических исследованиях Центральной Азии, в частности при изучении красноангобированной керамики, периодический анализ на основе показателей CIELAB до настоящего времени остаётся недостаточно разработанным. Настоящее исследование направлено на определение показателей CIELAB 133 образцов красноангобированной керамики I–VI вв. н.э. из памятника Тепакурган и оценку их изменений в различные хронологические периоды.

Археологические исследования и характеристика памятника. Изученные в рамках настоящего исследования образцы красноангобированной керамики памятника Тепакурган относятся к I–VI вв. н. э. Памятник расположен на левом берегу Кокандсая в центральной части города Коканда Ферганской области Узбекистана.

В результате развития орошаемого земледелия в конце II – I вв. до н.э. на левом берегу Кокандсая сформировалось урбанизированное поселение Тепакурган. К концу I в. до н.э. территория этого поселения Тепакурган значительно расширилась, создав основу для формирования города Коканда (Anarbayev 2023).

В конце IV в. н.э. в Ферганской долине произошли сильные землетрясения. Эти природные катастрофы привели к ослаблению городской жизни в регионе в первой половине V в. н.э. Кроме того, вследствие значительного разветвления русла реки Сох возникли трудности с водоснабжением отдельных территорий, что оказало негативное влияние на процессы градостроительного развития.

Тем не менее, культурные слои памятника Тепакурган свидетельствуют о его непрерывном функционировании с I в. до н.э. до VII в. н.э (Анарбаев и др., 2014). Памятник использовался в качестве кладбища вплоть до 1960-х гг. XX в., а в 1960–1970-х гг. был частично повреждён в результате строительства дорог и многоэтажных жилых зданий. Первые масштабные археологические раскопки на Тепакургане были проведены в 2008–

2012 гг. под руководством начальника Кокандской археологической экспедиции Института археологии Академии наук Республики Узбекистан А. Анарбаева. Данные археологические исследования были направлены на определение возраста города Коканда и изучение начальных этапов его развития (Анарбаев и др., 2014).

В результате раскопок, проведённых на сохранившихся участках арка и шахристана, были уточнены этапы формирования и развития города. В ходе исследований выделено шесть строительных периодов, характеризующихся пятью керамическими комплексами. Данные комплексы охватывают период с I в. до н.э. до времени арабского завоевания (Анарбаев, 2017).

Археологические находки, выявленные в культурных слоях Тепакургана в ходе раскопок 2008–2012 гг., позволили не только определить роль памятника как центра градостроительства и ремесленного производства, но и предоставили новые научные данные по вопросам местного производства, технологического развития и культурных связей. Исследования в последующих лет, позволили на основе методов археосейсмологии уточнить влияние исторических землетрясений на процессы градостроительного развития в Кокандском оазисе (Корженков и др., 2023).

В настоящем исследовании анализируются показатели CIELAB красноангобированной керамики, выявленной в 2011 году шурфе 1 раскопа 3, расположенного в западной части памятника Тепакурган. Глубина данного шурфа составила 9 м, при этом в его пределах было выделено 57 микрослоёв. На основании стратиграфических наблюдений эти слои были разделены на пять основных хронологических периодов (Анарбаев и др., 2014).

Методика исследования

В качестве материала исследования были отобраны фрагменты красноангобированной керамики, извлечённые из шурфа 1 раскопа 3 упомянутого выше памятника Тепакурган. Среди образцов представлены как археологически целые сосуды, так и фрагменты керамических сосудов различного размера. Материалы хранятся в фондах Кокандского государственного музея-заповедника, где и было проведено настоящее исследование.

В процессе анализа изучался исключительно красный ангоб на внешней поверхности сосудов. Внутренняя поверхность сосудов в измерения не включалась, поскольку степень её сохранности не является одинаковой.

В рамках исследования было проанализировано 133 образца красноангобированной керамики (Таблица 1).

