

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**ВЕСТНИК АРХЕОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ
И ЭТНОГРАФИИ**

Сетевое издание

**№ 3 (70)
2025**

ISSN 2071-0437 (online)

Выходит 4 раза в год

Главный редактор:

Зах В.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН

Редакционный совет:

Молодин В.И., председатель совета, акад. РАН, д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;
Добровольская М.В., чл.-кор. РАН, д.и.н., Ин-т археологии РАН;
Бауло А.В., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;
Бороффка Н., PhD, Германский археологический ин-т, Берлин (Германия);
Епимахов А.В., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН;
Кокшаров С.Ф., д.и.н., Ин-т истории и археологии УрО РАН; Кузнецов В.Д., д.и.н., Ин-т археологии РАН;
Лахельма А., PhD, ун-т Хельсинки (Финляндия); Матвеева Н.П., д.и.н., ТюмГУ;
Медникова М.Б., д.и.н., Ин-т археологии РАН; Томилов Н.А., д.и.н., Омский ун-т;
Хлахула И., Dr. hab., ун-т им. Адама Мицкевича в Познани (Польша); Хэнкс Б., PhD, ун-т Питтсбурга (США);
Чикишева Т.А., д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН

Редакционная коллегия:

Дегтярева А.Д., зам. гл. ред., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Костомарова Ю.В., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН;
Пошехонова О.Е., отв. секретарь, ТюмНЦ СО РАН; Лискевич Н.А., отв. секретарь, к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Агапов М.Г., д.и.н., ТюмГУ; Адаев В.Н., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Бейсенов А.З., к.и.н., НИЦИА Бегазы-Тасмола (Казахстан); Валь Й., PhD, О-во охраны памятников
Штутгарта (Германия); Зимина О.Ю., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Ключева В.П., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Крийска А., PhD, ун-т Тарту (Эстония); Крубези Э., PhD, проф., ун-т Тулузы (Франция);
Кузьминых С.В., к.и.н., Ин-т археологии РАН; Перерва Е.В., к.и.н., Волгоградский ун-т;
Печенкина К., PhD, ун-т Нью-Йорка (США); Пинхаси Р., PhD, ун-т Дублина (Ирландия);
Рябогина Н.Е., к.г.-м.н., ун-т Гетеборга; Слепченко С.М., к.б.н., ТюмНЦ СО РАН;
Ткачев А.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Хартанович В.И., к.и.н., МАЭ (Кунсткамера) РАН

Утвержден к печати Ученым советом ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН

Сетевое издание «Вестник археологии, антропологии и этнографии»
зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций; регистрационный номер: серия Эл № ФС77-82071 от 05 октября 2021 г.

Адрес: 625008, Червишевский тракт, д. 13, e-mail: vestnik.ipos@inbox.ru

Адрес страницы сайта: <http://www.ipdn.ru>

© ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2025

**FEDERAL STATE INSTITUTION
FEDERAL RESEARCH CENTRE
TYUMEN SCIENTIFIC CENTRE
OF SIBERIAN BRANCH
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

VESTNIK ARHEOLOGII, ANTROPOLOGII I ETNOGRAFII

ONLINE MEDIA

**№ 3 (70)
2025**

ISSN 2071-0437 (online)

There are 4 numbers a year

Editor-in-Chief

Zakh V.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Editorial Council:

Molodin V.I. (Chairman of the Editorial Council), member of the RAS, Doctor of History,
Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Dobrovolskaya M.V., Corresponding member of the RAS, Doctor of History,
Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)
Baulo A.V., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Boroffka N., PhD, Professor, Deutsches Archäologisches Institut (German Archaeological Institute) (Berlin, Germany)
Chikisheva T.A., Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS (Novosibirsk, Russia)
Chlachula J., Doctor hab., Professor, Adam Mickiewicz University in Poznan (Poland)
Epimakhov A.V., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)
Koksharov S.F., Doctor of History, Institute of History and Archeology Ural Branch RAS (Yekaterinburg, Russia)
Kuznetsov V.D., Doctor of History, Institute of Archeology of the RAS (Moscow, Russia)
Hanks B., PhD, Professor, University of Pittsburgh (Pittsburgh, USA)
Lahelma A., PhD, Professor, University of Helsinki (Helsinki, Finland)
Matveeva N.P., Doctor of History, Professor, University of Tyumen (Tyumen, Russia)
Mednikova M.B., Doctor of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)
Tomilov N.A., Doctor of History, Professor, University of Omsk

Editorial Board:

Degtyareva A.D., Vice Editor-in-Chief, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Kostomarova Yu.V., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Poshekhonova O.E., Assistant Editor, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Liskevich N.A., Assistant Editor, Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Agapov M.G., Doctor of History, University of Tyumen (Tyumen, Russia)
Adaev V.N., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Beisenov A.Z., Candidate of History, NITSIA Begazy-Tasmola (Almaty, Kazakhstan),
Crubezy E., PhD, Professor, University of Toulouse (Toulouse, France)
Kluyeva V.P., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Kriiska A., PhD, Professor, University of Tartu (Tartu, Estonia)
Kuzminykh S.V., Candidate of History, Institute of Archaeology of the RAS (Moscow, Russia)
Khartanovich V.I., Candidate of History, Museum of Anthropology and Ethnography RAS Kunstkamera
(Saint Petersburg, Russia)
Pechenkina K., PhD, Professor, City University of New York (New York, USA)
Pererva E.V., Candidate of History, University of Volgograd (Volgograd, Russia)
Pinhasi R., PhD, Professor, University College Dublin (Dublin, Ireland)
Ryabogina N.Ye., Candidate of Geology, Göteborgs Universitet (Göteborg, Sweden)
Slepchenko S.M., Candidate of Biology, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Tkachev A.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)
Wahl J., PhD, Regierungspräsidium Stuttgart Landesamt für Denkmalpflege
(State Office for Cultural Heritage Management) (Stuttgart, Germany)
Zimina O.Yu., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS (Tyumen, Russia)

Address: Chervishevskiy trakt, 13, Tyumen, 625008, Russian Federation; mail: vestnik.ipos@inbox.ru

URL: <http://www.ipdn.ru>

Давыдов Р.В. *, Супрунова Л.Е., Чистяков П.В.

Институт археологии и этнографии СО РАН, просп. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090
E-mail: puer-viro@mail.ru (Давыдов Р.В.); losolar@yandex.ru (Супрунова Л.Е.); Pavelchist@gmail.com (Чистяков П.В.)

