



TYPES AND PRODUCTION CHARACTERISTICS OF CERAMIC VESSELS, CHEMICAL ANALYSIS OF THE COMPONENTS

Fakhriddin Abdumukhtorovich Rakibov

Senior Lecturer, Central Asian Medical University.

e.mail: faxriddinraqibov@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-4017-4838>

Bekmirzaeva Khursanoy Adhamjon kizi

Student at the Central Asian Medical University.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18698831>

ARTICLE INFO

Received: 12th February 2026

Accepted: 18th February 2026

Online: 19th February 2026

KEYWORDS

Ceramic vessels; household ceramics; kaolin; clay; oxide composition; XRF; ISP-MS; SEM-EDS; XRD; porosity; flexural strength; thermal shock; lead and cadmium migration; ISO 6486-1.

ABSTRACT

This article systematizes the types of household ceramic vessels (hollow and flat objects, functional vessels) in the conditions of Uzbekistan and analyzes their production characteristics - raw material base, molding/shaping, drying and firing modes, porosity, mechanical parameters, heat resistance and model cost - in comparison with international practice. Also, the risk of Pb/Cd (and possibly Co) migration from glazes and decorations in contact with food, regulatory approaches to control and laboratory protocols are described. The statistical block was performed with modeled data based on transparent assumptions for 30 samples (20 Uzbek, 10 international) in order to demonstrate the methodology, due to the limited availability of a complete experimental dataset in open sources; the figures are interpreted as "demonstration of the analytical approach", and not as "industry statistics".

ТИПЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ СОСУДОВ, ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПОНЕНТОВ

Ракибов Фахриддин Абдумухторович

Старший преподаватель Центрально-Азиатского медицинского университета.

e.mail: faxriddinraqibov@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-4017-4838>

Бекмирзаева Хурсаной Адхамдjon кизи

Студентка Центральноазиатского медицинского университета.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18698831>

ARTICLE INFO

Received: 12th February 2026

Accepted: 18th February 2026

Online: 19th February 2026

ABSTRACT

В данной статье систематизируются типы бытовой керамической посуды (полые и плоские предметы, функциональная посуда) в условиях Узбекистана и анализируются характеристики ее производства – сырьевая база, формование/придание формы, режимы сушки и



KEYWORDS

Керамическая посуда; бытовая керамика; каолин; глина; оксидный состав; XRF; ISP-MS; SEM-EDS; XRD; пористость; прочность на изгиб; термический удар; миграция свинца и кадмия; ISO 6486-1.

обжиг, пористость, механические параметры, термостойкость и стоимость модели – в сравнении с международной практикой. Также описывается риск миграции Pb/Cd (и, возможно, Co) из глазурей и декоративных элементов при контакте с пищевыми продуктами, нормативные подходы к контролю и лабораторные протоколы. Статистический анализ проводился с использованием модельных данных, основанных на прозрачных предположениях, для 30 образцов (20 узбекских, 10 международных) с целью демонстрации методологии, в связи с ограниченной доступностью полного экспериментального набора данных в открытых источниках; данные интерпретируются как «демонстрация аналитического подхода», а не как «отраслевая статистика».

СОПОЛ ИДИШЛАРИНИНГ ТУРЛАРИ ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ХУСУСИЯТЛАРИ, ТАРКИБИЙ ҚИСМЛАРИНИНГ КИМӨВИЙ ТАҲЛИЛИ

Рақибов Фахриддин Абдумухторович

"Central Asian Medical University" катта ўқитувчиси.

e.mail: faxriddinraqibov@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-4017-4838>

Бекмирзаева Хурсаной Адхамжон қизи

"Central Asian Medical University" талабаси.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18698831>

ARTICLE INFO

Received: 12th February 2026

Accepted: 18th February 2026

Online: 19th February 2026

KEYWORDS

Керамик идишлар; хўжалик сопол; каолин; гил; оксид таркиби; XRF; ISP-MS; SEM-EDS; XRD; ғоваклилик; эгилишдаги мустаҳкамлик; термошок; кўрғошин ва кадмий миграцияси; ISO 6486-1.

ABSTRACT

Ушбу мақолада Ўзбекистон шароитида хўжалик сопол (керамик) идишлари турлари (ичи бўш ва ясси буюмлар, функционал идишлар) тизимлаштирилди ҳамда уларнинг ишлаб чиқариш хусусиятлари - хомашё базаси, қолиплаш/шакллантириш, қуритиш ва куйдириш режимлари, ғоваклилик, механик кўрсаткичлар, иссиқликка чидамлик ва модель таннари - халқаро амалиёт билан қиёсий таҳлил қилинди. Шунингдек, озиқ-овқат билан контактда бўладиган сир ва безаклардан Pb/Cd (ҳамда эҳтимолий Co) миграцияси хавфи, назоратнинг меъёрий ёндашувлари ва лаборатория протоколлари баён этилди. Статистик блок очиқ манбаларда тўлиқ экспериментал датасет чеклангани сабабли методикани кўрсатиш мақсадида 30 та намуна (20 та Ўзбекистон, 10 та



халқаро) бўйича шаффоф фаразлар асосида моделлаштирилган маълумотлар билан бажарилди; рақамлар "тармоқ статистикаси" эмас, балки "аналитик ёндашув намойиши" сифатида талқин қилинади.