№	ID	Layer	L*	a*	b*	Цвет
1	TK11-3-S1-L44-001	44	60.19	23.28	16.57	
2	TK11-3-S1-L44-002	44	57.74	17.95	17.94	
3	TK11-3-S1-L44-003	44	58.51	20.08	17.44	
4	TK11-3-S1-L44-004	44	63.78	17.26	8.14	
5	TK11-3-S1-L49-005	49	62.58	29.45	24.45	
6	TK11-3-S1-L49-006	49	61.22	23.69	20.12	
7	TK11-3-S1-L49-007	49	69.05	13.99	18.03	
8	TK11-3-S1-L42-008	42	60.21	20.68	25.84	
9	TK11-3-S1-L48-009	48	63.02	18.79	26.74	
10	TK11-3-S1-L48-010	48	59.34	23.41	27.21	
11	TK11-3-S1-L48-011	48	55.73	16.33	24.41	
12	TK11-3-S1-L42-012	42	58.33	17.37	27.47	
13	TK11-3-S1-L42-013	42	59.00	17.55	23.87	
14	TK11-3-S1-L48-014	48	59.51	20.41	27.82	
15	TK11-3-S1-L48-015	48	57.35	19.97	27.08	
16	TK11-3-S1-L48-016	48	48.94	25.72	23.43	
17	TK11-3-S1-L45-017	45	59.72	20.52	24.74	
18	TK11-3-S1-L48-018	48	56.41	21.77	24.35	
19	TK11-3-S1-L48-019	48	55.70	20.40	24.62	
20	TK11-3-S1-L48-020	48	56.01	19.54	23.23	
21	TK11-3-S1-L42-021	42	54.40	21.89	19.99	
22	TK11-3-S1-L42-022	42	56.86	23.76	24.79	
23	TK11-3-S1-L42-023	42	56.49	23.43	22.79	
24	TK11-3-S1-L42-024	42	56.03	18.85	23.71	
25	TK11-3-S1-L41-025	41	58.51	20.08	17.44	
26	TK11-3-S1-L41-026	41	55.35	28.09	16.93	
27	TK11-3-S1-L41-027	41	52.84	22.92	14.88	
28	TK11-3-S1-L41-028	41	47.97	18.28	11.99	
29	TK11-3-S1-L41-029	41	61.80	22.90	19.93	
30	TK11-3-S1-L41-030	41	63.71	23.32	20.22	
31	TK11-3-S1-L41-031	41	60.64	26.27	17.51	
32	TK11-3-S1-L41-032	41	60.34	25.24	18.25	
33	TK11-3-S1-L41-033	41	61.45	19.91	16.20	
34	TK11-3-S1-L41-034	41	61.43	16.26	10.30	
35	TK11-3-S1-L41-035	41	65.00	21.70	14.25	
36	TK11-3-S1-L41-036	41	62.48	20.53	17.28	
37	TK11-3-S1-L41-037	41	55.27	19.69	11.93	
38	TK11-3-S1-L41-038	41	62.61	28.80	21.18	
39	TK11-3-S1-L41-039	41	54.60	20.85	14.66	
40	TK11-3-S1-L41-040	41	63.93	18.23	22.62	
41	TK11-3-S1-L41-041	41	57.58	24.56	17.12	
42	TK11-3-S1-L41-042	41	56.72	13.64	14.61	
43	TK11-3-S1-L41-043	41	57.39	23.71	13.86	
44	TK11-3-S1-L41-044	41	61.52	22.84	20.47	
45	TK11-3-S1-L41-045	41	62.49	20.10	13.85	
46	TK11-3-S1-L41-046	41	54.88	13.63	3.66	
47	TK11-3-S1-L41-047	41	58.37	21.52	14.74	
48	TK11-3-S1-L41-048	41	54.17	23.92	13.38	
49	TK11-3-S1-L41-049	41	62.11	22.87	15.89	
50	TK11-3-S1-L41-050	41	56.39	24.73	15.33	
51	TK11-3-S1-L41-051	41	66.01	21.31	7.89	
52	TK11-3-S1-L41-052	41	54.96	23.71	13.19	
53	TK11-3-S1-L41-053	41	52.71	24.32	18.93	
54	TK11-3-S1-L41-054	41	58.19	26.43.	15.19	
55	TK11-3-S1-L41-055	41	48.13	18.99	19.21	
56	TK11-3-S1-L41-056	41	62.32	23.07	30.93	
57	TK11-3-S1-L41-057	41	48.79	19.45	20.21	
58	TK11-3-S1-L40-058	40	55.78	19.31	22.22	
59	TK11-3-S1-L41-059	41	57.36	20.55	22.14	
60	TK11-3-S1-L40-060	40	53.40	19.30	19.71	
61	TK11-3-S1-L42-061	42	56.79	22.92	23.33	
62	TK11-3-S1-L41-062	41	57.57	19.84	25.45	
63	TK11-3-S1-L18-063	18	64.56	16.17	13.68	
64	TK11-3-S1-L18-064	18	70.24	15.36	16.90	