СЕРИЙНОЕ ЛИТЬЕ СРЕДНЕВЕКОВОЙ БРОНЗОВОЙ ТОРЕВТИКИ МАЛЫХ ФОРМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представлены результаты экспериментального исследования серийного литья средневековой торевтики малых форм из цветного металла на территории Центральной Азии. Целью работы являлось определение характера изменения орнамента при тиражировании предметов в сериях разного порядка. В качестве образцов использованы бронзовые блишки конца I тыс. н.э. одной серии с композицией «цветок смоквы» из Тюхтятского клада (Минусинская котловина). Выполнено 24 эталонно-отливки в составе шести серий. Сформировано три серии первого порядка (по выплавляемой и отпечатываемой восковой модели), две серии второго порядка (по отпечатываемому изделию из серий первого порядка), одна серия третьего порядка (по отпечатываемому изделию второго порядка). Полученные отливки подвергнуты 3D-сканированию, 3D-модели исследованы на предмет отличия от первоначального образца и степени профилированности орнамента. Отмечена деградация орнамента при копировании отливок, проявляющаяся в сглаживании рельефа. Полученные данные в перспективе могут быть использованы при характеристике технологии изготовления, организации производства и распространения средневековой поясной и сбруйной фурнитуры в Южносибирском регионе.

Ключевые слова: Центральная Азия, Средневековье, торевтика малых форм, цветной металл, экспериментальная археология, серийное литье.

Ссылка на публикацию: Давыдов Р.В., Супрунова Л.Е., Чистяков П.В. Серийное литье средневековой бронзовой торевтики малых форм Центральной Азии: результаты экспериментальных исследований // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2025. 3. С. 79–88. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-70-3-7>

Введение

Торевтика малых форм из цветного металла получила широкое распространение на территории Центральной Азии во второй половине I тыс. н.э. В археологических материалах с территории Южной Сибири она представлена и местными изделиями, и элементами пояса и сбруи, изготовленными в ремесленных центрах Средней Азии. Отличие между продукцией городских мастерских и ремесленников региона Саяно-Алтая может быть прослежено по двум направлениям. Первое — отличие металла, включая выявление источников сырья и характеристику сплавов [Горбунова и др., 2009, с. 110, 126]. Второе — выявление уровней качества (фиксация копий с деградацией орнамента) ([Король, Конькова, 2007, с. 27, 28]; см. также с ил.: [Король, Наумова, 2017, с. 65–69]). Аналогичным образом производится разграничение импортных и выполненных на территории Южной Сибири бронзовых зеркал [Богданова-Березовская, 1975; Тишкин, Серегин, 2011].

Если критерии отличия привозных предметов от местных на основе анализа состава металлов в некоторых случаях могут быть определены, то характер изменения орнамента при тиражировании импортных изделий до конца не прослежен [Богданова-Березовская, 1975, с. 136]. Наиболее отчетливо модель уровней качества торевтики малых форм из цветного металла, где деградация орнамента является признаком III и IV уровней (копирование и дополнительное тиражирование изначальных изделий I и II уровней), сформулирована Г.Г. Король и Л.В. Коньковой ([Король, Конькова, 2007, с. 28]; см. также с ил.: [Король, Наумова, 2017, с. 67, 68]). Данная модель в настоящее время является единственной для средневековой торевтики с территории Центральной Азии. Она базируется на выявлении уровней качества изделий (качество отливки, подбор металла, тонкости проработки декора) с помощью морфологического анализа формы и декора, а также рецептур использованных сплавов. Экспериментальные работы позволили бы дополнить представления о распространении средневековых литых элементов пояса и сбруи в рассматриваемом регионе.

* Corresponding author.

Целью настоящей работы является определение характера изменения орнамента при тиражировании средневековых предметов торевтики малых форм из цветного металла с территории Центральной Азии посредством экспериментов.

Материалы и методы

Достижение вышеобозначенной цели предполагало проведение экспериментальных работ по серийному литью предметов торевтики малых форм из цветного металла с выявлением изменений орнамента от серии к серии.

Экспериментальные работы подразумевали изготовление шести серий эталонов (серии 1–6). Процесс формирования каждой серии включал четыре следующих друг за другом этапа: изготовление модели, изготовление литейных форм, отливка эталонов, фиксация результатов.

Изготовление модели. Исходя из моделей серии разделены на три порядка. В сериях первого порядка (серии 1, 4, 5) литье производилось по восковой модели, вырезанной с помощью деревянных, медных и железных инструментов из натурального пчелиного воска.

В качестве прототипа для восковых моделей использовались подпрямоугольные концевые бляшки конца I тыс. из Тяхтатского клада (эпонимный памятник IX–X вв., Минусинская котловина) с декоративной композицией вертикального построения «цветок смоквы» и симметричной «лзозой» с завитками по сторонам от нее [Король, 2008, с. 178–179, табл. 23, В, 17–22]. Данные изделия выбраны, поскольку являются серийным продуктом, имеют достаточно типичный и умеренно сложный для воспроизведения орнамент.

В сериях второго (серии 2, 6) и третьего (серия 3) порядка моделями служили отливки из серий первого порядка.

Изготовление литейных форм. Экспериментальное литье производилось в вертикально ориентированные глиняные двусоставные литейные формы. В качестве материала для форм использовалась каолиновая глина без дополнительных примесей. В одной половине формы отпечатывалась модель (восковая или металлическая, в зависимости от порядка серии) (рис. 1, А). Она погружалась в незасохшую глину на глубину 10–15 мм (глубина варьировалась в зависимости от характеристик модели), после чего извлекалась. В сериях второго и третьего порядка таким образом формировались все формы. В сериях первого порядка по одному эталону изготавливалось по выплавляемой модели (эталон 1-1, 4-1, 5-1): восковая модель погружалась в глину и оставалась там до полного ее высыхания. После, так как усадка материала приводила к плотной фиксации модели, форма нагревалась, воск растапливался и полностью сливался из формы, что приводило к полной утрате восковой модели. Вторая половина формы была плоской, с выступающей втулкой с отверстиями для шпеньков. Втулка вытачивалась вручную, так как в процессе эксперимента наблюдения велись за изменениями орнамента.

После высыхания глины и вытапливания восковых моделей производилась подгонка половинок форм друг к другу путем трения их друг о друга и подточки отдельных мест напильником. В половинке формы с отпечатком модели вытачивался вертикальный литейный канал, идущий к носику будущего предмета. С другой стороны формировался канал, имитирующий последовательное литье нескольких изделий.