Мавзунинг долзарблиги. 2015-2025 йилларда керамик идишлар бозорида долзарблик уч омил кесимида кучайди:

- Озиқ-овқат билан контакт материаллари хавфсизлиги: сир ва декорларда Pb/Cd мавжуд бўлиши ва уларнинг овқатга ўтиши ("element release") масаласи регуляторлар диққат марказида қолмоқда. ISO 6486-1:2019 стандарти керамика ва шунга ўхшаш идишлардан Pb/Cd ажралиб чиқишини синаш усулини стандартлаштиради.

- Энергия ва углерод изи: куйдириш/қуритиш энг катта энергия талаб қиладиган босқич бўлиб, 2020 йилларда саноатни декарбонизация қилиш ва энергия самарадорлиги алоҳида "рақобат омили"га айланди.

- Ўзбекистон учун "хомашё → қўшимча қиймат": мамлакатда гил/каолин ресурслари мавжудлиги, уларнинг оксид-минералогик таркибини бошқариш орқали сифатли ва экспортга мос маҳсулот улушини ошириш имконини беради.

Тадқиқотнинг мақсади. Ушбу ишнинг асосий мақсади 2015-2025 йиллардаги манбаларга асосланган, керамик идишлар турлари ва уларнинг ишлаб чиқариш хусусиятларини тавсифловчи аналитик қатъий шарҳ-моделини

ишлаб чиқиш, шунингдек асосий оксидларнинг кимёвий таркибини муҳим эксплуатацион кўрсаткичлар (ғоваклик, эгилишдаги мустаҳкамлик, иссиққа чидамлик) ва хавфсизлик хатарлари (заҳарли металлларнинг кўчиши) билан боғлаш, Ўзбекистонга алоҳида эътибор қаратган ҳолда халқаро амалиёт билан таққослашдир . [1]

Материаллар ва усуллар.

Сифат ва хавфсизликни назорат қилишнинг меъёрий-услубий асослари: санитария хавфсизлиги ва синовларнинг таққосланишини баҳолашда озиқ-овқат билан алоқада бўладиган керамикадан Pb/Cd ажралишини синовдан ўтказишга оид халқаро ёндашувлар муҳим ўрин тутди. ISO 6486-1:2019 стандарти керамика ва шиша-керамика идишларидан кўрғошин ва кадмийнинг ажралиб чиқишини аниқлаш учун синов усулини белгилайди. Унинг кириш қисмида синов усули танлаб эритиш жараёни ва таҳлилий усулни ўз ичига олиши таъкидланади. Бунда ICP-MS асосий таҳлилий усул сифатида кўрсатилган (FAAS/ICP-OES каби муқобил усуллар ҳам қўлланилиши мумкин). Шунингдек, қайта ишлатиладиган маҳсулотлар учун учта кетма-кет экстракция амалиёти қўлланилиши қайд этилган. [1]



Хавф-хатарга йўналтирилган тартибга солиш нуқтаи назаридан BfR (Opinion No. 43/2020) муҳим аҳамиятга эга: унда Cd ва Pb учун ҳисобланган "мақбул сирт-меъёрланган чиқиндилар" Европа Иттифоқининг керамика бўйича амалдаги директива чегараларидан 70 ва 400 бараваргача паст бўлиши мумкинлиги таъкидланади. Шунингдек, тартибга солишни ҳеч бўлмаганда кобальтга кенгайтириш ва синовларнинг янада "амалий" шартларини қўллаш (иситиш, микротўлқинлар, кўп йиллик фойдаланиш ва бошқаларни ҳисобга олиш) таклиф этилади. [2]

Сирланган керамик юзалардан Pb/Cd ни ажратиб олишни синаш учун ASTM C738 стандарти процессуал кўрсатма сифатида қўлланилиши мумкин (унда сирка кислотаси билан экстракциялаш ва металлларни ўлчашга эътибор қаратилган). [3]

Зич монолит керамикларнинг эгилишдаги мустаҳкамлигини ўлчаш учун ISO 14704:2016 каби стандартлаштирилган усуллар қўлланилади. [4]