66	TK11-3-S1-L18-066	18	62.43	12.05	8.25	
67	TK11-3-S1-L18-067	18	69.97	13.05	17.05	
68	TK11-3-S1-L18-068	18	66.15	22.81	23.46	
69	TK11-3-S1-L18-069	18	66.42	22.93	22.03	
70	TK11-3-S1-L18-070	18	71.08	21.32	22.75	
71	TK11-3-S1-L18-071	18	73.46	18.02	22.24	
72	TK11-3-S1-L18-072	18	62.05	18.13	18.03	
73	TK11-3-S1-L18-073	18	64.37	21.72	16.66	
74	TK11-3-S1-L16-074	16	59.72	19.33	17.97	
75	TK11-3-S1-L16-075	16	74.88	19.01	20.47	
77	TK11-3-S1-L16-077	16	69.91	23.13	16.19	
78	TK11-3-S1-L17-078	17	56.49	7.38	13.97	
79	TK11-3-S1-L19-079	19	50.17	21.81	20.31	
80	TK11-3-S1-L19-080	19	48.46	10.99	14.03	
81	TK11-3-S1-L19-081	19	39.41	18.64	16.67	
83	TK11-3-S1-L19-083	19	44.15	12.91	12.76	
85	TK11-3-S1-L19-085	19	55.66	6.24	12.67	
86	TK11-3-S1-L19-086	19	57.46	15.47	12.81	
87	TK11-3-S1-L19-087	19	50.87	26.37	23.20	
88	TK11-3-S1-L19-088	19	52.07	24.80	23.54	
89	TK11-3-S1-L19-089	19	42.10	18.13	15.83	
90	TK11-3-S1-L13-090	13	67.41	18.03	14.62	
91	TK11-3-S1-L13-091	13	68.42	12.51	9.07	
92	TK11-3-S1-L13-092	13	74.41	18.68	19.15	
93	TK11-3-S1-L13-093	13	73.33	19.40	20.69	
94	TK11-3-S1-L13-094	13	69.43	23.38	21.91	
95	TK11-3-S1-L13-095	13	70.98	21.82	21.68	
96	TK11-3-S1-L13-096	13	68.51	21.45	23.19	
97	TK11-3-S1-L13-097	13	68.64	22.06	23.21	
98	TK11-3-S1-L13-098	13	54.29	23.94	16.33	
99	TK11-3-S1-L14-099	14	51.62	19.86	20.44	
100	TK11-3-S1-L14-100	14	51.06	15.79	20.86	
101	TK11-3-S1-L14-101	14	57.07	13.37	17.61	
102	TK11-3-S1-L14-102	14	57.99	13.27	20.59	
103	TK11-3-S1-L15-103	15	53.95	15.86	23.31	
104	TK11-3-S1-L15-104	15	50.35	17.75	21.62	
105	TK11-3-S1-L13-105	13	51.72	11.09	20.01	
106	TK11-3-S1-L14-106	14	58.03	16.06	23.69	
107	TK11-3-S1-L15-107	15	54.02	13.13	18.70	
108	TK11-3-S1-L15-108	15	30.37	20.82	14.94	
109	TK11-3-S1-L6-109	6	46.93	13.94	14.69	
110	TK11-3-S1-L6-110	6	54.21	17.41	25.31	
111	TK11-3-S1-L6-111	6	46.66	9.46	16.19	
112	TK11-3-S1-L6-112	6	50.67	23.38	25.25	
113	TK11-3-S1-L6-113	6	65.01	21.67	24.53	
114	TK11-3-S1-L6-114	6	51.10	21.14	17.44	
115	TK11-3-S1-L6-115	6	62.00	17.15	22.11	
116	TK11-3-S1-L3-116	3	49.73	20.50	16.91	
117	TK11-3-S1-L3-117	3	53.62	18.49	18.53	
118	TK11-3-S1-L3-118	3	55.32	10.07	14.39	
119	TK11-3-S1-L5-119	5	59.98	27.44	29.56	
120	TK11-3-S1-L5-120	5	62.88	14.67	25.00	
121	TK11-3-S1-L5-121	5	58.74	28.96	31.99	
122	TK11-3-S1-L6-122	6	64.47	23.87	28.69	
123	TK11-3-S1-L6-123	6	47.33	22.26	22.50	
124	TK11-3-S1-L6-124	6	62.74	21.52	27.09	
125	TK11-3-S1-L6-125	6	51.40	22.49	20.31	
126	TK11-3-S1-L6-126	6	55.01	15.62	22.36	
127	TK11-3-S1-L6-127	6	51.84	22.65	21.21	
128	TK11-3-S1-L6-128	6	55.19	19.16	23.27	
129	TK11-3-S1-L6-129	6	47.29	15.19	16.33	
130	TK11-3-S1-L6-130	6	53.66	19.45	22.16	
131	TK11-3-S1-L6-131	6	54.07	22.99	25.30	
132	TK11-3-S1-L6-132	6	54.17	15.48	19.00	
133	TK11-3-S1-L6-133	6	51.03	23.33	23.71	

