



Published in the Russian Federation
Oriental Studies (Previous Name: Bulletin of the Kalmyk Institute
for Humanities of the Russian Academy of Sciences)
Has been issued as a journal since 2008
ISSN: 2619-0990; E-ISSN: 2619-1008
Vol. 17, Is. 1, Pp. 123–140, 2024
Journal homepage: <https://kigiran.elpub.ru>



УДК / UDC 902/904

DOI: 10.22162/2619-0990-2024-71-1-123-140

О литейной форме из поселения эпохи бронзы *Тарангул* в Актюбинском Приуралье

Дархан Айтжанулы Байтлеу¹, Альбина Ергешбаевна Ержанова², Илария Кальгаро³

¹ Институт археологии им. А. Х. Маргулана (д. 44, пр. Достык, 050002 Алматы, Республика Казахстан)

кандидат исторических наук, ведущий научный сотрудник

 0000-0003-4083-5558. E-mail: [baitileu\[at\]gmail.com](mailto:baitileu[at]gmail.com)

² Институт археологии им. А. Х. Маргулана (д. 44, пр. Достык, 050002 Алматы, Республика Казахстан)

PhD, ведущий научный сотрудник

 0000-0002-2241-228X. E-mail: [erjanova_a\[at\]mail.ru](mailto:erjanova_a[at]mail.ru)

³ Институт археологии Университетского колледжа Лондона (31–34, Гордон-сквер, WC1N 0PY Лондон, Великобритания)

PhD, магистр

 0000-0002-4536-4460. E-mail: [ilaria.calgaro.19\[at\]ucl.ac.uk](mailto:ilaria.calgaro.19[at]ucl.ac.uk)

© КалмИЦ РАН, 2024

© Байтлеу Д. А., Ержанова А. Е., Кальгаро И., 2024

Аннотация. *Введение.* В 2021 г. Мугоджарским археологическим отрядом Института археологии им. А. Х. Маргулана были проведены исследования на археологическом комплексе *Тарангул*, на котором обнаружена литейная форма — один из интересных и редких в данном регионе артефактов, связанных с металлообработкой и металлургическим производством в целом. *Цель* статьи — описание и анализ литейной формы, обнаруженной на поселении позднего бронзового века *Тарангул* в Актюбинском Приуралье, ввод в научный оборот новых данных, полученных естественнонаучными методами в ходе изучения этого археологического артефакта. *Результаты.* В ходе исследований проведены естественнонаучные (трассологические, спектральные) и сравнительно-типологические анализы плиты с негативами орудий. Проведенные анализы позволили определить типологию отливаемых орудий и выявить их культурную принадлежность. Литейная форма имеет две плоскости с негативами орудий. Первая использовалась для отливки трех серпов, вторая (двустворчатая) — для отливки плоского тесла. Форма негативов серпов указывает на то, что в литейной форме отливались серпы типа «Кундравинская», распространенные в позднем бронзовом веке на Южном Урале, Среднем Поволжье и в Западной Сибири. Серпы типа «Кундравинская» связаны с алакульской культурой, локальным вариантом которой в исследуемом регионе является кожумбердынская куль-

турная группа. Форма негатива тесла, расположенная на второй плоскости плиты, характерна для тесел алакульского времени, которые распространены в западной части степной полосы Евразии. Установлено, что литейная форма имела два основных этапа применения: первый — для отливки тесла в двусторчатой форме и второй — для отливки серповидных орудий, этот этап следовал после порчи или утери одной створки тесла. Спектральный анализ показал, что изделия в литейной форме изготавливались на основе меди, а также были выявлены следы легирования. Установлено, что отливку серповидных орудий в негативах трех серпов производили не одновременно, а по мере необходимости. *Выводы.* Проведенные исследования позволили реконструировать технику изготовления и этапы использования литейной формы из поселения позднего бронзового века *Tarangul* в Актюбинском Приуралье и обозначить отдельные аспекты в изучении литейных форм как конкретного источника в изучении техники и технологии древнего металлопроизводства.

Ключевые слова: поздний бронзовый век, Актюбинское Приуралье, поселение, литейная форма, археометаллургия, трасология, спектральный анализ

Благодарность. Исследование проведено при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН проекта BR18574223).

Для цитирования: Байтлеу Д. А., Ержанова А. Е., Кальгаро И. О литейной форме из поселения эпохи бронзы *Tarangul* в Актюбинском Приуралье // *Oriental Studies*. 2024. Т. 17. № 1. С. 123–140. DOI: 10.22162/2619-0990-2024-71-1-123-140

The Bronze Age Site of *Tarangul* (Aktobe Cis-Urals): Examining One Casting Mold

Darkhan A. Baitileu¹, Albina Ye. Yerzhanova², Ilaria Calgaro³

¹ Margulan Institute of Archaeology (44, Dostyk Ave., 050002 Almaty, Republic of Kazakhstan)
Cand. Sc. (History), Leading Research Associate
 0000-0003-4083-5558. E-mail: baitileu[at]gmail.com

² Margulan Institute of Archaeology (44, Dostyk Ave., 050002 Almaty, Republic of Kazakhstan)
PhD, Leading Research Associate
 0000-0002-2241-228X. E-mail: erjanova_a[at]mail.ru

³ Institute of Archaeology, University College London (UCL) (31–34, Gordon Sq., WC1H 0PY London, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland)
PhD, MSc
 0000-0002-4536-4460. E-mail: ilaria.calgaro.19[at]ucl.ac.uk

© KalmSC RAS, 2024

© Baitileu D. A., Yerzhanova A. E., Calgaro I., 2024

Abstract. Introduction. In 2021, the Mugodzhzar (Mugalzhar) Crew of the Margulan Institute of Archaeology investigated the site of *Tarangul* and discovered a casting mold — a rare artifact of utmost interest related to metal production and processing. *Goals.* The article seeks to describe and analyze the Bronze Age mold from *Tarangul* located in the Aktobe Cis-Urals, introduce into scholarly circulation some newly obtained scientific data. *Results.* The implemented analyses include those of natural science (micro-wear and spectral ones) and comparative typology, the latter to yield a classification of castings and their cultural affiliation. The tool mold has two surfaces with negative impressions. The first one was used to cast three sickles, while the second one (once consisted of two pieces) would cast a flat adze. The shapes attest to the mold was used to cast Kundravinskaya-type sickles widespread across the Late Bronze Age Southern Urals, Middle Volga, and Western Siberia. Kundravinskaya-type sickles are associated with the Alakul culture, the Kozhumberdy cultural group being a local variant of the latter in the region under study. The shape of the impression on the reverse side is characteristic of adzes from the Alakul era discovered in western parts of Eurasia's steppe zone. The study concludes the mold had first consisted of two pieces and been used to cast adzes, and after

the other piece was lost or damaged it started being used to cast sickles. The spectral analysis shows the castings were basically made from copper, and detects some traces of alloying. Another finding is that the three mold negatives were used not simultaneously but rather when and as it was necessary. In general, the conducted tests have well reconstructed the manufacturing techniques and stages of use for the mold from the Late Bronze Age settlement of *Tarangul* in the Aktobe Cis-Urals, and highlighted certain aspects in the study of molds as a specific source on metal production techniques and technologies in prehistory.

Keywords: Late Bronze Age, Aktobe Cis-Urals, settlement, casting mold, archaeometallurgy, traceology, spectral analysis

Acknowledgements. The reported study was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Science Committee), project no. IPH BR18574223.