Керамикадаги ғоваклик, сув шимувчанлик ва туюлма зичликни аниқлаш учун ASTM C373 оиласига мансуб стандартлаштирилган усуллар кенг қўлланилади. [5]

Ўзбекистон шароитида Ўз ДСт 552:2013 "Керамика буюмлари. Умумий техник шартлар" давлат стандарти мавжудлигини таъкидлаш муҳим (2015 йилгача бўлган ҳужжат; амалдаги меъёрий асос сифатида келтирилган ва 2019-2025 йиллар талабларини ҳисобга олган ҳолда янгилаш учун потенциал база бўлиб

хизмат қилиши мумкин). Государственный стандарт Узбекистана [6]

Тадқиқот объекти. Ҳисоботда "сопол идиш" атамаси остида лой массалардан ясалган ва пиширилган, шунингдек сир/безак қопланган бўлиши мумкин бўлган, идиш/контейнер/қозон вазифасини бажарувчи буюмлар (ковак ва ясси буюмлар) тушунилади. Типологик жиҳатдан саноат аҳамиятига эга учта синф ажратилган:

Кулолчилик/қизил куйдирилган паст ҳароратли сопол (earthenware) - нисбатан юқори очиқ ғовакликка, пастроқ мустаҳкамликка ва камроқ зичликка эга; озиқ-овқат билан алоқада бўлганда сир сифатига таъсирчан [2]

Тош керамика (stoneware) - юқорироқ пишиш даражаси ва камроқ ғовакликка эга бўлиб, фойдаланишда барқарорроқ ҳисобланади; кўпинча куйдириш жараёнлари ва нуқсонларни янада қатъийроқ назорат қилишни талаб этади. [7]

Чинни/юқори зичликдаги сопол (порселаин) - ғоваклиги паст, механик кўрсаткичлари юқорироқ; хомашёни тозалашга ва фаза ҳосил бўлишини назорат қилишга бўлган талаблар янада юқори [4]

Хомашёнинг ўзбекча хусусиятлари Қорақалпоғистон каолинлари ва гиллари ҳақидаги нашрлар ҳамда Термиз бўйича археометрик маълумотлар асосида таҳлил қилинади. Бу таҳлил оҳакли гилларнинг минтақавий геокимёвий таркиби ва уларни куйдириш ҳароратларининг "кесими" сифатида кўриб чиқилади. [8]



Кимёвий таҳлил ва минералогик тасдиқлаш баённомалари. XRF (рентгенофлуоресцент таҳлил) асосий оксидларнинг (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O , MgO , TiO_2) масса улушларини аниқлаш учун асосий усул сифатида тавсия этилади. Бунда прессланган таблетка ёки матрица таъсирини камайтириш мақсадида аниқроқ "эритма-таблетка" (fused bead) ёндашувидан фойдаланилади. Намунани тайёрлашнинг амалий такрорланадиган мисоли қуйидагича: 1 грамм майдаланган кукун тахминан 8 грамм литий-борат флюси билан аралаштирилади ва эритиш тизимида (ўн дақиқалар давомида) эритилади, сўнгра оксид таркиби ўлчанади. [14]

ICP-MS / ICP-OES (а) из элементлари ва аралашмаларни (жумладан Pb, Cd ва бошқаларни) аниқлаш, (б) миграция синовларини назорат қилиш (эритма-экстракт таҳлили) учун қўлланилади. Хомашё/сопол парчаларини тўлиқ таҳлил қилишда силикат матрицани парчалаш учун HF иштирокидаги кислотали аралашмалар қўлланилади (масалан: HNO_3 : HClO_4 :HF, кейинчалик 1% ли HNO_3 гача етказилади). Бунда хавфсизлик чораларига ва ифлосланишни назорат қилиш талабларига қатъий риоя қилиш шарт. [14]

SEM-EDS микроструктуравий диагностика (ғоваклар/ёриқлар/қўшилмалар), сир/сопол таркибида элементларнинг тақсимланишини баҳолаш, кўрғошин таркибли фазаларнинг маҳаллий тўпланишларини аниқлаш ва бошқа мақсадлар учун тавсия этилади. XRD

эса фазавий таҳлил (кварц, каолинит/муллит, дала шпатлари, кальцит/диопсид/геленит ва бошқалар) ҳамда куйдиришдаги фазавий ўзгаришларни баҳолаш учун қўлланилади. Қорақалпоғистон каолинлари учун XRD - идентификациянинг минтақавий мисоллари (каолинит, кварц, дала шпатлари ва бошқалар) келтирилган. [8]

Маълумотлар тўпламини моделлаштириш ва статистик усуллар. Моделлаштирилган маълумотлар тўплами 30 та намуна ўз ичига олади: 20 та "Ўзбекистон" ва 10 та "Халқаро", уч турдаги (сопол/тош сопол/чинни). Ҳар бир намуна учун қуйидагилар яратилди: оксидларнинг масса улуши (8 та асосий), "Other/LOI" 100% гача қолдиқ сифатида, очиқ ғоваклик, эгилишдаги мустаҳкамлик, иссиқликка чидамлик (кўрсаткич сифатида термик зарба циклари) ва модель таннари (USD/кг). Генерация белгиланган тасодифийлик уруғи (seed=20260211) ва физик асосланган боғланишлар (хусусан, мустаҳкамликнинг ғовакликка тескари боғлиқлиги) билан кесилган нормал тақсимотлар усули орқали амалга оширилди.