Таблица 1. *Показатели цвета CIELAB красноангобированной керамики памятника Тепакурган (n = 133). Столбец «Цвет» отражает визуальное представление каждого образца керамики, восстановленное на основе соответствующих значений RGB.*

На основе стратиграфических и хронологических данных они были разделены на пять периодов: первый период (I в. до н.э. – I в. н.э.) – 24 образца, второй период (II в. – начало III в. н.э.) – 38 образцов, третий период (III в. н.э.) – 27 образцов, четвёртый период (III–IV вв. н.э.) – 18 образцов и пятый период (V–VI вв. н.э.) – 26 образцов.

Показатели цвета CIELAB определялись с помощью портативного колориметра Linshang LS171 (апертура измерения – 8 мм, геометрия освещения – D/8°). Колориметр Linshang LS171 направляет на поверхность образца стандартизированный световой поток и регистрирует спектральные характеристики отражённого света с помощью оптических сенсоров. Полученные данные обрабатываются прибором в соответствии с международными стандартами CIE, после чего цвет выражается через координаты L*, a* и b*. В результате цвет определяется в виде цифровых показателей независимо от субъективного восприятия человеческим глазом.

Измерения проводились в зоне естественного рассеянного солнечного освещения в период с 10:00 до 14:00 для обеспечения одинаковых условий освещения. Перед началом

измерений прибор был откалиброван с использованием стандартной белой калибровочной пластины.

На хорошо сохранившейся ангобированной поверхности каждого керамического фрагмента были выбраны три точки измерения. Для каждой точки отдельно фиксировались значения L, a и b*, а в качестве итогового результата использовались средние показатели, полученные по трём измерениям. При сборе цветовых данных был применён метод точечного усреднённого отбора цветовых показателей, использованный Джеймсом Р. Макгратом (McGrath et al., 2017).

Методический алгоритм фиксации цветовых параметров по системе CIELAB заключался в следующем. На первом этапе мы провели обязательную калибровку прибора Linshang LS171, используя штатную эталонную пластину белого цвета. Затем каждый исследуемый фрагмент аккуратно размещался на ровной плоскости. Чтобы минимизировать погрешности, измерения выполнялись строго в трех локальных точках на тех участках, где слой красного ангоба сохранился лучше всего (рис. 1).