For citation: Baitleu D. A., Erzhanova A. E., Calgaro I. The Bronze Age Site of *Tarangul* (Aktobe Cis-Urals): Examining One Casting Mold. *Oriental Studies*. 2024; 17(1): 123–140. (In Russ.). DOI: 10.22162/2619-0990-2024-71-1-123-140



1. Введение

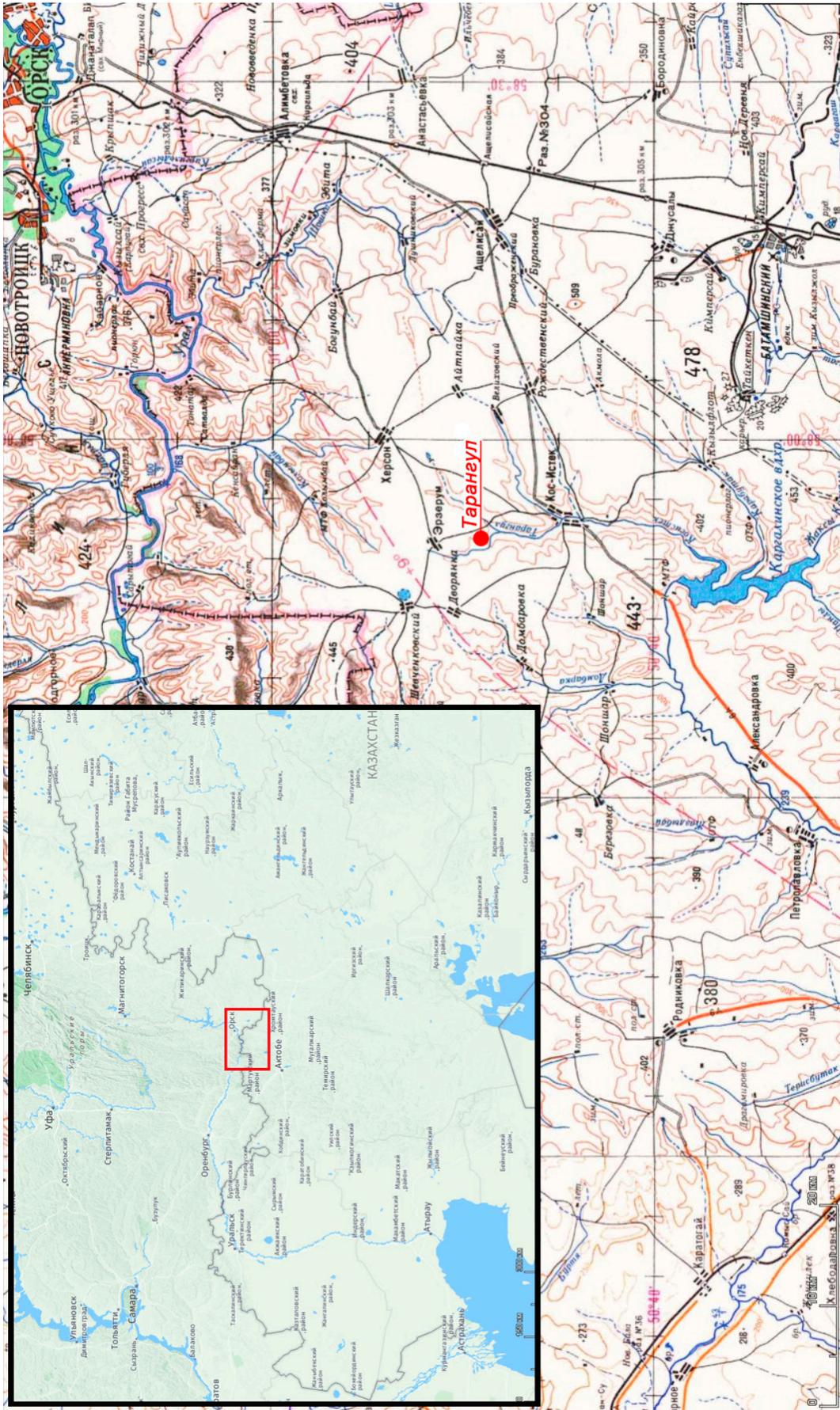
В полевом сезоне 2021 г. Мугоджарским археологическим отрядом Института археологии им. А. Х. Маргулана были проведены исследования на археологическом комплексе *Тарангул* [Байтлеу и др. 2021: 198–206]. Географически археологический комплекс расположен в Актюбинском Приуралье, а именно в северо-восточной части Ор-Илекской возвышенности, на р. Тарангул, административно в Каргалинском районе Актюбинской области Республики Казахстан, в 6,3 км к северу от поселка Кос-Естек (карта 1). Отметим, что археологический комплекс *Тарангул* был обнаружен в 2019 г., а комплексное исследование поселения и могильника, входящего в систему названного памятника, начато в 2020 г. [Байтлеу, Калиева 2020: 7–22; Байтлеу, Шагирбаев 2021: 141–151]. В настоящий момент установлено, что функционирование поселения *Тарангул* связано с деятельностью населения кожумбердынской культурной группы, являющейся локальным вариантом алакульской культуры, и предварительно датируется периодом позднего бронзового века [Байтлеу, Калиева 2020: 8].

Учитывая ранние результаты исследований, полученные в ходе многолетних совместных изысканий российских и казахстанских ученых археологических памятников на южном фланге Уральской горно-металлургической области, а именно на территории Уральско-Мугоджарского горно-металлургического центра, нужно подчеркнуть, что в настоящий момент особенно важным результатом исследований

является выделение конкретных меднорудных районов на территории распространения памятников западноалакульской и кожумбердынской культурных групп [Ткачев и др. 2014: 97–115; Ткачев и др. 2016: 703–716; Носкевич и др. 2017: 56–62], но открытыми остаются вопросы, связанные с металлообработкой в Мугоджарском регионе. В контексте названной проблемы особенно интересны результаты исследования поселения *Тарангул*.

Одним из редких в данном регионе артефактов, связанных с металлообработкой и металлургическим производством в целом, который обнаружен в 2021 г. на поселении *Тарангул*, является литейная форма, описанию и анализу которой посвящена настоящая статья. Приступая к основной части статьи о литейной форме, считаем необходимым сделать экскурс о местонахождении артефакта и некоторых проблемах изучения древней металлургии Уральско-Мугоджарского региона.

В ходе раскопочных работ на поселении *Тарангул* была выявлена производственная площадка со сложной системой производственных секторов и участков, где были обнаружены очажки, желобки и прокаленная почва, свидетельствующие о наличии металлургического производства. В системе производственной площадки были выявлены остатки сооружений в виде ям, которые по всем внешним признакам представляют теплотехнические сооружения периода эпохи бронзы (фото 1). Возможно, данные сооружения являются шахтными металлургическими печами двух- или трехсекционного



Карта 1. Локализация археологического комплекса Тарангул
[Map 1. Location of the archaeological site of Tarangul]