Статистика: тавсифий статистика (ўртача қиймат, стандарт оғиш mean, SD), гуруҳлар ўртасидаги ўртача қийматларни таққослаш (Уэлч t-тести), Пирсон корреляциялари, "мустаҳкамлик-ғоваклик" чизиқли регрессияси. Натижалар корхона/лабораториянинг ҳақиқий маълумотларида кейинчалик



тасдиқлаш учун статистик ёндашувни кўрсатиш мақсадида тақдим этилган.

Муҳокама ва натижалар. Ўзбекистоннинг хомашё контексти ва технологик натижалари. Қорақалпоғистоннинг каолин ва гил хомашёси ҳақидаги нашрлар шуни кўрсатадики, минтақавий хомашё материалларига ишқорий ва ишқорий-ер оксидларининг ўлчанадиган диапазонлари (масалан, Na_2O ва K_2O ; CaO ва MgO) хос бўлиб, шунингдек, каолинит билан бир қаторда кварц ва дала шпати минераллари ҳам мавжуд (XRD таҳлили бўйича). Технологик нуқтаи назардан, бу қуйидагиларни талаб этади: барқарор пиширишни таъминлаш учун флюс таркибий қисмини ($Na_2O+K_2O+CaO+MgO$) бошқариш; темир таркибли фазаларни назорат қилиш (ранг/нуқсонлар/реакция қобиляти); куйдириш режимини хомашё партиясининг минералогик хусусиятларига мослаштириш. [8]

Термиз бўйича археометрик маълумотлар шуни кўрсатадики, маҳаллий гиллар оҳакли бўлиши мумкин (буюмлар ва хом ашё таркибидаги CaO айрим гуруҳлар учун 8-16 фоиз атрофида) ва олинадиган сопол буюмлар учун пишириш ҳарорати тахминан 800-1000/1100 °C

оралиғида бўлган. Гарчи бу тарихий материал бўлса-да, у "геокимёвий кўрсатма" сифатида муҳим аҳамиятга эга: карбонатлар ва кальцийга бой фазаларнинг мавжудлиги декарбонизация ва кальций силикатларнинг ҳосил бўлишини назорат қилишни, шунингдек, ғоваклик ва нуқсонларни камайтириш мақсадида қиздириш пайтида газ ажралишини бошқаришни талаб этади. [9]

Керамик идиш турларини ишлаб чиқариш хусусиятларига кўра таққослаш. Қуйидаги жадвалда керамик идиш турлари ((earthenware/stoneware/porcelain) ва асосий ишлаб чиқариш кўрсаткичлари умумлаштирилган. Ғоваклик, мустаҳкамлик, иссиққа чидамлик ва таннарх бўйича сонли оралиқлар моделлаштирилган маълумотлар тўпламидан (30 та намуна) олинган бўлиб, кейинчалик корхоналар ва лабораторияларнинг ҳақиқий маълумотлари билан тўлдириш учун андоза вазифасини ўтайди. Технологик жиҳатлар ва энергетик "тор жойлар" печларнинг юқори энергия сарфи ҳамда энергия самарадорлигининг таннархга таъсирини кўрсатувчи саноат манбаларига мос келади. [10]

1-жадвал

Керамик идиш турлари ва ишлаб чиқариш хусусиятларини таққослаш (модель: 30 та намуна)

Гуруҳ	Тур	Со ни	Пишири ш ҳарорати , °C (одатда)	Очиқ ғоваклик , % (мин-макс)	Эгилишд аги мустаҳқа млик, МПа	Иссиқлик ка чидамлик, цикл (мин-макс)	Таннар х, УСД/кг (мин-макс)	Асосий технологик хавфлар
-------	-----	-------	---------------------------------	------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------	---------------------------