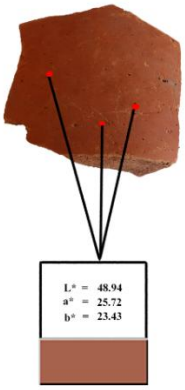


Рис. 1. *Пример измерения цветовых показателей CIELAB в трёх точках на ангобированной поверхности керамического фрагмента памятника Тепакурган. Цветные квадраты под фрагментом отражают усреднённые значения RGB, соответствующие измеренным показателям L*, a* и b**

На основе этих трех замеров рассчитывалось среднеарифметическое значение координат L*, a* и b*, которое затем вносилось в общую рабочую матрицу для последующей статистической группировки по историческим периодам. Стоит отметить, что программный комплекс колориметра параллельно генерировал и данные в формате RGB. Мы использовали эти координаты как важный вспомогательный материал, позволивший нам наглядно сопоставить и визуализировать тонкие цветовые нюансы различных серий керамики.

Результаты

Полученные нами средние показатели CIELAB для каждого из пяти хронологических этапов (рис. 2) наглядно раскрывают динамику изменения технологических приемов обжига глиняных сосудов и эволюции ангобирования.



Рис. 2. *Визуальное представление усреднённых цветовых показателей CIELAB красноангобированной керамики памятника Тепакурган по хронологическим периодам (Период 1–5), восстановленное на основе соответствующих значений RGB.*

Керамика самого раннего (I) периода демонстрирует умеренный красно-желтый оттенок. Настоящий расцвет технологии мы наблюдаем во II периоде: здешняя посуда

выделяется глубоким, максимально насыщенным красным цветом и очень выразительным внешним видом. Однако к III и IV периодам эта выразительность постепенно угасает. Покрытие становится заметно более тусклым, а для образцов четвертого этапа и вовсе характерна излишняя светлота, которая визуально лишает керамику былой привлекательности. Мы связываем эти колебания цвета с физико-химическими особенностями обжига–в частности, с характером газовой атмосферы внутри горна, определяющей степень окисления железа в ангобе и уровень его насыщения кислородом. Достижение насыщенного красного тона диктовалось обжигом в стабильной окислительной среде при свободном доступе кислорода, тогда как дефицит кислорода и восстановительный режим приводили к потемнению покрытия. При этом сама технологическая матрица нанесения красного ангоба оставалась преемственной на протяжении всех периодов, а различия в готовых сериях объяснялись именно качеством контроля кислородного режима в печи.

Если обратиться к конкретным числовым показателям, то для первого периода они составили L*=58,59, a*=20,67, b*=22,70–ангоб средней светлоты с красно-жёлтым оттенком. Во втором периоде значение a* возрастает до 21,68 при снижении b* до 17,02, что отражает рост насыщенности красного и уменьшение доли жёлтого компонента. В третьем периоде оба параметра заметно падают (a*=17,70, b*=17,43), из-за чего ангоб тускнеет, а красный оттенок ослабевает. Четвёртый период даёт максимальное значение светлоты L* (61,96) при по-прежнему невысоком a* (17,91), то есть образцы становятся светлее остальных. В пятом периоде, напротив, координата L* опускается до минимума (53,15), а a* немного растёт (19,84), цвет темнеет, красный оттенок частично восстанавливается, но привлекательность керамики не достигает уровня ранних периодов. Динамика средних значений L*, a* и b* по периодам показана на рис. 3. Все эти цифровые индикаторы были получены нами в результате детального перекрестного анализа и сопоставления средних величин по каждому хронологическому этапу отдельно.

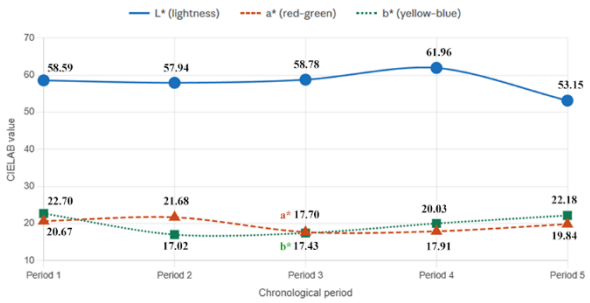


Рис. 3. *Изменения средних значений L*, a* и b* красноангобированной керамики памятника Тепакурган по хронологическим периодам (Период 1–5).*

Обсуждение. Цвет керамических сосудов зависит от ряда факторов, среди которых основное значение имеют температура обжига, атмосфера печи, минералогический состав глины, а также содержание и особенности распределения оксидов железа. При обжиге в окислительной среде железо сохраняется в форме гематита (Fe_2O_3), придающего керамике красный цвет, тогда как в восстановительной среде оно переходит в магнетит, что приводит к появлению тёмной, вплоть до чёрной, окраски (Lobo, 2017).