Конфигурация форм обусловлена сохранившимися на территории Тянь-Шаня отливками бляшек и щитковых пряжек с литейными каналами, свидетельствующими о литье в двусоставные формы последовательно и «в куст» [Король, Наумова, 2020, с. 36; Минасян, 2014, с. 87]. Близкие формы из камня, для литья поясных бляшек «в куст», известны на территории Восточной Европы [Гупало, Ивакин, 1980, рис. 2].

После доработки формы обжигались при температуре 900–1000 °С в муфельной печи.

Отливка эталонов. Материалом для экспериментальных отливок служила оловянисто-свинцовая бронза с содержанием олова 10 %, свинца — 8 %. В качестве металлического сырья использовались: медь марки М0к (согласно ГОСТ 859–2014, содержание меди, Cu = 99,97 %); олово марки О1 (ГОСТ 860–75, содержание олова, Sn = 99,9 %); припой свинцово-оловянистый ПОС-40 (21930–76, содержание свинца, Pb = 59 %, Sn = 39–41 %). Все материалы — в виде металлических прутков. Плавка металла осуществлялась в муфельной печи (температура нагрева до 1150 °С, температурный контроль встроенным пирометром), в графитовом тигле. Изначально в тигле нагревалась медь, после ее плавления добавлялись олово и свинец. Отливка осуществлялась в нагретые при помощи газовой горелки формы, установленные в емкости с песком. Створки форм соединялись медной проволокой. Извлечение экспериментальных отливок сопровождалось разрушением половинок форм со втулками и повреждением половинок с отпечатками моделей.

Серийное литье средневековой бронзовой торевтики малых форм Центральной Азии...

Выбор состава металла обусловлен тем, что оловянисто-свинцовая бронза являлась одним из сплавов, применявшихся для изготовления элементов поясной и сбруйной фурнитуры Центральной Азии. Серия изделий с композицией «цветок смоквы» из Тюхтятского клада, в которую входят предметы, ставшие прототипами экспериментальных отливок, изготовлена из оловянисто-свинцовой бронзы. Анализ состава металла, выполненный Л.В. Коньковой, показал, что в данном сплаве сильно варьируется содержание олова (от 4,8 до 21 %) и свинца (2,2–17 %) [Конькова, 2008, с. 302–303]. Оловянисто-свинцовая бронза встречается также среди различных сплавов на медной основе, выявленных при анализе средневековых украшений с территории Алтая (Sn до 12 % и Pb до 10 %) [Горбунова и др., 2009, с. 107–108]. В связи с большим колебанием количества примесей в составе прототипов для экспериментов выбрано усредненное значение (около 10 % олова и 8 % свинца).

Контроль за составом металла после отливки осуществлялся посредством полуколичественного элементного анализа методом сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией (SEM-EDX) [Гельман и др., 2017]. Анализы проводились на настольном сканирующем микроскопе Hitachi TM3000 с элементным анализатором Bruker Nano GmbH Quantax 70: энергетическое разрешение 154 eV, порог обнаружения входного сигнала 0,5 %, чувствительность 0,00001 %, диапазон элементов В⁴–Am⁹⁵. Изучен состав трех эталонов разных серий (эталон 1-1, 2-1, 3-1). Определено, что они выполнены из сплава на медной основе с содержанием олова 5,4–9,8 %, свинца — 3,3–5,1 % (табл.). Снижение концентрации искусственных примесей можно связать с их выгоранием, которое происходило даже при условии их добавления уже после расплавления меди. Содержание олова и свинца находится в пределах изменчивости состава прототипов.

Результаты анализа состава металла экспериментальных отливок методом SEM-EDX

Results of the metal composition analysis of experimental castings by the SEM-EDX

№ эталона	Содержание химических элементов (%)					
	Cu (медь)	Sn (олово)	Pb (свинец)	Al (алюминий)	Si (кремний)	Cl (хлор)
1-1	83,60	9,76	5,09	0,63	0,58	до 0,5
2-1	87,90	5,37	5,10	0,81	0,64	до 0,5
3-1	89,29	6,05	3,27	0,66	до 0,5	до 0,5

Фиксация результатов. Включала фотофиксацию эталонов, в том числе орнамента и дефектов литья, 3D-сканирование их лицевой стороны для анализа изменений орнамента. Эталон после отливки перед фиксацией не дорабатывался, чтобы исключить изменение орнамента вследствие постлитейной обработки. Фотофиксация эталонов производилась на фотоаппарат Nikon D7500 с объективом Kit 18–140 mm VR и макрообъективом Nikon 60 mm f/2.8G ED AF-S Micro NIKKOR. Макросъемка осуществлялась в технологии фокус-стекинга с получением полнофокусных изображений на основе серий снимков со смещением фокуса и их обработкой с использованием программного обеспечения Helicon Focus 7.0.2.

Трехмерное сканирование производилось методом структурированного подсвета на сканере Solutionix D700 (точность сканирования 0,029 мм, погрешность 0,01 мм). Полученные модели изучались с помощью ПО Geomagic Wrap 2017, сравнивалось отклонение предметов серии от первоначальной модели, посредством построения сечений анализировалась степень профилированности орнамента [Lilienthal et al., 2024].

Доработка отливок — моделей серий второго и третьего порядков. Поскольку для серий второго и третьего порядка в качестве моделей использовались отливки предыдущих серий, то эталоны для них подвергались постлитейной доработке. Данная работа относится к этапу изготовления моделей, но, поскольку она выполнялась для уже отлитых эталонов, ее описание приводится здесь. Доработка заключалась в опиловке напильниками, в ходе которой убирались выступающие литейные дефекты, вредящие качеству последующего литья (литники, швы). Использовался напильник с прямоугольным сечением полотна и перекрестной насечкой частотой 12 ед. на 10 мм. Подобные инструменты встречаются в материалах средневековых погребальных памятников Минусинской котловины [Кызласов, 1983, табл. 23]. После опиловки эталоны фиксировались как модели для будущих серий.

Результаты исследования

В результате экспериментальной работы получено 24 эталона. Все они имели литники, образовавшиеся при заливке металла в литейный канал с двух сторон от изделия (рис. 1, Б, В1).

В отдельных случаях (на трех эталонах), если при заливке металла литейные формы трескались, образовывались швы, частично заходящие на лицевую сторону эталонов (не учитывались при сравнении орнамента) (рис. 1, B2). На части изделий наблюдаются непроливы в виде сквозных отверстий в стенках бляшек (рис. 1, B3, B4). Они сформировались в одних случаях — в результате смещения втулки относительно стенок (непроливы по стенкам), в других — вследствие усадки металла и образование полости в области носика бляшки.