					(мин-макс)			
Ўзбекистон	Сопол	9	1050	9,52-22,83	11,28-41,30	3,85-14,90	0,96-1,83	юқори ғоваклик; қуритиш ва сир бериш режимларига таъсирчанлик; паст сифатли сир туфайли нуқсонлар ва металлларнинг кўчиш хавфи юқори
Ўзбекистон	Тошсолол	7	1220	3,72-5,96	73,37-92,92	28,31-48,59	1,84-2,83	пишириш/деформация мувозанати; флюслар таркибининг барқарорлиги; энергия беқарорлиги туфайли пишириш нуқсонлари
Ўзбекистон	Чинни	4	1320	0,45-1,95	95,82-128,66	48,43-60,74	2,80-3,58	хомашё тозаллиги ва фазавий назоратга талаблар; печларнинг энергия сарфи
Халқаро	Сопол	2	1050	12,60-16,12	33,23-37,47	10,26-13,73	1,45-1,79	худди шундай кўчиш хавфлари; Pb/Cd учун стандарт синовларнинг аҳамияти
Халқаро	Тошсолол	4	1220	1,53-4,57	90,20-106,19	32,00-50,54	2,10-2,85	печларнинг энергия самардорлиги ва партиялар сифатининг барқарорлиги
Халқаро	Чинни	4	1320	0,76-1,46	103,43-114,28	45,74-77,54	2,19-3,75	пишириш ва микронуқсонларни назорат қилишга юқори талаблар

Асосий оксидларнинг кимёвий таркиби ва талқини. Қуйида икки гуруҳ учун 8 та асосий оксиднинг ўртача қийматлари ($\pm CD$) келтирилган. Талқинда қуйидагиларни фарқлаш муҳим: (а) Ўзбекистоннинг ҳақиқий хомашё "фони", бу ерда муайян ҳудудларда $Na_2O/K_2O/CaO/MgO$ оралиқлар ва

каолинит-кварц-дала шпатлари минералогияси кузатилади; (б) модель намоиши, бунда кўпроқ "пишириладиган" ва камроқ тозаланган массалар статистик жиҳатдан кўпинча юқори Fe_2O_3 ва флюслар йиғиндисига эга эканлиги назарда тутилган.



2-жадвал

Кимёвий таркиб (масса %) - ўртача ± CD (модель: 20 та ўзбек ва 10 та халқаро намуна)

Гуруҳ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	TiO ₂
Ўзбекистон	63,87 ± 4,18	18,99 ± 2,18	2,84 ± 1,61	3,13 ± 1,99	3,02 ± 0,45	1,72 ± 0,43	1,45 ± 0,72	0,73 ± 0,30
Халқаро	67,39 ± 3,54	21,25 ± 2,06	1,13 ± 1,22	1,71 ± 1,95	2,82 ± 0,27	2,02 ± 0,45	0,77 ± 0,50	0,55 ± 0,29

Ўзбекистон саноат амалиёти учун кимёвий-технологик талқин қуйидагича: Fe₂O₃ ва CaO миқдорининг ортиши (темир ва карбонат мавжудлигининг кўрсаткичлари сифатида) қуйидагилар билан потентсиал боғлиқликка эга: ранг ва нуқсонлар, қиздириш вақтида газ ажралиши (карбонатлар мавжуд бўлганда), пишиш оралиғи ва суюқ фазанинг қовушқоқлигининг ўзгариши. Булар ғоваклик ва механик хусусиятларга тўғридан-тўғри таъсир кўрсатади. Бу компонентларни аниқлаш ва барқарорлаштириш учун партияларни мунтазам равишда XRF-аттестациядан ўтказиш ҳамда шихтани (каолин/кварц/дала шпати

нисбати, шамот қўшимчалари ва бошқалар) тузатиш талаб этилади. [8]

Моделлаштирган

маълумотлар асосидаги статистик таҳлил. Қуйида асосий статистик натижалар келтирилган. Шунинг таъкидлаш лозимки, сонли п-қийматлар моделлаштирган маълумотларга тааллуқли бўлиб, статистик воситаларни кўрсатиш мақсадида хизмат қилади. Журналда чоп этиш учун модель маълумотларини стандарт ёки тасдиқланган тартиб-қоидалар (ISO/ASTM) бўйича ўлчанган ва тўғри намуна режаси асосида олинган тажриба натижалари билан алмаштириш талаб этилади. [1]

3-жадвал

Гуруҳлар ўртасидаги ўртача қийматларни (Уэлчнинг t-тести) таққослаш

Кўрсаткич	Uzbekistan (mean ± SD)	International (mean ± SD)	t	p
Очиқ ғоваклик, %	9.93 ± 7.70	4.44 ± 5.40	2.26	0.033
Эгилишдаги мустаҳкамлик, МПа	65,19 ± 39,62	89,08 ± 29,28	-1,86	0,075
Иссиқликка чидамлик, цикл	26.95 ± 19.50	41.76 ± 19.58	-1.96	0.066
Таннарх, USD/kg (модель)	2.02 ± 0.81	2.61 ± 0.72	-2.02	0.057
SiO ₂ , макс. %	63,87 ± 4,18	67,39 ± 3,54	-2,42	0,025
Al ₂ O ₃ , макс. %	18,99 ± 2,18	21,25 ± 2,06	-2,77	0,012
Fe ₂ O ₃ , макс. %	2,84 ± 1,61	1,13 ± 1,22	3,24	0,0036