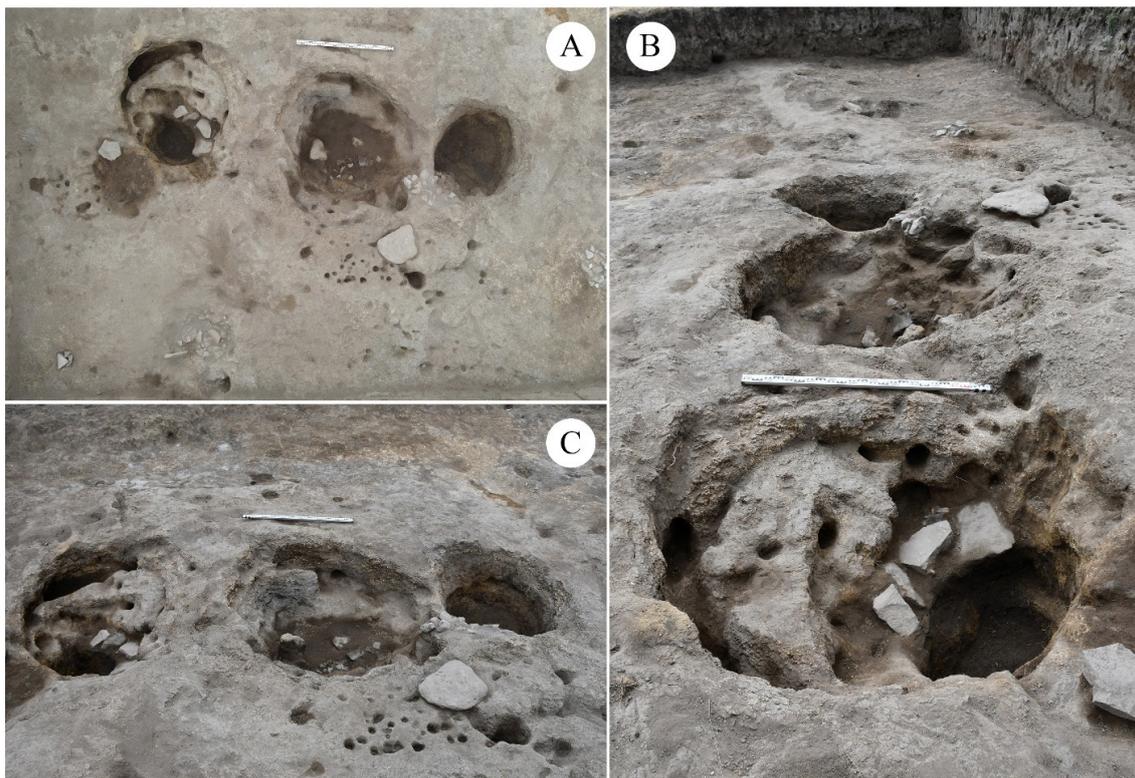


Фото 1. Поселение Тарангул. Фото остатков металлургических печей шахтного типа: А — остатки теплотехнических сооружений и производственных площадок, примыкающих к ним.

Вид сверху; В — вид с запада; С — вид с юга

[Photo 1. Tarangul settlement. Photos of the remnants of mine-type metallurgical furnaces:

A — remnants of heating structures and adjacent production areas. Top view;

B — view from the west; C — view from the south]

типа, схожими с достаточно хорошо изученными печами поселения Талдысай, входящего в систему Жезказган-Улытауского горно-металлургического центра эпохи палеометалла [Ермолаева 2017: 481–493; Ермолаева и др. 2019: 93].

Принадлежность шахтных сооружений к металлургическим печам в историографии археологической науки определенное время была и в некоторой степени остается дискуссионной, к примеру, шахтные сооружения из поселений Северо-Бетпакалинского региона в Центральном Казахстане [Кадырбаев, Курманкулов 1992: 25–66] интерпретировались как остатки колодцев [Григорьев 2003: 125–145; Григорьев 2013а: 99].

Серьезной критике подвергнута трактовка отдельных талдысайских материалов из Жезказган-Улытауского региона в качестве металлургических печей шахтного типа [Григорьев 2022: 65–67], несмотря на

то, что экспериментальным путем показано, что шахтные сооружения одно-, двух- или трехсекционного типов можно причислить к сооружениям, относящимся к металлургическому производству, а шахтные сооружения интерпретировать как металлургические печи [Ермолаева, Русанов 2016: 82–87; Русанов, Ермолаева 2011: 321–329; Ermolaeva et al. 2013: 441–454; Ермолаева, Русанов 2022: 34–66]. Отдельные исследователи также предлагают альтернативные варианты интерпретации шахтных сооружений Урало-Казахстанского региона, определяя их назначение как пожаровые ямы-печи [Ткачев, Богданов 2022: 52].

Обнаружение сооружений шахтного типа в Актыубинском Приуралье — редкое явление, что усложняет процесс нахождения аналогий в данном регионе. Отметим, что металлургические печи наземного типа эпохи бронзы имеют широкое распространение не только в исследуемом нами ре-



Фото 2. Поселение Тарангул. Литейная форма и оборот с негативами орудий
[Photo 2. Tarangul settlement. One-piece stone tool mold and its reverse side]

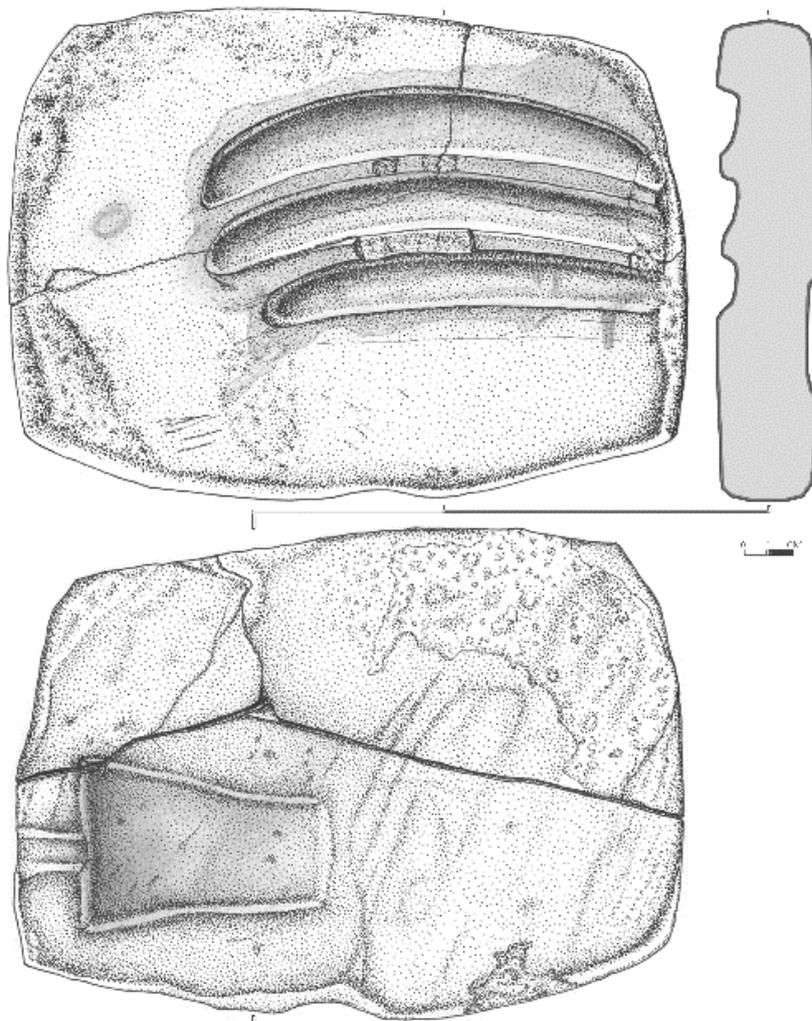


Рис. 1. Поселение Тарангул. Прорисовка плоскостей с негативами орудий
и профиля литейной формы
[Fig. 1. Tarangul settlement. Drawings of the tool mold's surfaces and profile]

гионе, они обнаружены в разных регионах Евразии: на поселениях синташтинской культуры на Южном Урале, на поселении срубной общности Червонэ Озеро-3 Картамышского археологического микрорайона Донецкого горно-металлургического центра и др. [Григорьев, Русанов 1995: 147–158; Григорьев 2000: 444–531; Бровендер 2013: 127–151], но, к сожалению, иначе обстоит дело с сооружениями шахтного типа, возможно, обнаруженными на поселении *Тарангул* в Актюбинском Приуралье. Подчеркнем, что теплотехнические сооружения шахтного типа периода бронзового века характерны именно для степной зоны, что во многом связано с технологическими аспектами функционирования данных конструкций в степи, где отсутствует массовый материал для розжига подобных сооружений [Ермолаева, Русанов 2022: 14–15, 22–23].

Наиболее близкими аналогиями сооружениям *Тарангула* можно назвать теплотехнические сооружения Синташты и Аркаима [Григорьев 2013б: 102–103], но определенные хронологические и конструктивные отличия (диаметр, глубина, палеопочвенные аспекты) в сооружениях *Тарангула*, Синташты и Аркаима наталкивают на мысль, что сравнение необходимо проводить с большой осторожностью. Необходимо отметить, что характер сооружений из поселения *Тарангул*, а также точная их идентификация возможны только после окончательного исследования, которое запланировано в будущем.