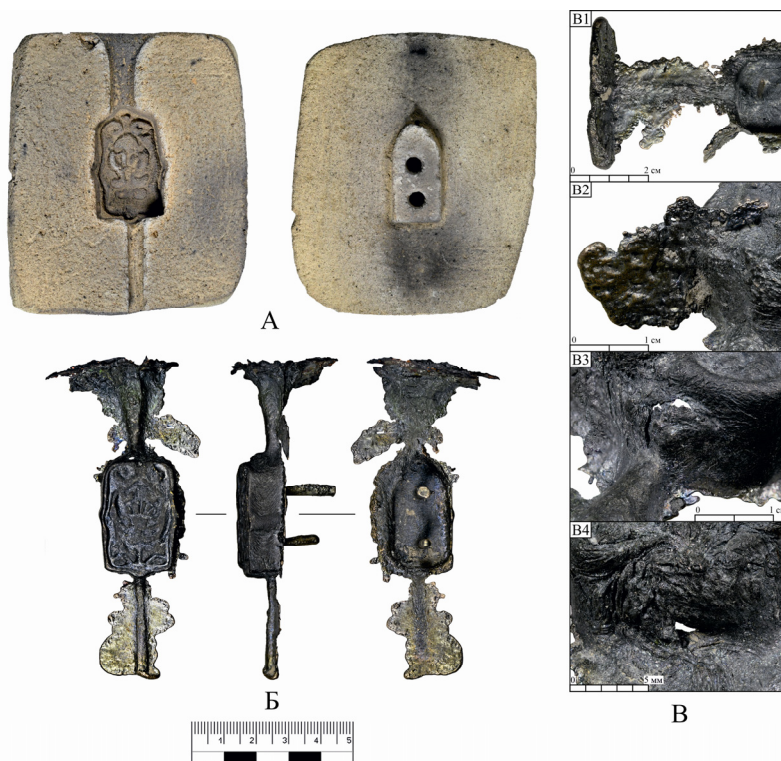


Рис. 1. Примеры экспериментальной литейной формы и эталона:

А — литейная форма (слева — негатив лицевой стороны отливки, справа — втулка с отверстиями для шпенок);
Б — отливка; В — литейные дефекты (B1 — литник; B2 — литейный шов; B3, B4 — непроливы).

Fig. 1. Examples of an experimental casting mold and a standard:

А — casting mold (on the left — a negative of the cast front side, on the right — a bushing with holes for pins);
Б — cast;
В — casting defects (B1 — sprue; B2 — casting seam; B3, B4 — misruns).

Экспериментальные эталоны сгруппированы в шесть серий (всего 24 экз.) (рис. 2):

Серия 1 (первого порядка) — 5 экз., модель — восковая (эталон 1-1 выполнен по выплавляемой модели, прочие — по отпечатываемой);

Серия 2 (второго порядка) — 5 экз., модель — эталон 1-1 после опиловки кромок (отпечатывался в формах);

Серия 3 (третьего порядка) — 3 экз., модель — эталон 2-2 после опиловки кромок (отпечатывался в формах);

Серия 4 (первого порядка) — 5 экз., модель — восковая (эталон 4-1 выполнен по выплавляемой модели, прочие — по отпечатываемой);

Серия 5 (первого порядка) — 3 экз., модель — восковая (эталон 5-1 выполнен по выплавляемой модели, прочие — по отпечатываемой);

Серия 6 (второго порядка) — 3 экз., модель — эталон 5-3 после опиловки кромок (отпечатывался в формах).

Цвет отливок без вторичной обработки зависел от времени их нахождения в литейной форме, скорости остывания металла.

Во время отливки эталона 1-1 был получен литейный дефект в виде непролива носика бляшки. В сериях 2 и 3 данная особенность сохранялась. Сравнение отливок по отпечатываемой и выплавляемой восковым моделям показало для серий 1 и 3 более высокое качество последних. Однако в серии 5 восковая модель с более глубоким рельефом позволила получить

Серийное литье средневековой бронзовой торевтики малых форм Центральной Азии...

отливки, не уступающие по качеству проработки орнамента эталону, выполненному по выплавляемой модели. В сериях второго порядка (серии 2 и 6) орнамент более сглаженный, а в серии третьего порядка (серия 3) он практически не читается.