В исследованиях отмечается, что формирование окраски зависит не только от температуры, но и от продолжительности обжига, атмосферы печи, а также минералогического состава исходного сырья (Gebremariam et al., 2022). Кроме того, изменения цветовых характеристик могут рассматриваться в качестве хронологического индикатора, поскольку с течением времени наблюдались изменения в технологии приготовления красного ангоба и выборе сырьевых материалов (Dzhanfezova et al., 2025).

В красноангобированной керамике памятника Тепакурган также прослеживаются изменения цветовых показателей по хронологическим периодам. Достижение максимального значения параметра a во втором периоде (II–начало III в. н.э.) может быть связано с совершенствованием технологии производства красного ангоба. Данный период совпадает со временем усиления влияния Кушанской империи, расширения городов Ферганской долины и всестороннего развития ремесленного производства (Анарбаев, 2017).

В I–II вв. н.э. наряду с ростом численности населения возникали новые города, а гончарное производство достигло высокого уровня развития, сосуды покрывались высококачественным красным ангобом (Бернштам, 1951). Материалы красноангобированной керамики городища Ахсикент также подтверждают, что в этот период ангоб отличался насыщенным красным цветом и блестящей поверхностью (Анарбаев, 2013). Кроме того, отмечается, что анализ по системе CIELAB эффективен для выявления тонких различий в цветовых оттенках, которые могут быть связаны с региональными особенностями оксидов железа (McGrath et al., 2017). Оживление городской жизни и развитие торговых связей, вероятно, расширили доступ ремесленников к качественному сырью и создали предпосылки для совершенствования технологий керамического производства.

Заключение

В рамках настоящего исследования с помощью колориметра Linshang LS171 определены показатели цвета по системе CIELAB для 133 образцов красноангобированной керамики I–VI вв. н.э. из памятника Тепакурган и оценена их динамика по хронологическим периодам. Технология нанесения красного ангоба сохранялась на протяжении всех периодов, тогда как степень яркости и насыщенности окраски со временем менялась: наиболее интенсивное проявление красного цвета во втором периоде, по-видимому, связано с более эффективным контролем окислительной атмосферы печи при обжиге. Полученные данные подтверждают эффективность колориметрии CIELAB для количественной оценки цвета и выявления его хронологической динамики в керамике Центральной Азии. Дальнейшее уточнение этих результатов, в частности влияния состава сырья и технологии обжига, возможно с привлечением методов XRF, SEM и XRD.

ЛИТЕРАТУРА

Анарбаев А. А. (2013). *Ахсикет – столица древней Ферганы*. Ташкент: Tafakkur.

Анарбаев А. А. (2017). Древнеземледельческая культура Ферганы и динамика развития урбанизации. *История и археология Турана*, (3), 89–104.

Анарбаев А. А. (2023). *Ахсикент археология парки*. Тошкент: Fan.

Анарбаев А. А., Сайфуллаев Б. К., & Саидов М. М. (2014). *Археологические исследования в г. Коканде и его окрестностях* (отв. ред. А. Э. Бердимуродов). Самарканд.

Бернштам А. Н. (1951). *Древняя Фергана: научно-популярный очерк*. Ташкент: Изд-во АН УзССР.

Корженков А. М., Анарбаев А. А., Бекназаров Б., Насриддинов Ш., Пардаев М., Корженкова Л. А., & Андреева Н. В. (2023). Сейсмические деформации во дворце Худояр-хана, г. Коканд, Ферганская долина. *Геофизические процессы и биосфера*, 22(4), 81–97. https://doi.org/10.21455/GPB2023.4-8

Bratitsi M., Liritzis I., Vafiadou A., Xanthopoulou V., Palamara E., Iliopoulos I., & Zacharias N. (2018). Critical assessment of chromatic index in archaeological ceramics by Munsell and RGB: novel contribution to characterization and provenance studies. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 18(2), 175–212.