В настоящий момент изучение остатков теплотехнических сооружений поселения *Тарангул* еще продолжается и является темой для отдельной статьи, но вместе с тем в контексте изучения металлургической проблематики интересны сопутствующие найденным сооружениям артефакты, в том числе литейная форма (фото 2, рис. 1) описанию и анализу которой посвящена настоящая статья.

Литейная форма была обнаружена в 2 м к западу от остатков теплотехнических сооружений (западной ямы), на древней дневной поверхности, в районе предполагаемой дымовыводящей конструкции трехсекционной металлургической печи шахтного типа на производственной площадке поселения *Тарангул* [Байтлеу и др. 2021: 202–204]. На месте нахождения литейной формы также

могла располагаться площадка для загрузки и выгрузки печи или же металлургический очажок.

В настоящей статье мы не ставим цель определения датировки и культурной принадлежности самого объекта и отдельно обнаруженного артефакта и не предполагаем проведение историко-культурных реконструкций, связанных с полным циклом металлургического производства в эпоху бронзы на названной территории. Мы преследуем цель ввода в научный оборот новых данных, полученных естественнонаучными методами в ходе изучения археологического артефакта, в нашем случае — литейной формы.

2. Методы исследования

В ходе изучения литейной формы из поселения *Тарангул* нами проведен трасологический анализ с целью установления серии механических повреждений, следов и отметин, имеющих на поверхности артефакта. Выявление микроследов изготовления и дальнейшего функционального использования литейной формы производилось с помощью микроскопа ZEISS SteREO Discovery.V8, имеющего диапазон масштабирования 8:1 и 200× увеличение. При трасологическом анализе были проведены макрофиксация отметин и описание микроследов функционального характера, а также микроизноса, выявление технологических следов, с дальнейшей интерпретацией их появления, установление функций орудия, его кинематики и обрабатываемого материала.

Кроме того, проведен анализ микроскопических остатков на поверхности литейной формы с помощью рентгенофлуоресцентного прибора Olympus VANTA M-series. Проверка калибровки прибора проводилась ежедневно в течение трех дней с помощью диска из нержавеющей стали 316, входящего в состав оборудования прибора. Используемая установка оснащена анализатором Rh-анода и SSD (силиконово-дрейфовый детектор). При проведении анализа был использован режим AlloyPlus-AuPtAsBrHgRh при 40 кВ в течение 120 сек. с двумя лучами для анализа каждой точки. Все точки имели диаметр 3 мм (такой же размер коллиматора). Установка была настроена на получение сведений об элемен-

тах, рассчитанных в процентах от общей массы элемента. В исследовании были использованы стандарты бронзы BCR-691a, BCR-691c и BCR-691e, предоставленные Европейской комиссией качества CRM

(сертифицированных стандартов образцов) для проверки точности и калибровки точности аппарата по пяти элементам, приписываемым процессу литья (Cu, Zn, As, Sn, Pb, см. табл. 1).

Таблица 1. Расчеты для определения точности стандартов металлов, используемых для анализа
[Table 1. Calculations of metal standards for our analysis]

	Наименование стандарта	Cu	Zn	As	Sn	Pb
Сертифицированные стандарты	BCR-691a	78.7	6.0	0.2	7.2	7.9
	BCR-691c	95.0	0.1	4.6	0.2	0.2
	BCR-691e	92.4	0.2	0.2	7.0	0.2
Измерения по стандартам	BCR-691a	77.2	6.3	0.0	6.6	9.0
	BCR-691c	96.7	0.1	1.6	0.2	0.4
	BCR-691e	91.4	0.1	0.1	6.2	0.3
Ошибки	BCR-691a	-1.6	0.2	-0.2	7.2	7.9
	BCR-691c	1.7	0.0	-3.0	0.2	0.2
	BCR-691e	-1.0	0.0	-0.1	7.0	0.2
Ошибки, в %	BCR-691a	-2.0	3.8	-	-8.0	12.1
	BCR-691c	1.8	21.1	-183.4	-0.5	54.3
	BCR-691e	-1.1	-29.3	-271.1	-13.6	27.8
Среднестатистические ошибки, в %	BCR-691a-c-e	-0.5	-1.4	-227.2	-7.4	31.4

3. Результаты трасологического анализа

Для изготовления литейной формы из поселения *Тарангул* был использован мелкозернистый песчаник. Мелкозернистый песчаник средней плотности и твердости, используемый для изготовления орудий, является частой находкой на поселениях эпохи бронзы. Использование орудий из мелкозернистого песчаника, вероятно, объясняется его физическими качествами: минерал легко поддается механической обработке.

При изготовлении устройства для отливки из Тарангула использована естественная форма плиты, но, вместе с тем, боковые грани плиты оббиты, а углы зашлифованы. Обработан камень техникой пикетажа. Размеры камня с негативами орудий составляют 28,5×18×5 см. На обнаруженном песчанике имеются негативы орудий на двух плоскостях плиты, которые условно нами обозначены как плоскость-1 и плоскость-2. На каждой плоскости выявлены конкретные механические повреждения, которые представлены в

соответствующих макрофотографиях, обозначенных латиницей (фото 3–4).

На плоскости-1 расположена одностворчатая литейная форма с негативами для отливки трех орудий. По результатам сравнительно-типологического анализа обнаруженной литейной формы нам известно, что плоскость-1 литейной формы из Тарангула использовалась для изготовления слабоизогнутых жатвенных серповидных орудий, а расположение литника, размеры матрицы, особенности клинка, в том числе его изгиб, позволяют предположить, что плоскость-1 использовалась для изготовления серпов так называемого типа «Кундравинская», входящего в Волго-Уральскую серию серпов. Основной ареал распространения подобных орудий сосредоточен на Южном Урале, также встречается на Среднем Поволжье и в Западной Сибири (карта 2) [Дергачев, Бочкарев 2002: 42–47]. Серпы и литейные формы для отливки серпов типа «Кундравинская» (рис. 2–3) напрямую связаны с алакульской культурой, локальным вариантом которой в



Фото 3. Поселение Тарангул. Литейная форма и оборот с обозначением исследованных точек на плоскостях плиты. Цифрами обозначены точки взятия проб для проведения р-XRF-анализа (результаты см. в табл. 2, 3), буквами обозначены участки с микроследами функционального использования литейной формы, выявленные в ходе трасологического анализа

[Photo 3. Tarangul settlement. One-piece stone tool mold and its reverse side with designations of investigated points. Figures to indicate pXRF sampling points (see Tables 2 and 3 for results), letters to indicate areas with micro traces of functional use identified by micro-wear analysis]