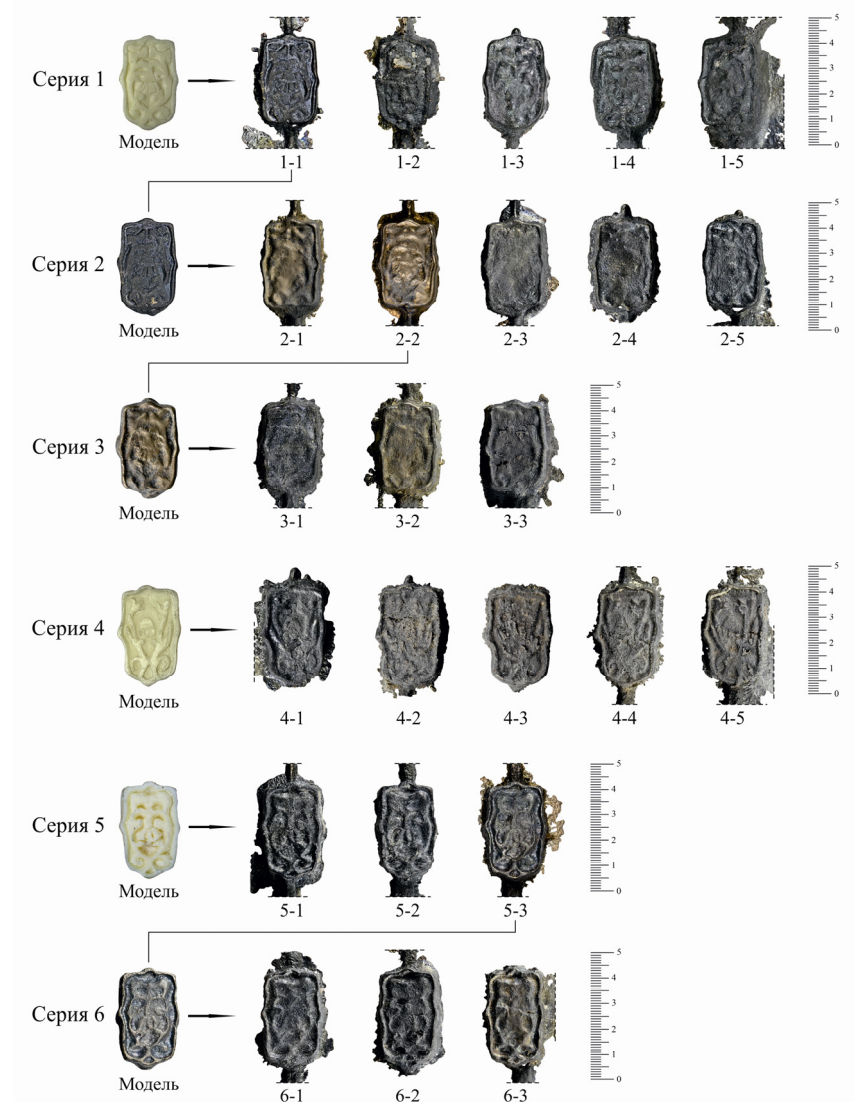


Рис. 2. Серии экспериментальных эталонов/отливок (с указанием моделей).

Fig. 2. Series of experimental samples/casts (with indication of models).

Сопоставление 3D-моделей отливок каждой серии с моделями (для серии 3 — с эталоном 1-1, поскольку изначально, в серии 2, тиражировался именно он) позволило выявить общие закономерности (рис. 3). Различия в орнаменте фиксировались путем высчитывания среднеквадратичного, среднего положительного и среднего отрицательного отклонений (в мм) после выравнивания 3D-моделей серии относительно друг друга по характерным одинаковым точкам на бортиках (рис. 3, А). Учитывалось изменение рельефа орнамента. Выравнивание происходило с подгонкой масштабов, поскольку в процессе тиражирования уменьшались линейные размеры эталонов, что характерно для литья в глиняные формы. В рамках серий 1–3 уменьшение составило до 2,04 мм, или 4 %, в сериях 5 и 6 изменение размера достигало 1,48 мм (3 %).

В сериях 1–3 среднеквадратичное отклонение отливок серии 2, выполненных по эталону 1-1, практически идентично отклонению в серии 1 от восковой модели (серия 1 — 0,5–0,7 мм, серия 2 — 0,4–0,63 мм). Это можно связать с тем, что в процессе отпечатывания восковой модели сходство с ней уменьшается по сравнению со случаями литья по выплавляемой модели. В последующем, в серии 3, отклонение от копируемого эталона 1-1 существенно возрастает (0,7–0,86 мм).

Аналогичные отклонения сохраняются и в сериях 4 (0,48–0,65 мм) и 5 (0,46–0,59 мм). Однако в серии 6 отличие от модели (эталон 5-3) существенно возрастает (отклонение 0,88–0,99 мм), происходит ускоренная деградация орнамента, который ранее был отчетливо выражен (рис. 3, В). Сравнение серий по среднему положительному и отрицательному отклонениям показало в основном равномерное накопление отклонений (рис. 3, Б).

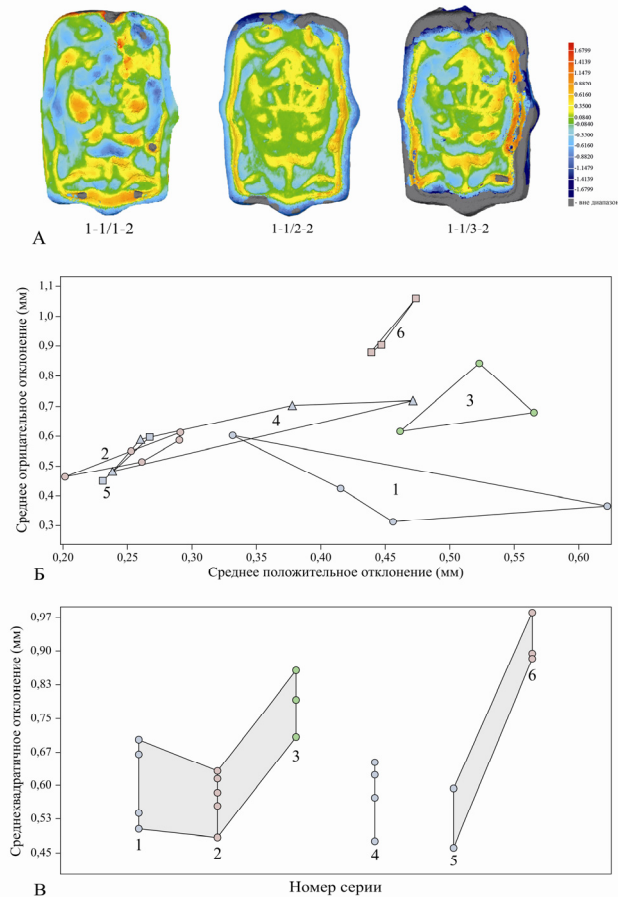


Рис. 3. Результаты анализа отклонений 3D-моделей эталонов:

А — примеры визуализации отклонений орнамента отливок; Б — график положительного и отрицательного отклонений эталонов от моделей; В — график изменения среднеквадратичного отклонения эталонов от моделей.

Fig. 3. Results of the analysis of deviations of 3D models of standards:

А — examples of visualization of deviations in casts ornamentation; Б — graph of positive and negative deviations of samples from models; В — graph of changes in the standard deviation of samples from models.

Отличие орнамента эталонов связано со сглаживанием его рельефа при копировании эталонов предшествующего порядка. Построение сечений моделей по продольной линии отливок позволило отчетливо проследить деградацию орнамента (рис. 4). Степень его профилированности выражалась в перепаде высоты между низшей и высшей точками (в мм). В серии 1 рельеф орнамента хаотичен, что частично связано с неточностями литья, сильно профилирован (перепад высоты 1,47–3,16 мм), присутствуют резкие перепады. В серии 2 наблюдается сглаживание рельефа (1,06–1,32 мм), переходы становятся плавными. Серия третьего порядка (серия 3) характеризуется практически полным исчезновением рельефного орнамента (0,84–0,91 мм) (рис. 4, А). Близкий к серии 1 перепад наблюдается в сериях 4 (1,07–1,66 мм) и 5 (1,64–2,54 мм). В серии 6 (второго порядка относительно серии 5) фиксируется постепенное сглаживание орнамента, однако оно меньше выражено, чем в серии 2 (1,81–2,21 мм).