CaO, макс. %	3.13 ± 1.99	1.71 ± 1.95	1.87	0.078
--------------	-------------	-------------	------	-------

Модель доирасида кутилган манзара кузатилади: "ўзбек" гуруҳининг ўртача ғоваклиги юқорироқ бўлгани сабабли, уларнинг ўртача мустаҳкамлиги ва иссиқликка чидамлилиги пастроқ. Бунда оксид таркибидаги (Fe₂O₃, CaO) фарқлар ўзгарувчанликнинг бир қисмини

тушунтирувчи белгилар вазифасини бажаради (пишиш ва нуқсонларга таъсири орқали). Аслида, бу боғлиқликлар маҳсулот тури, куйдириш тартиби ва сир қопламасини назорат қилган ҳолда тажрибада тасдиқланиши лозим. [14]

4-жадвал

Асосий корреляциялар (Pirson, барча 30 та намуна; модель)

Боғланиш	р	Р (расмий)	Ишлаб чиқариш учун талқин
Ғоваклик ↔ мустаҳкамлик	-0.958	<1e-15	очиқ ғовакликни камайтириш - мустаҳкамликни ошириш ва нуқсонларни камайтиришнинг асосий омили
Ғоваклик ↔ иссиқликка чидамлик	-0.903	~8.5e-12	модель тахминларига кўра, зичроқ тузилма циклларга яхшироқ бардош беради
Fe ₂ O ₃ ↔ мустаҳкамлик	-0.893	~3.2e-11	моделда темир миқдорининг юқори бўлиши кўпроқ ғовакли/камроқ мустаҳкам керамика билан боғлиқ
Σфлюслар (CaO+K ₂ O+Na ₂ O+MgO) ↔ ғоваклик	+0.824	~2.2e-08	режимларни назорат қилмасдан ортиқча флюслар пишириш барқарорлигини бузиши ва нуқсонларни кўпайтириши мумкин
Таннарх ↔ мустаҳкамлик	+0.869	~4.7e-10	"Қимматроқ" режимлар/хомашё кўпинча юқори хусусиятларни таъминлайди (лекин мувозанат зарур)

Халқаро сертификатлаш ва талабчан бозорларга кириш учун гламур ва нақшлардан заҳарли металлларнинг кўчиши асосий хавф бўлиб қолмоқда. ISO 6486-1:2019 стандарти Pb/Cd ни ажратиб олиш синов усулини тавсифлайди, бунда ИСП-МС ни эталон усул сифатида қўллашни ва савдодаги "нотариф

тўсиқлар"ни бартараф этиш учун келишилган халқаро тартиб-қоидалар зарурлигини таъкидлайди. [1]

Эмпирик тадқиқотлар миграциянинг ўзгарувчанлигини ва "чет зона" хусусиятларини кўрсатмоқда. Очиқ тадқиқотда аниқланишича, кадмий ва



кўрғошиннинг 4% ли сирка кислотасига ўтиши кружкаларнинг ташқи чет қисмидан, айниқса декоратив устки қопламали бўлса, сезиларли даражада юқори бўлиши мумкин. Бунда 24 соатдан сўнг диффузия кўчиш коэффициентлари ва концентратсиялар жуда кенг доирада ўзгариши кузатилган. [11]

Ишлаб чиқариш назоратининг амалий жиҳати Vulut ва бошқаларнинг (2021) тадқиқотида яққол кўрсатилган: бозордаги 96 та маҳсулот синовдан ўтказилганда, миграциянинг белгиланган шартлари ва ICP-MS усули қўлланилган. Муаллифлар танлаш ва партиянинг бир хил эмаслигининг (танловнинг баҳоланган нисбий ноаниқлиги) аҳамиятини алоҳида таъкидлайдилар ҳамда миграция назорати учун партиядан камида тўртта маҳсулотни танлаб олишни тавсия этадилар. [12]

Клиник ҳолатлар шуни кўрсатмоқдаки, глаzur таркибидаги кўрғошиннинг юқори миқдори (айрим ҳолатларда масса бўйича ўн фоизларгача) истеъмолчилар саломатлигига ҳақиқий таъсир кўрсатиши мумкин. Бу эса назоратнинг "санитария" қисмини факультатив эмас, балки ҳал қилувчи аҳамиятга эга эканлигини тасдиқлайди. [13]

Ўзбекистон саноати учун тавсиялар. Тавсиялар мамлакатнинг хомашё базаси ва энергия самарадорлиги бўйича жаҳон тажрибасини инобатга олган ҳолда керамик идишлар ишлаб чиқарувчи корхоналар учун технологик "йўл харитаси" сифатида ишлаб чиқилган.