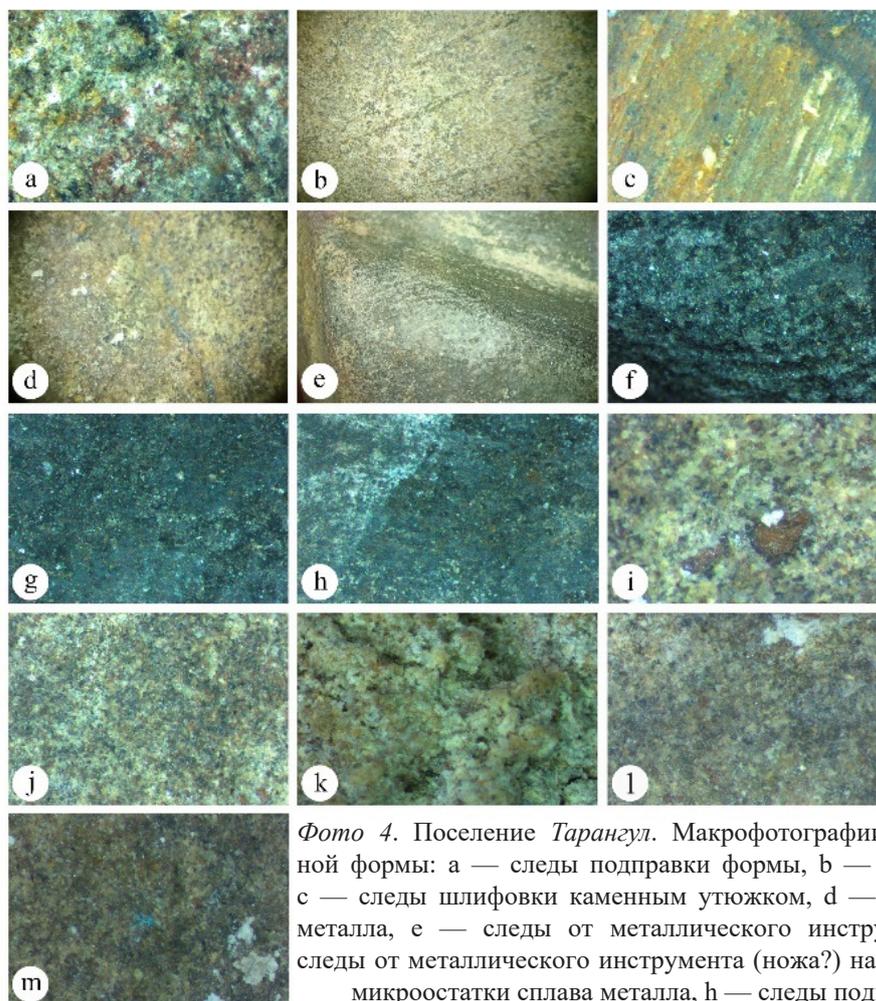


Фото 4. Поселение Тарангул. Макрофотографии поверхности литейной формы: а — следы подправки формы, б — прочерченные линии, с — следы шлифовки каменным утюжком, д — микроостатки сплава металла, е — следы от металлического инструмента (ножа?), ф — следы от металлического инструмента (ножа?) на абрисе негатива, г — микроостатки сплава металла, h — следы подправки ниши, i — микроостатки сплава металла, j — следы горения органического материала, k — минеральная корка, l — следы шлифования литника, m — микроостатки сплава металла

[Photo 4. Tarangul settlement. Macro photographs of the stone tool mold's surface: a — traces of modifying (shape), b — scratched lines, c — traces of a polishing stone, d — micro remnants of metal alloy, e — traces of a metal tool (knife?), f — traces of a metal tool (knife?) on the negative, g — micro remnants of metal alloy, h — traces of modifying (niche), i — micro remnants of metal alloy, j — traces of organic material burning, k — mineral crust, l — traces of polishing (cast gate), m — micro traces of metal alloy]

исследуемом нами регионе является кожумбердынская культурная группа.

Судя по остаткам прочерченных линий, на поверхности плиты предварительно была сделана разметка, которая в последующем была вырезана острым инструментом и углублена до необходимой формы. Учитывая, что стенки углублений литейной формы с негативами серпов не косые, а прямые, можно предположить, что для изготовления не было использовано долото.

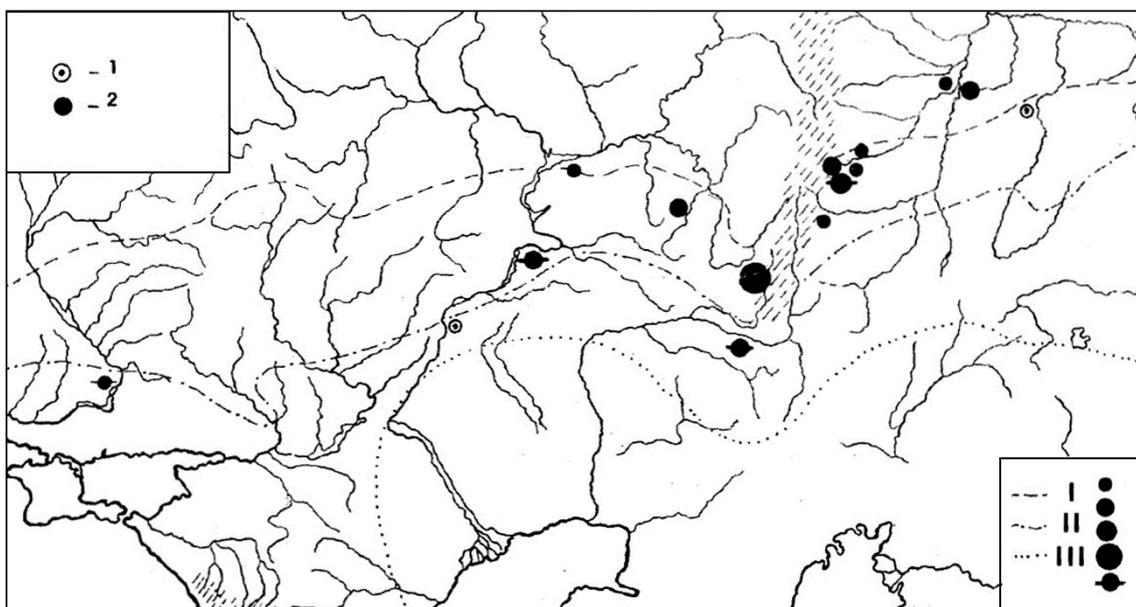
Негативы трех серпов идентичны и имеют дугообразную форму, но негативы орудий разной величины и разделены между собой стенками (перегородками). В результате длительного использования плоскости-1 отдельные части перегородок повреждены. Негативы орудий в области обуха серпов во всех трех случаях углублены в камень в сравнении с более тонкими лезвиями и овальными окончаниями клинка — таким образом, вероятно, создавалось клиновидное сечение — для прочности и дальнейшего удобства при затачивании орудия.

По периметру негативов серповидных орудий прослеживаются микроскопические следы шлифования и выбоин, что указывает на то, что в процессе отливки изделия из металла и до полного его остывания поверхность литейной формы подвергалась шли-

фовке каменным утюжком и ковке металлическим отбойником, вероятно, с целью устранения шероховатостей поверхности отливаемых орудий.

Первый негатив серпа самый массивный. Длина первого негатива составляет 19,2 см, ширина — 2,7 см, глубина в области спинки составляет 0,9 см, а в области пятки — 0,6 см. Технология изготовления первого негатива аналогична центральному и третьему. Незначительным отличием от центрального и третьего негатива можно назвать форму окончания и область пятки, которые больше заострены, вследствие чего визуально срединная часть негатива выглядит массивнее. Необходимо отметить, что готовое изделие из первого негатива серпа, судя по прокатанным следам, оставленным металлическим изделием (возможно, орудием в виде стамески), извлекалось со стороны спинки изделия, а не со стороны пятки, как это было в случаях со вторым и третьим негативами.