Обсуждение результатов исследования

В результате экспериментальных работ можно выделить изделия трех порядков. Первые — выплавленные по восковой модели оригиналы с проработанным рельефным орнаментом и отливки по отпечатываемой модели, сравнительно менее качественные, но тоже проработанные.

Второй порядок — копии отливки из оригинальной серии с несколько сглаженным, но читаемым орнаментом. Третьи — копии копий, с едва различимым орнаментом.

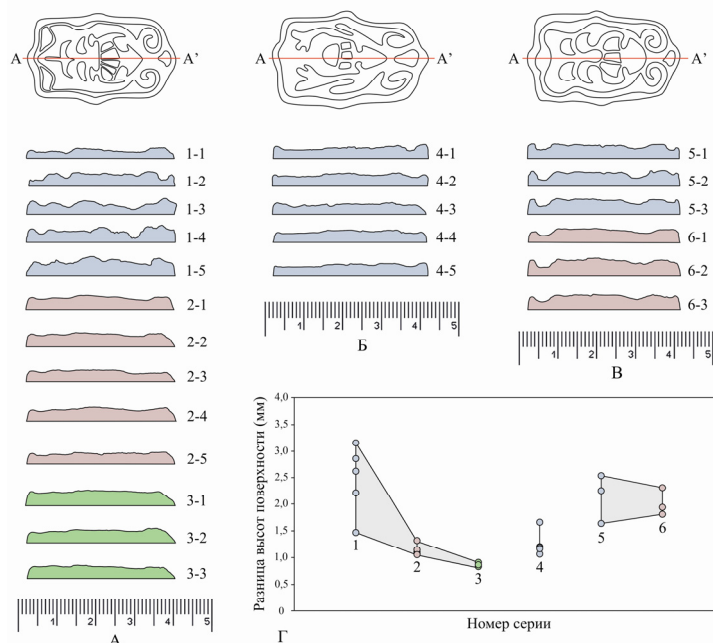


Рис. 4. Результаты анализа изменений рельефа орнамента эталонов:

A — продольные сечения лицевой стороны отливок серий 1–3; Б — продольные сечения лицевой стороны отливок серии 4; В — продольные сечения лицевой стороны отливок серий 5 и 6;

Г — график изменения степени профилированности орнамента эталонов различных серий.

Fig. 4. Results of the analysis of changes in the ornament relief of the standards:

A — longitudinal sections of the front side of casts series 1–3; Б — longitudinal sections of the front side of casts series 4; В — longitudinal sections of the front side of casts series 5 and 6;

Г — longitudinal sections of the front side of casts series 5 and 6;

Г — graph of changes in the degree of profiling of the ornament of samples in different series.

Таким образом, фиксируется ограничение по возможности тиражирования торевтики без ручной доработки литейных форм или лицевой стороны изделий: уже на предметах третьего порядка орнамент настолько деградирует, что дальнейшее копирование становится невозможным.

Сопоставляя полученные данные с моделью уровня качества торевтики малых форм из цветного металла, разработанной Г.Г. Король и Л.В. Коньковой, изделия первого порядка можно соотнести с предметами I и II уровней (высококачественные, явный «импорт»), образцы второго порядка — с вещами III уровня (тиражирование предметов I и II уровней), третьего — с продукцией IV уровня (декор плохого качества, отливки для восполнения наборов) [Король, Конькова, 2007, с. 27–28]. При этом выявленная деградация орнамента не позволяет говорить о многократном копировании. С необходимостью подновления декора отливок-копий можно связать использование в некоторых случаях приемов вторичной подработки поверхности с литым декором с помощью гравировки [Король, Наумова, 2017, с. 60–61].

В данной работе в сериях первого порядка использованы техники литья по отпечатываемой и выплавляемой восковым моделям. Последняя показала наивысшее качество проработки орнамента, отпечатывание неизбежно ведет к постепенной деградации орнамента. Альтернативой, позволяющей сохранить декор в сериях первого порядка, является тиражирование восковых моделей, которые отливались в одной форме. Полученные восковые копии использовались затем в литье по выплавляемым моделям [Минасян, 2014, с. 184]. Обнаружение литейных форм без следов нагара на территории Центральной Азии связывается исследователями именно с тиражированием восковых моделей [Конькова, Король, 2001, с. 96]. Вариант данной техники — литье «навыплеск», при котором в процессе остывания воск выплескивался из формы, из-за чего образовывалась выгнуто-вогнутая тонкостенная модель [Крыласова и др., 2019, с. 69]. Использование восковых моделей является распространенной техникой литья торевтики малых форм и иных металлических украшений на территории Евразии [Ениосова, 2017, с. 208; Нестеров и др., 2016, с. 84].

Любой вариант литья по восковой модели требует наличия глиняной (или земляной) литейной формы. Отсутствие массовых находок глиняных литейных форм в материалах конца I тыс. в регионе вполне может быть объяснено переработкой форм в условиях массового производства [Горбунова и др., 2009, с. 78; Конькова, Король, 1999, с. 57–59; Распопова, 1980, с. 48]. Аналогичная ситуация наблюдается, например, в материалах тагарской археологической культуры (Минусинская котловина, VIII–II вв. до н.э.), где массовые изделия из бронзы сочетаются почти с полным отсутствием глиняных форм при наличии характерных следов литья на предметах [Давыдов, 2021].

Другой способ первичного тиражирования — отливка в каменных двусоставных формах. Яркими примерами подобных форм выступают находки из средневекового Киева [Гупало, Ивакин, 1980, рис. 2, 3]. Каменные формы наряду с глиняными регулярно использовались для литья различных предметов на территории Средней Азии [Торгоев и др., 2023, с. 18–20].

Все рассмотренные варианты касаются только изделий первого порядка и могут повлиять на уровень качества первой серии. Последующее копирование готовых предметов возможно только по отпечатыванию их в пластичном материале. Следовательно, выявленное в ходе экспериментов снижение уровня качества сохранится. Дальнейшие экспериментальные работы могут быть направлены на изучение, во-первых, следов литья на поверхности эталонов (в частности, возможности сохранения при последующем копировании признаков использования восковой модели) [Ениосова, 2017, с. 208]; во-вторых, серий, получаемых литьем в каменной форме и тиражированием восковых моделей. Данные в перспективе могут быть использованы при характеристике технологии изготовления, организации производства и распространения предметов торевтики малых форм из цветного металла на территории Центральной Азии, и в частности Южносибирского региона.