Choi H., Han M. S., Cho N. C., Hwang H., Sun G. M., & Uhm U. R. (2025). Reconstruction of firing environments using color. *Journal of Archaeological Science*, 183, 1–11.

Dzhanfezova T., Tzvetanova Y., & Bakamska A. (2025). Prehistoric colour palettes decoded by painted pottery analysis: the vivid past of the Early Neolithic Galabnik settlement mound

(southwestern Bulgaria) over time. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 63, Article 105088, 1–19.

García C. R., Bonilla V. V., Marín I. R., et al. (2016). A unique collection of Palaeolithic painted portable art: characterization of red and yellow pigments from the Parpalló Cave (Spain). *PLoS ONE*, 11(10), Article e0163565, 1–28.

Gebremariam A. Z., Davit P., Gulmini M., et al. (2022). The contribution of colour measurements to the archaeometric study of pottery assemblages from the archaeological site of Adulis, Eritrea. *Acta IMEKO*, 11(1), Article 17, 1–8.

Jumaniyazov M., Masharipova S., Bekchanov B., Masharipova Z., & Kudiyarova K. (2025). Obtaining the composition of ceramic bricks based on the color characteristics of the original sample. *AIP Conference Proceedings*, 3304, 1–8. https://doi.org/10.1063/5.0269042

Lobo C. (2017). Ceramic colour. In A. M. W. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (pp. 537–552). Oxford: Oxford University Press.

McGrath J. R., Beck M., & Hill M. E. Jr. (2017). Replicating red: analysis of ceramic slip colour with CIELAB colour data. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 432–438.

Munsell A. H. (1915). *Atlas of the Munsell Color System*. Boston: Wadsworth-Howland & Company.

Orton C., & Hughes M. (2013). *Pottery in archaeology* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Ruck L., & Brown C. T. (2015). Quantitative analysis of Munsell color data from archaeological ceramics. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 3, 550–556.

Shao J., Li L., Jiang Y., Liu X., & Yang H. (2024). Quantitative analysis methods for evaluating colour on architectural heritage: survey of colour restoration and perception of the Wen Yuan Ge in the Forbidden City. *Heritage Science*, 12, Article 124, 1–18. https://doi.org/10.1186/s40494-024-01218-0

Shepard A. O. (1956). *Ceramics for the archaeologist*. Washington: Carnegie Institution of Washington.

Sirisathitkul Y., Dinmeung N., Noonsuk W., et al. (2025). Accuracy and precision of smartphone colorimetry: a comparative analysis in RGB, HSV, and CIELAB color spaces for archaeological research. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 11(1), 1–11.

REFERENCES

Anarbaev A. A. (2013). *Akhsiket – stolitsa drevnei Fergany* [Akhsiket – The Capital of Ancient Fergana]. Tashkent: Tafakkur. (In Russian).

Anarbaev A. A. (2017). Drevnezemledelcheskaia kultura Fergany i dinamika razvitiia urbanizatsii [Ancient Agricultural Culture of Fergana and the Dynamics of Urbanization Development]. *Istoriia i arkheologiia Turana* [History and Archaeology of Turan], (3), 89–104. (In Russian).

Anarbaev A. A. (2023). *Akhsikent arkheologiia parki* [Akhsikent Archaeological Park]. Tashkent: Fan. (In Uzbek).

Anarbaev A. A., Saifullaev B. K., & Saidov M. M. (2014). *Arkheologicheskie issledovaniia v g. Kokande i ego okrestnostiakh* [Archaeological Research in Kokand and Its Surroundings] (A. E. Berdimurodov, Ed.). Samarkand. (In Russian).

Bernshtam A. N. (1951). *Drevniaia Fergana: nauchno-populiarnyi ocherk* [Ancient Fergana: A Popular Science Essay]. Tashkent: Publishing House of the UzSSR Academy of Sciences. (In Russian).