Первый и второй негативы разделены перегородкой, ширина которой составляет 0,4 см. Второй негатив серпа (центральный) длиной 18,7 см, широкая часть составила 2,3 см. Глубина в области спинки негатива 0,6 см. Необходимо отметить, что централь-



Карта 2. Схема распространения серпов типа *Кочетков* (1) и *Кундравинская* (2) по [Дергачев, Бочкарев 2002: 42 (рис. 4)]

[Map 2. Distribution of *Kochetkov*-(1) and *Kundravinskaya*-type (2) sickles according to V. Dergachev and V. Bochkarev]

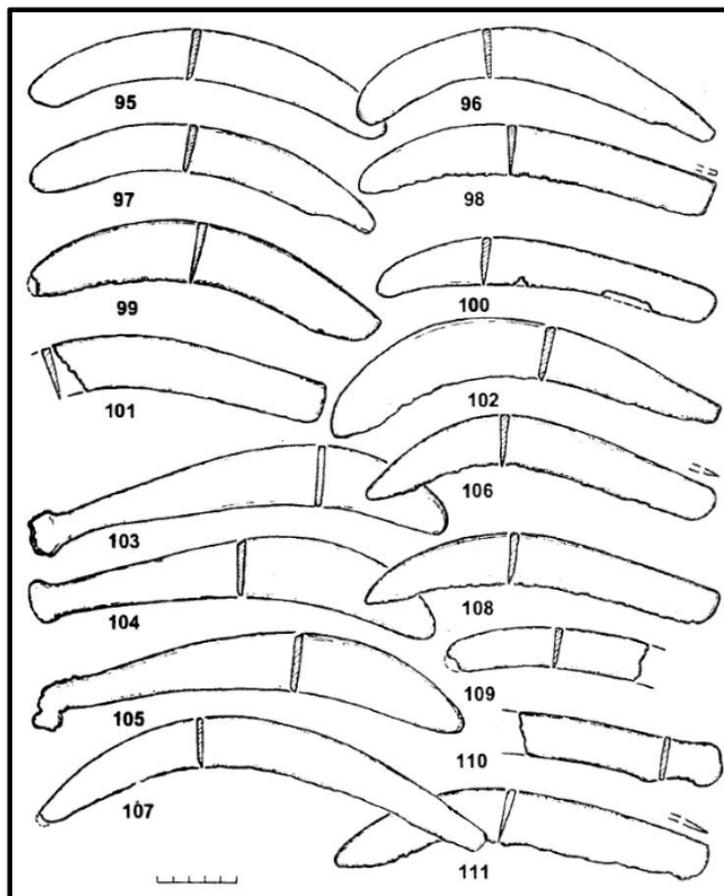


Рис. 2. Серпы Уральской группы: тип Кундравинская: 95–97 — Абзаково; 98 — «Челябинская»; 99 — Черняки III; 100–101 — Камбулат II; 102–105 — «Мензелинский» уезд; 106 — Стариково II; 107 — «Спасский уезд»; 108–110 — Ук III; 111 — Высокая грива
по: [Дергачев, Бочкарев 2002: 45 (рис. 6)]

[Fig. 2. *Kundravinskaya*-type sickles (Ural group): 95–97 — *Abzakovo*; 98 — *Chelyabinskaya*; 99 — *Chernyaki III*; 100–101 — *Kambulat II*; 102–105 — *Menzelinsky Uyezd*; 106 — *Starikovo II*; 107 — *Spassky Uyezd*; 108–110 — *Uk III*; 111 — *Vysokaya Griva*, according to V. Dergachev and V. Bochkarev]

ный негатив серпа шлифовался каменным инструментом (оселком). Кроме того, данный негатив серпа ближе к пятке имеет незначительное углубление. В центральной части второго негатива под микроскопом прослеживаются остатки металла, а также следы от каменного лощила, вероятно, возникшие в процессе очищения литейной формы от остатков металла после отливки изделия.

Второй и третий негатив серпа также разделяются перегородкой, ширина которой составляет 0,5 см. Третий негатив серпа, самый маленький, имеет почти прямое лезвие, слегка загибаясь к окончанию. Длина негатива составляет 16,4 см, самая широкая часть составила 2,1 см. Глубина стенки

негатива в области спинки будущего серпа составила 0,5 см, а ближе к пятке — 0,3 см.

Литник у самого крупного негатива отделен от центрального негатива и находится в области рукояти (пятки), у центрального и третьего негатива серпа литник, возможно, был общим, но ввиду повреждения плиты в области пятки точно установить данный аспект представляется затруднительным.

На плоскости-2 на 1/4 плиты расположен негатив орудия вытянутой трапециевидной формы с незначительно округлой пяткой обушка, и оно почти симметрично в поперечном сечении. Длина формы — 10,5 см, ширина одной стороны составила 4,3 см и другой — 6,7 см. Судя по всему, данный негатив использовался для отливки

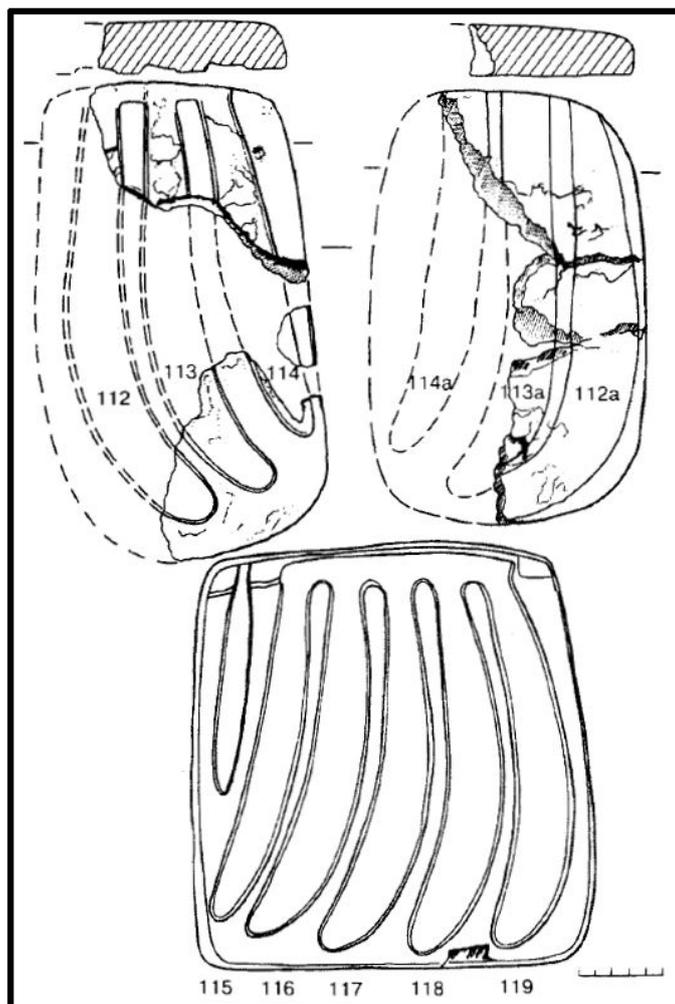


Рис. 3. Литейные формы Уральской группы типа *Кундравинская*: 112–114 — *Яковка 1*, 115–119 — *Кундравинская* по: [Дергачев, Бочкарев 2002: 47 (рис. 7)]
 [Fig. 9. Molds for *Kundravinskaya*-type sickles (Ural group): 112–114 — *Yakovka 1*, 115–119 — *Kundravinskaya*, according to V. Dergachev and V. Bochkarev]

тесла плоского типа. Зауженная пятка и расширяющееся лезвие характерны для тесел из алакульских памятников, датируемых первой половиной II тыс. до н. э. и имеющих широкое распространение в западной части степной полосы Евразии [Аванесова 1991: 32–33].

Микроскопические следы прорезанных линий по периметру негатива тесла указывают на то, что перед созданием формы песчаник был размечен тонким металлическим лезвием или заостренным инструментом. Следы разметки четкие и достаточно ровные. Негатив тесла, вероятно, был выдолблен тонким долотом и в последующем был залощен каменным лоцилом.

На краю негатива расположена створка трапециевидной формы для заливки металла. Створка имеет длину 2,2 см, ширину сторон — 0,9 и 0,6 см и глубину — 0,3 см. Наличие створки указывает на то, что плоскость-2 с негативом тесла, вероятно, является частью двустворчатой литейной формы. К сожалению, вторая створка не обнаружена, возможно, она была сломана либо утрачена в древности. Вполне возможно, что после предполагаемой поломки или утери второй створки была использована плоскость-1 для создания негативов серпов. В пользу названного предположения говорят результаты спектрального анализа, о которых будет указано ниже.