Заключение

Экспериментальное исследование серийного литья бронзовых предметов торевтики малых форм позволило выявить постепенную деградацию орнамента от серии первого (выплавляемая восковая модель) до третьего (копия копии отливки по выплавляемой восковой модели) порядка, которая выражается в сглаживании его рельефа. Полученные наблюдения дополняют исследования в области выявления уровней качества торевтики малых форм Центральной Азии и в перспективе наряду с разработкой других направлений, возможно, позволят уточнять происхождение находок бронзовой средневековой поясной и сбруйной фурнитуры в Южносибирском регионе.

Финансирование. Исследование проведено в рамках проекта НИР ИАЭТ СО РАН № FWZG-2025-0007 «Применение цифровых технологий при анализе археологических источников и реконструкции истории древних сообществ» с использованием приборной базы Центра коллективного пользования «Геохронология кайнозоя» ИАЭТ СО РАН (г. Новосибирск).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гельман Е.И., Асташенкова Е.В., Буравлев И.Ю. Бронзолитейное производство в Бохое (по данным археологических исследований Краскинского городища) // Мультидисциплинарные исследования в археологии. Владивосток: ИИАЭ ДВО РАН, 2017. Вып. 3: Ремесла и промыслы. С. 141–180.
- Горбунова Т.Г., Тишкин А.А., Хаврин С.В. Средневековые украшения конского снаряжения на Алтае: Морфологический анализ, технологии изготовления, состав сплавов. Барнаул: Азбука. 2009. 144 с.
- Гупало К.Н., Ивакин Г.Ю. О ремесленном производстве на киевском Подоле // СА. 1980. № 2. С. 203–220.
- Богданова-Березовская И.В. К вопросу о химическом составе зеркал Минусинской котловины // Лубо-Лесниченко Е.И. Привозные зеркала Минусинской котловины: К вопросу о внешних связях древнего населения Южной Сибири. С приложением статьи И.В. Богдановой-Березовской. М.: Наука, 1975. С. 131–149.
- Давыдов Р.В. Реконструкция техник металлообработки меди и бронзы тагарской культуры на базе экспериментально-трассологического анализа // Теория и практика археологических исследований. 2021. Т. 33. № 4. С. 185–208. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2021\)33\(4\).-11](https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(4).-11)
- Ениосова Н.В. Технология производства ювелиров Гнездова в X — начале XI вв. по данным трассологии и металлографии // Stratum Plus. 2017. № 5. С. 205–236.
- Конькова Л.В. Тютятский клад: технология изготовления и состав цветного металла ременных украшений // Король Г.Г. Искусство средневековых кочевников Евразии. Очерки. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. Приложение 8. С. 301–311.
- Конькова Л.В., Король Г.Г. Кочевой мир: Развитие технологии и декора (художественный металл) // ЭО. 1999. №2. С. 56–68.
- Конькова Л.В., Король Г.Г. Формирование и развитие традиций в обработке художественного металла в степной Евразии эпохи Средневековья // Археология, этнография и антропология Евразии. 2001. № 1 (5). С. 94–100.
- Король Г.Г. Искусство средневековых кочевников Евразии: Очерки. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. 332 с.

Серийное литье средневековой бронзовой торевтики малых форм Центральной Азии...

Король Г.Г., Конькова Л.В. Производство и распространение раннесредневековой торевтики малых форм в Центральной Азии // РА. 2007. № 2. С. 25–32.

Король Г.Г., Наумова О.Б. Художественный металл у кочевников (Центральная Азия рубежа I–II тыс.). М.: ИА РАН, 2017. 128 с.

Король Г.Г., Наумова О.Б. А кто же мастер? Проблемы изучения художественной металлообработки у средневековых кочевников Центральной Азии) // Теория и практика археологических исследований. 2020. № 3 (31). С. 33–38. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2020\)3\(31\).-03](https://doi.org/10.14258/tpai(2020)3(31).-03)

Крыласова Н.Б., Подосенова Ю.А., Сарпулов А.Н. Производство элементов поясной гарнитуры в эпоху средневековья (по материалам раскопок Роданова городища в 2018 г.) // Вестник Пермского университета. Сер. История. 2019. Вып. 1 (44). С. 56–72. <https://doi.org/10.17072/2219-3111-2019-1-56-72>

Кызласов И.Л. Аскизская культура Южной Сибири X–XIV вв. М.: Наука, 1983. 128 с.

Минасян Р.С. Металлообработка в древности и Средневековье. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2014. 472 с.

Нестеров С.П., Савин А.Н., Колмогоров Ю.П. Раннесредневековый предметный комплекс ювелир-литейщика из Западного Приамурья // Археология, этнография и антропология Евразии. 2016. Т. 44. № 2. С. 81–90. <https://doi.org/10.17746/1563-0102.2016.44.2.081-090>

Распопова В.И. Металлические изделия раннесредневекового Согда. М.: Наука. 1980. 142 с.

Тишкин А.А., Серегин Н.Н. Металлические зеркала как источник по древней и средневековой истории Алтая (по материалам Музея археологии и этнографии Алтая Алтайского государственного университета). Барнаул: Азбука, 2011. 144 с.

Торгоев А.И., Мирзаахмедов Д.К., Курбанов Б.Г. Художественный металл Бухары и Бухарского оазиса VIII–XIV вв. Самарканд: МИЦАИ, 2023. 278 с.

Lilienthal E., Chin Sh.Ja., Friedrich, R.E. Three-dimensional anatomical analysis of the optic nerve canal with virtual model based on CBCT // Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. 2024. Vol. 42. Iss. 11. P. 1219–1227. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2024.03.031>

Davydov R.V. *, Suprunova L.E., Chistyakov P.V.

Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
prosp. Acad. Lavrentieva, 17, Novosibirsk, 630090, Russian Federation
E-mail: puer-viro@mail.ru (Davydov R.V.); losolar@yandex.ru (Suprunova L.E.); Pavelchist@gmail.com (Chistyakov P.V.)

Serial casting of medieval small forms bronze toreutics from Central Asia: results of experimental studies

The article presents the results of experimental serial casting of Medieval non-ferrous metal small forms toreutics from the Central Asian region. The aim of the study was to identify changes in the ornament when copying small forms toreutics and casting series of different items. As examples, the authors used bronze plaques from the end of the 1st millennium AD with the “fig flower” composition from the Tyukhtyat hoard (Minusinsk Basin). A total of 24 samples were made, which were divided into six series. Three first-order series were made using smelted or imprinted wax models. Two second-order series were cast using imprints of items from the first-order series. One third-order series was obtained using the imprint from the second-order items. The standards were digitized using 3D-scanning. The study of the 3D-models included the comparison of the items from the series with original samples and the assessment of the differences in the relief of the ornament. The authors revealed degradation of the ornament on the standards when copying castings. This degradation manifested in the levelling of the relief. The obtained data can be used for detailing the manufacturing technology, organization of production and distribution of medieval belt and horse harness fittings in the Southern Siberian region.