Bratitsi M., Liritzis I., Vafiadou A., Xanthopoulou V., Palamara E., Iliopoulos I., & Zacharias N. (2018). Critical assessment of chromatic index in archaeological ceramics by Munsell and RGB: novel contribution to characterization and provenance studies. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 18(2), 175–212.

Choi H., Han M. S., Cho N. C., Hwang H., Sun G. M., & Uhm U. R. (2025). Reconstruction of firing environments using color. *Journal of Archaeological Science*, 183, 1–11.

Dzhanfezova T., Tzvetanova Y., & Bakamska A. (2025). Prehistoric colour palettes decoded by painted pottery analysis: the vivid past of the Early Neolithic Galabnik settlement mound (southwestern Bulgaria) over time. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 63, Article 105088, 1–19.

García C. R., Bonilla V. V., Marín I. R., et al. (2016). A unique collection of Palaeolithic painted portable art: characterization of red and yellow pigments from the Parpalló Cave (Spain). *PLoS ONE*, 11(10), Article e0163565, 1–28.

Gebremariam A. Z., Davit P., Gulmini M., et al. (2022). The contribution of colour measurements to the archaeometric study of pottery assemblages from the archaeological site of Adulis, Eritrea. *Acta IMEKO*, 11(1), Article 17, 1–8.

Jumaniyazov M., Masharipova S., Bekchanov B., Masharipova Z., & Kudiyarova K. (2025). Obtaining the composition of ceramic bricks based on the color characteristics of the original sample. *AIP Conference Proceedings*, 3304, 1–8. https://doi.org/10.1063/5.0269042

Korzhenkov A. M., Anarbaev A. A., Beknazarov B., Nasriddinov Sh., Pardaev M., Korzhenkova L. A., & Andreeva N. V. (2023). Seismicheskie deformatsii vo dvortse Khudoiar-khana, g. Kokand, Ferganskaia dolina [Seismic Deformations in the Palace of Khudoyar Khan, Kokand, Fergana Valley]. *Geofizicheskie protsessy i biosfera* [Geophysical Processes and Biosphere], 22(4), 81–97. https://doi.org/10.21455/GPB2023.4-8 (In Russian).

Lobo C. (2017). Ceramic colour. In A. M. W. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (pp. 537–552). Oxford: Oxford University Press.

McGrath J. R., Beck M., & Hill M. E. Jr. (2017). Replicating red: analysis of ceramic slip colour with CIELAB colour data. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 432–438.

Munsell A. H. (1915). *Atlas of the Munsell Color System*. Boston: Wadsworth-Howland & Company.

Orton C., & Hughes M. (2013). *Pottery in archaeology* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Ruck L., & Brown C. T. (2015). Quantitative analysis of Munsell color data from archaeological ceramics. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 3, 550–556.

Shao J., Li L., Jiang Y., Liu X., & Yang H. (2024). Quantitative analysis methods for evaluating colour on architectural heritage: survey of colour restoration and perception of the Wen Yuan Ge in the Forbidden City. *Heritage Science*, 12, Article 124, 1–18. https://doi.org/10.1186/s40494-024-01218-0

Shepard A. O. (1956). *Ceramics for the archaeologist*. Washington: Carnegie Institution of Washington.

Sirisathitkul Y., Dinmeung N., Noonsuk W., et al. (2025). Accuracy and precision of smartphone colorimetry: a comparative analysis in RGB, HSV, and CIELAB color spaces for archaeological research. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 11(1), 1–11.

Авторлар туралы мәліметтер:

Приниязов Жеткербай Адилбаевич *- кіші ғылыми қызметкер. Өзбекстан Республикасы Ғылым академиясының Антропология институты,* ***jetkerpriniyazov@gmail.com***

Сведения об авторах:

Приниязов Жеткербай Адилбаевич - младший научный сотрудник. Институт антропологии Академии наук Республики Узбекистан, jetkerpriniyazov@gmail.com

Information about the Authors:

Priniyazov Zhetkerbay Adilbaevich *- Junior Researcher. Institute of Anthropology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, jetkerpriniyazov@gmail.com*