4. Результаты химического анализа

Точечные р-XRF-анализы проводились как на функциональных участках плиты с литейными формами, так и на участках плиты без негативов орудий, с целью сравнения имеющихся следов легирования. На рисунке анализируемые точки на плоскостях обозначены цифрами (фото 3). Средняя точность измеренных стандартов в режиме AlloyPlus-AuPtAsBrHgRh колеблется в зависимости от элемента (см. табл. 1). Элементы Cu и Zn имеют среднюю погрешность <2%, Sn <10%, а Pb — около 30 %. Однако количественное определение As представляется проблематичным, так как средняя ошибка для As превышает 200 %.

Отметим, что на плоскостях литейной формы визуально четко прослеживается различие в цветах. Плоскость-1 с негативами серпов заметно темнее плоскости-2 с негативом тесла, что можно объяснить различием сплавов, использованных для отливки и частотой применения отдельно взятой плоскости.

Результаты анализа показали, что серпы, отлитые в негативах на плоскости-1, были изготовлены на основе меди (табл. 2). Самый большой негатив серпа в верхней части формы, скорее всего, использовался для отливки полиметаллического сплава на основе меди с относительно высоким содержанием Pb (между 1,3–1,8 % от массы) и следами Sb (0,2–0,4 % от массы), Sn (до 0,3 % от массы), а также мышьяка (<0,05 % от массы). Серп, отливаемый в центральном

негативе, имеет те же показатели меди и цинка, что и предыдущий. Сурьма и свинец здесь также присутствуют, хотя и в меньшей концентрации (0,5 и 0,2 % от массы соответственно). Однако ни мышьяка, ни следов олова в центральном негативе серпа не обнаружено. Последний и самый маленький негатив серпа содержит только следы сурьмы (0,3 % от массы) и свинца (0,2 % от массы), также следует отметить, что черные следы здесь менее четкие.

На плоскости-2 с негативом тесла зафиксированы высокие значения серы (15,5 % от массы) и следы меди (ниже 0,02 % от массы), цинка (0,03 % от массы) и свинца (0,01 % от массы) (см. табл. 2). Интересно, что сера также присутствует в количестве 2 и 0,8 % от массы на обоих плоскостях, не занятых негативами орудий, на плоскости-1 и 2 (см. табл. 3).

Присутствие серы на плоскостях плиты может быть объяснено контактом литейной формы с горящими углями. Вероятно, для предотвращения тепловых ударов и возникновения трещин перед заливкой жидкого металла в литейную форму камень с негативами орудий намеренно нагревался, возможно, на открытом костре. В данном контексте можно вернуться к предположению, основанному на трасологических данных о том, что плоскость-2 с негативом тесла после порчи или утери второй створки со временем не использовалась. Наличие большого содержания серы на плоскости-2 косвенно подтверждает названные выво-

Таблица 2. Сводная таблица следов сплавов, обнаруженных р-XRF на плоскостях литейной формы. Исходные результаты выражены в процентах от общей массы, представленной в 100 % (Нпо — ниже предела обнаружения. Полный состав каждой точки анализа см. в табл. 3)

[Table 2. Summary table of alloy traces detected by pXRF analysis on the mold's surfaces.

Initial results expressed as percentage shares of the total mass (i.e., 100%).

(Russ. *нпо* 'below detection point'. See Table 3 for complete composition of each investigated point)]

Точки	Плоскость	Точки анализа	S	Cu	Zn	As	Sn	Sb	Pb
Негатив Серпа 1	1	1	<i>нпо</i>	0.1	0.1	0.0	<i>нпо</i>	0.2	1.3
Негатив Серпа 1	1	2	<i>нпо</i>	0.1	0.1	<i>нпо</i>	0.3	0.4	1.8
Негатив Серпа 2	1	3	<i>нпо</i>	0.1	0.1	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	0.5	0.2
Негатив Серпа 3	1	4	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	0.3	0.2
Участок без негативов	1	5	2.0	0.0	0.1	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	0.0
Негатив Тесла	2	6	15.5	0.0	0.0	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	0.0
Участок без негативов	2	7	0.8	0.0	0.0	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	<i>нпо</i>	0.0

Таблица 3. Исходные данные состава точек анализа литейной формы. Исходные результаты выражены в процентах от общей массы, представленной в 100 % (Нпо — ниже предела обнаружения)

[Table 3. Original composition data for the mold's analyzed points.
Initial results expressed as percentage shares of the total mass (i.e., 100%)]

Точки анализа	1	2	3	4	5	6	7
Плоскость	1	1	1	1	1	2	2
Точки	Негатив Серпа 1	Негатив Серпа 1	Негатив Серпа 2	Негатив Серпа 3	Участок без негативов	Негатив Тесла	Участок без негативов
Bi	нпо	нпо	0.1	нпо	нпо	нпо	0.0
Pb	1.3	1.8	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
Ta	нпо	нпо	нпо	0.1	нпо	нпо	нпо
Sb	0.2	0.4	0.5	0.3	нпо	нпо	нпо
Sn	нпо	0.3	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Nb	0.0	нпо	нпо	нпо	0.0	0.0	нпо
Zr	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Sr	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1
As	0.0	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Zn	0.1	0.1	0.1	нпо	0.1	0.0	0.0
Cu	0.1	0.1	0.1	нпо	0.0	0.0	0.0
Ni	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Fe	57.8	45.2	53.3	52.0	38.4	29.7	33.3
Mn	4.9	5.6	8.4	4.4	2.6	4.8	3.1
Cr	0.1	нпо	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1
V	нпо	0.3	нпо	0.2	нпо	0.1	0.1
Ti	2.3	1.9	2.4	2.4	1.2	0.9	1.1
Sc	0.7	2.6	4.1	3.1	1.1	3.8	3.0
S	нпо	нпо	нпо	нпо	2.0	15.5	0.8
P	0.8	1.5	нпо	нпо	1.0	нпо	0.5
Si	27.3	39.6	30.1	35.5	39.4	36.5	44.8
Al	3.7	0.0	0.0	1.1	13.9	8.4	12.8
Общее значение, в %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ды. Вероятно, литейная форма помещалась в огонь таким образом, когда плоскость-2 располагалась внизу и непосредственно контактировала с горящими углями.

В целом р-XRF-анализ показал, что литейная форма использовалась для отливки (полиметаллических) сплавов на основе меди. Однако следует подчеркнуть, что проведенный анализ не позволяет определить частоту использования литейной формы, а полученные результаты с большей вероятностью отражают только один эпизод использования, т. е. последнюю операцию литья. Вместе с тем отметим, что обнару-

женные на поверхности литейной формы остатки, свидетельствующие о легировании, необходимо сравнить с металлическими изделиями, обнаруженными в контексте исследуемого археологического объекта, т. е. производственной площадки поселения *Тарангул*.

5. Заключение

Несмотря на то, что р-XRF-анализ предоставил данные лишь о последнем эпизоде применения литейной формы из Тарангула в древности, мы получили достаточно интересные сведения, которые подтверждаются результатами трасологического исследования.

В настоящий момент установлено, что плита с негативом тесла после порчи или утери второй створки была адаптирована для создания негативов трех серповидных орудий. Обнаружение литейной формы близ остатков теплотехнических сооружений (металлургических печей) на производственной площадке поселения также косвенно указывает на то, что литейная форма с негативами серпов использовалась определенное время по прямому назначению.

Интересным, на наш взгляд, является выявленный дисбаланс состава сплавов на плоскости-1, который указывает на то, что в литейной форме с негативами трех серпов орудия могли отливаться не одновременно, а по мере необходимости и наличия заказа на продукт от группы или отдельного индивида. В пользу данного предположения говорит и характер отливаемого инструмен-

та, т. е. серпа, который имеет сезонный характер использования. В то же время можно предположить, что все три орудия могли изготавливаться одновременно только при наличии или избытке сырья, а при его отсутствии отливались лишь один или два экземпляра инструмента.