Keywords: Central Asia, Middle Ages, small-forms toreutics, non-ferrous metal, experimental archeology, serial casting.

Funding. Research Project of the Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, no. FWZG-2025-0007 “The Application of Digital Technologies in the Analysis of Archaeological Data and the Reconstruction of the Ancient History” using scientific equipments of the Core Facilities Center “Cenozoic Geochronology” at the Institute of Archaeology & Ethnography Russian Academy of Sciences, Siberian Branch (Novosibirsk, Russia).

REFERENCES

Bogdanova-Berezovskaya, I.V. (1975). On the chemical composition of the mirrors of the Minusinsk Basin. In: Lubo-Lesnichenko E.I. *Privoznye zerkala Minusinskoj kotloviny: K voprosu o vneshnih svyazyah drevnego naseleniya Yuzhnoj Sibiri. S prilozheniem stat'i I.V. Bogdanovoj-Berezovskoj*. Moscow: Nauka, 131–149.

* Corresponding author.

Davydov, R.V. (2021). Reconstruction of metalworking techniques for copper and bronze of the tagar culture on the basis of experimental traceological analysis. *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy*, 4 (33), 185–208. (Rus.).

Eniosova, N.V. (2017). Manufacturing Techniques of the Gnezdovo Jewellers (10th — early 11th centuries) by Traceological and Metallographic Data. *Stratum plus*, (5), 205–236. (Rus.).

Gelman, E.I., Astashenkova, E.V., Buravlev, I.Yu. (2017). Bronze-casting production in the Bohai (by data from archaeological research on Kraskinskoe walled town site). In: *Multidistsiplinarnie issledovaniya v arkheologii. Vip. 3: Remesla i promisli*. Vladivostok: IIAE DVO RAN, 141–180. (Rus.).

Gorbunova, T.G., Tishkin, A.A., Khavrin, S.V. (2009). *Medieval decorations of horse equipment in Altai: Morphological analysis, manufacturing technologies, alloy composition*. Barnaul: Azbuka. (Rus.).

Gupalov, K.N., Ivakin, G.Yu. (1980). About handicraft production in Kiev Podil. *Sovetskaya arheologiya*, (2), 203–220. (Rus.).

Kon'kova, L.V. (2008). Tyukhtyatsky treasure: Manufacturing technology and composition of non-ferrous metal belt jewelry. In: Korol G.G. *Iskusstvo srednevekovikh kochevnikov Yevrazii: Ocherki. Prilozhenie 8*. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 301–311. (Rus.).

Kon'kova, L.V., Korol, G.G. (1999). Nomadic world: Development of technology and decor (artistic metal). *Etnograficheskoe obozrenie*, (2), 56–68. (Rus.).

Kon'kova, L.V., Korol, G.G. (2001). Formation and development of traditions in the processing of artistic metal in the steppe Eurasia of the Middle Ages. *Archeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 5(1), 94–100. (Rus.).

Korol, G.G. (2008). *Art of the Medieval Nomads of Eurasia: Essays*. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat. (Rus.).

Korol, G.G., Kon'kova, L.V. (2007). Production and distribution of early medieval small-form toreutics in Central Asia. *Rossiiskaya arkheologiya*, (2), 25–32. (Rus.).

Korol, G.G., Naumova, O.B. (2017). *Artistic Metal among Nomads of Central Asia in the 1st–2nd mill. AD*. Moscow: IA RAN. (Rus.).

Korol, G.G., Naumova, O.B. (2020). But who is the craftsman? (The issues of studying artistic metalworking with medieval nomads of Central Asia). *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy*, 31(3), 33–38. (Rus.). [https://doi.org/10.14258/tpai\(2020\)3\(31\).-03](https://doi.org/10.14258/tpai(2020)3(31).-03)

Krylasova, N.B., Podosenova, Yu.A., Sarapulov, A.N. (2018). Production of elements of belt sets in the Middle Ages (based on the 2018 excavation materials from the Rodanovo Settlement). *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Istoriya*, 1(44), 56–72. (Rus.). <https://doi.org/10.17072/2219-3111-2019-1-56-72>

Kyzlasov, I.L. (1983). *Askiz culture of Southern Siberia of the X–XIV centuries*. Moscow: Nauka. (Rus.).

Lilienthal, E., Chin, Sh.Ja., Friedrich, R.E. (2024). Three-dimensional anatomical analysis of the optic nerve canal with virtual model based on CBCT. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42(11), 1219–1227. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2024.03.031>

Minasyan, R.S. (2014). *Metalworking in Ancient Times and the Middle Ages*. St. Petersburg: Izd-vo Gosudarstvennogo Ermitazha. (Rus.).

Nesterov, S.P., Savin, A.N., Kolmogorov, Yu.P. (2016). Early Medieval Jeweler's Kit from the Western Amur Region. *Archeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 44(2), 81–90. (Rus.). <https://doi.org/10.17746/1563-0102.2016.44.2.081-090>

Raspopova, V.I. (1980). *Metal products of Early Medieval Sogd*. Moscow: Nauka. (Rus.).

Tishkin, A.A., Seregin, N.N. (2011). *Metal mirrors as a source on the ancient and medieval history of Altai (based on materials from the Museum of Archeology and Ethnography of Altai, Altai State University)*. Barnaul: Azbuka. (Rus.).

Torgoev, A.I., Mirzaakhmedov, D.K., Kurbanov, B.G. (2023). *Artistic Metal of Bukhara and the Bukhara oasis of the 8th–14th centuries*. Samarkand: MICAL. (Rus.).

Давыдов Р.В., <https://orcid.org/0000-0001-6580-2811>

Супрунова Л.Е., <https://orcid.org/0009-0000-6283-8384>

Чистяков П.В., <https://orcid.org/0000-0001-7036-7092>

Сведения об авторах:

Давыдов Роман Вячеславович, младший научный сотрудник, Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск.

Супрунова Любовь Евгеньевна, лаборант, Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск.

Чистяков Павел Вячеславович, младший научный сотрудник, Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск.

About the authors:

Davydov, R.V., Junior Researcher, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk.

Suprunova, L.E., Laboratory Assistant, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk.

Chistyakov, P.V., Junior Researcher, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Accepted: 09.06.2025

Article is published: 15.09.2025