Биринчидан, хомашёни бошқаришни жараён сифатида тизимлаштириш лозим: гил ва каолин партияларини асосий оксидлар ва "суюқланиш индекси" ($\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$) бўйича мунтазам XRF-сертификатлаш, XRD усули орқали фазавий назорат (кварц/каолинит/дала шпатлари/карбонатлар), шунингдек, "муаммоли партиялар" учун SEM-EDS усули ёрдамида нуқсон ва қўшимчаларни аниқлаш. Қорақалпоғистон хомашёси бўйича минтақавий маълумотлар ишқорлар ва ишқорий-ер оксидларини куйдиришга таъсир этувчи омиллар сифатида кузатиш зарурлигини кўрсатмоқда. [8]

Иккинчидан, ғовакликни назорат қилишни сифатнинг асосий кўрсаткичи сифатида қайта белгилаш лозим. Модель қисмида ғоваклик мустаҳкамлик ва иссиққа чидамлилиқнинг асосий белгиловчиси ҳисобланади. Технологик жиҳатдан бунга қуйидагилар орқали эришилади: масса гранулометрияси ва намлигини оптималлаштириш, градиентларни бартараф этиш учун бир текис қуритиш, тўғри пишириш профилини қўллаш ҳамда газ ажралишини назорат қилиш (айниқса, хомашё карбонатли бўлган ҳолларда, бу геохимёвий маълумотларга кўра Ўзбекистоннинг бир қатор худудлари учун долзарбдир). [9]

Учинчидан, печь ва қуритгичларнинг энергия самарадорлигини рақобатбардошлиқ манбаи сифатида эътиборга олиш лозим. Соҳа ҳисоботлари керамика



ишлаб чиқариш юқори энергия сарфини талаб қилишини ва печлар асосий энергия истеъмолчиси эканлигини кўрсатмоқда. Амалий чора-тадбирлар, жумладан деворларни изоляция қилиш, йўқотишларни камайтириш, ортиқча ҳавони бошқариш, енгил печь жиҳозлари ва вагончалардан фойдаланиш ҳамда иссиқликни қайта ишлатиш сезиларли самара беради. Бу фикрлар керамика энергия самарадорлиги бўйича умумий маълумотларда ҳам, батафсил энергия аудитларида ҳам ўз тасдиғини топган. Бундай аудитларда печлар ишлаб чиқариш участкаси энергия истеъмолининг 80 фоиздан ортиғини ташкил этиши аниқланган. [7]

Тўртинчидан, ISO 6486-1:2019 (синов усули) ва БФРнинг хавф-хатарга йўналтирилган тавсияларига асосланиб, Pb/Cd (ва эҳтимол Co) миграциясини назорат қилишни сифат тизимига киритиш лозим. Бу тавсиялар чекловларни кучайтириш ва назорат қилинадиган металллар рўйхатини кенгайтириш имкониятини кўзда тутди. Амалда бу қуйидагиларни англатади: ҳар бир сир ва безак партиясининг намунавий миграция синовларини ўтказиш; идиш четлари ва безак қисмларини алоҳида назорат қилиш; статистик жиҳатдан тўғри танлов режасини қўллаш (ҳар партиядан камида бир нечта маҳсулотни текшириш). Бу ёндашув Vulut ва бошқаларнинг хулосаларига мос келади. [1]

Бешинчидан, миллий талабларни халқаро талаблар билан уйғунлаштириш зарур: амалдаги О'з

ДСт 552:2013 ўзбек стандартини (асосий ҳужжат сифатида) янгилаш ёки тўлдириш мақсадга мувофиқ, Бунинг учун миграцияни назорат қилишнинг ISO усуллари ва замонавий мустақкамлик ҳамда ғовакликни синаш протоколларига ҳаволалар киритиш лозим. Бу экспорт бозорларидаги тўсиқларни камайтириш ва лаборатория натижаларининг таққосланувчанлигини таъминлашга хизмат қилади. [6]

Хулоса. Ўзбекистон учун керамик идишлар "ишлаб чиқарилган" ҳолатдан "бошқариладиган хусусиятлар ва хавфсизлик билан ишлаб чиқарилган" ҳолатга ўтиш шарти билан истиқболли йўналиш ҳисобланади. Хомашё базаси бўйича манбалар Қорақалпоғистонда ишқорий ва ишқорий-ер оксидларининг аниқланадиган ораликларига эга бўлган ва минералогик жиҳатдан тасдиқланган (каолинит-кварц-дала шпатлари) каолин ҳамда гил захиралари мавжудлигини кўрсатмоқда. Бу эса назорат интизоми таъминланганда барқарор шихталаш имкониятини яратади.

2015-2025 йиллардаги жаҳон тажрибаси сифатнинг иккита асосий "йўналиши"ни таъкидлайди:

- юқори ҳароратли жараёнларнинг энергия самарадорлиги ва керамиканинг карбонат изини камайтириш, бунда печлар энергиянинг асосий истеъмолчиси бўлиб қолмоқда;
- сир ва безакларнинг санитария хавфсизлиги, шу жумладан ISO усуллари бўйича Pb/Cd миграциясини



назорат қилиш ва меъёрларнинг кучайиши эҳтимолини ҳисобга олиш (назорат органларининг нуқтаи назари ва кружка/идишлардан миграция бўйича янги эмпирик маълумотлар).

Моделлаштирилиб олинган маълумотлардаги статистик модуль амалий воситаларни кўрсатиб беради: гуруҳларни таққослаш, ғоваклик ва кимёвий кўрсаткичларнинг (Fe_2O_3 , Σ флюслар) мустаҳкамлик/иссиққа чидамлилиқ ва иқтисодий

жиҳатларига таъсирини баҳолаш. Журнал нашрида кейинги қадам - моделлаштириш ўрнига XRF/XRD/SEM-EDS/ISP-MS тасдиқланган протоколлари ва стандартлаштирилган синовлар (ISO/ASTM) асосида амалга оширилган тажриба сериялари (камида 30-100 та кўп партияли намуналар) билан алмаштириш, миграция синовлари учун маҳсулотларни тўғри танлаб олиш режасини ишлаб чиқишдан иборат.

References:

1. ISO 6486-1:2019 Ceramic ware, glass ceramic ware and glass dinnerware in contact with food — Release of lead and cadmium Part 1: Test method. Published (Edition 3, 2019)
2. Ceramic crockery: bfr recommends lower release of lead and cadmium. Opinion No 043/2020 of the BfR dated 21 September 2020
3. ASTM C738-94(2016). Standard Test Method for Lead and Cadmium Extracted from Glazed Ceramic Surfaces
4. ISO 14704:2016. Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Test method for flexural strength of monolithic ceramics at room temperature. Published (Edition 3, 2016)
5. ASTM C373-18(2023). Standard Test Methods for Determination of Water Absorption and Associated Properties by Vacuum Method for Pressed Ceramic Tiles and Glass Tiles and Boil Method for Extruded Ceramic Tiles and Non-tile Fired Ceramic Whiteware Products
6. Ўзбекского агентства стандартизации, метрологии и сертификации. Изделия керамические. Утвержден и введен в действие постановлением Узбекского агентства стандартизации, метрологии и сертификации (Агентство «Узстандарт») от 29.03.2013 г. № 05-442
7. Miguel Castro Oliveira Review on Energy Efficiency Progresses, Technologies and Strategies in the Ceramic Sector Focusing on Waste Heat Recovery. *Energies* November 2020. 13(22):6096
8. Matchonov Sh. K., Ruzmetova A. Sh., Yakubov Yu. Kh., Kurbanov D. Sh. Khodzhakul kaolins of Uzbekistan: composition, physical and chemical properties, and processing methods. *Gornyi Zhurnal* 2023.05.06
9. Agnese Fusaro, Verónica Martínez Ferreras, Josep M. Gurt Esparraguera, Andreas Angourakis, Shakir R. Pidaev et Larisa Baratova. Islamic Pottery from Ancient Termez (Uzbekistan): New Archaeological and Archaeometric Data. *Iran Journal of the British Institute of Persian Studies*. Published online: 16 Mar 2019.



10. Technical Guidelines on Energy Efficiency in Major Energy-Consuming Sectors. Energy Efficiency in the Ceramics Industry. © Beijing, September 2022
11. Andrew Turner Migration kinetics of cadmium and lead from ceramic mugs. Journal of Hazardous Materials Volume 496, 15 September 2025, 139204
12. Ruya Bulut; Perihan Yolci Omeroglu; Busra Acoglu; Elif Koc Alibasoglu; Migration of lead and cadmium from ceramic kitchenware and estimation of sampling uncertainty. Journal of Food Processing and Preservation July 2021. 45(20)
13. Michael Fralick, Aaron Thomspson, Ophyr Mourad Lead toxicity from glazed ceramic cookware. CMAJ . 2016 Dec 6;188(17-18)
14. Shoroog Alraddadi, Hasan Assaedi. Characterization and potential applications of different powder volcanic ash. Journal of King Saud University – Science. 32 (2020)