Таким образом, исследование литейной формы из Тарангула позволило осветить некоторые вопросы, связанные с культурной принадлежностью исследуемого объекта, отдельными аспектами металлопроизводства и используемого сырья. Вместе с тем открытыми остаются вопросы, связанные с характером легирования. Изучение названного аспекта необходимо в контексте всего комплекса материалов из исследуемого памятника, что, безусловно, будет проведено в дальнейшем.

Литература

- Аванесова 1991 — *Аванесова Н. А.* Культура папушских племен эпохи бронзы азиатской части СССР (по металлическим изделиям). Ташкент: Фан, 1991. 200 с.
- Байтлеу, Калиева 2020 — *Байтлеу Д. А., Калиева Ж. С.* Результаты исследований археологического комплекса эпохи бронзы Тарангул на севере Орь-Илекской возвышенности в 2020 году // Кадырбаевские чтения – 2020: мат-лы VI Междунар. науч. конф. (г. Актобе, 27–28 ноября 2020 г.) / отв. ред. А. Б. Уразова. Актобе: Актюбинск. обл. ист.-краевед. музеев, 2020. С. 7–22.
- Байтлеу и др. 2021 — *Байтлеу Д. А., Калиева Ж. С., Искаков А. Ш.* Результаты исследований поселения эпохи бронзы Тарангул в 2021 году (предварительное сообщение) // Великая степь в контексте этно-культурных исследований (Маргулановские чтения – 2021): мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Алматы, 26–27 октября 2021 г.) / гл. ред. А. Онгар, отв. ред.: Б. А. Байтанаев, Т. Б. Мамиров. Т. 1. Алматы: Ин-т археологии им. А. Х. Маргулана, 2021. С. 198–206.
- Байтлеу, Шагирбаев 2021 — *Байтлеу Д. А., Шагирбаев М. С.* Анализ археозоологического материала поселения Тарангул (предварительные данные) // Археология Казахстана. 2021. № 2(12). С. 141–151.
- Бровендер 2013 — *Бровендер Ю. М.* Опыт экспериментальных исследований по выплавке меди из руд Картамышского рудопроявления Донбасса // Экспериментальная археология. Взгляд в XXI век: материалы международной полевой научной конференции / сост. и науч. ред. С. А. Агапов. Ульяновск: Печатный двор, 2013. С. 127–151.
- Григорьев, Русанов 1995 — *Григорьев С. А., Русанов И. А.* Экспериментальная реконструкция древнего металлургического производства // Аркаим. Исследования. Поиски. Открытия / сост. Н. О. Иванова, науч. ред. Г. Б. Зданович. Челябинск: Каменный пояс, 1995. С. 147–158.
- Григорьев 2000 — *Григорьев С. А.* Металлургическое производство на Южном Урале в эпоху средней бронзы // Древняя история Южного Зауралья. Каменный век. Эпоха бронзы / отв. ред. Н. О. Иванова. Челябинск: ЮУрГУ, 2000. С. 444–531.
- Григорьев 2003 — *Григорьев С. А.* Металлургия эпохи бронзы Центрального Казахстана // Степная цивилизация Восточной Евразии. Т. 1. Древние эпохи. Астана: Култегін, 2003. С. 125–145.
- Григорьев 2013а — *Григорьев С. А.* О некоторых особенностях функционирования и интерпретации колодцев эпохи бронзы // Археологические исследования степной Евразии: сб. науч. ст. к 70-летию В. В. Евдокимова / отв. ред. В. Г. Ломан. Караганда: Tengri Ltd., 2013. С. 96–102.
- Григорьев 2013б — *Григорьев С. А.* Металлур-

- гическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы. Челябинск: Циперо, 2013. 660 с.
- Григорьев 2022 — Григорьев С. А. О «металлургических печах шахтного типа» в позднем бронзовом веке Казахстана // Археология Казахстана. 2022. № 4(18). С. 58–72.
- Дергачев, Бочкарев 2002 — Дергачев В. А., Бочкарев В. С. Металлические серпы поздней бронзы Восточной Европы. Кишинев: Высш. антропол. школа, 2002. 348 с.
- Ермолаева 2017 — Ермолаева А. С. К проблемам металлопроизводства эпохи бронзы Казахстана // Мир Большого Алтая. 2017. № 3(4). С. 481–493.
- Ермолаева и др. 2019 — Ермолаева А. С., Кузьминых С. В., Анкушев М. Н., Дубягина Е. В. Металлопроизводство на поселении Талдысай в Жезказган-Улытауском горно-металлургическом центре // Древности Восточной Европы, Центральной Азии и Южной Сибири в контексте связей и взаимодействий в евразийском культурном пространстве (новые данные и концепции): мат-лы Междунар. конф. (г. Санкт-Петербург, 18–22 ноября 2019 г.). Т. II: Связи, контакты и взаимодействия древних культур Северной Евразии и цивилизаций Востока в эпоху палеометалла (IV–I тыс. до н. э.). К 80-летию со дня рождения выдающегося археолога В. С. Бочкарева / отв. ред.: А. В. Поляков, Е. С. Ткач. СПб.: Ин-т истории матер. культуры РАН, Невская типография, 2019. С. 92–95.
- Ермолаева, Русанов 2016 — Ермолаева А. С., Русанов И. А. Поселение Талдысай — памятник древнейшей металлургии Евразии // Культурное наследие. 2016. № 5(68). С. 82–87.
- Ермолаева, Русанов 2022 — Ермолаева А. С., Русанов И. А. Экспериментальное моделирование металлургических печей поселения Талдысай (Труды Института археологии им. А. Х. Маргулана. Т. IV). Алматы: Ин-т археологии им. А. Х. Маргулана, 2022. 160 с.
- Кадырбаев, Курманкулов 1992 — Кадырбаев М. К., Курманкулов Ж. Культура древних скотоводов и металлургов Сарыарки (по материалам Северной Бетпакадалы). Алматы: Наука, 1992. 247 с.
- Носкевич и др. 2017 — Носкевич В. В., Федорова Н. В., Ткачев В. В., Байтлеу Д. А., Юминов А. М. Реконструкция древних медных карьеров бронзового века по георадарным данным // Геофизика. 2017. № 1. С. 56–62.
- Русанов, Ермолаева 2011 — Русанов И. А., Ермолаева А. С. Металлургия меди на поселении эпохи бронзы Талдысай (реконструкция древнего производства) // Археология Казахстана в эпоху независимости: итоги, перспективы: мат-лы междунар. науч. конф., посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан и 20-летию Института археологии имени А. Х. Маргулана (г. Алматы, 12–15 декабря 2011 г.) / отв. ред. А. З. Бейсенов. Т. 1. Алматы: Ин-т археол. им. А. Х. Маргулана, 2011. С. 321–329.
- Ткачев и др. 2014 — Ткачев В. В., Байтлеу Д. А., Юминов А. М. Освоение меднорудных ресурсов Западного Казахстана в бронзовом веке // Труды Филиала института археологии им. А. Х. Маргулана в г. Астана. Т. 3. Астана: Издательская группа ФИА в г. Астана, 2014. С. 97–115.
- Ткачев и др. 2016 — Ткачев В. В., Байтлеу Д. А., Юминов А. М. Некоторые итоги исследования Мугалжарского горно-металлургического центра эпохи поздней бронзы // Актуальные проблемы археологии Евразии: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию независимости Республики Казахстан и 25-летию Института археологии им. А. Х. Маргулана (г. Алматы, 18–19 октября 2016 г.). Алматы: Ин-т археологии им. А. Х. Маргулана, 2016. С. 703–716.
- Ткачев, Богданов 2022 — Ткачев В. В., Богданов С. В. Назначение шахтных печей Западноазиатской Металлургической Провинции // Уральский исторический вестник. 2022. № 4(77). С. 41–54.
- Ermolaeva et al. 2013 — Ermolaeva A., Kurmankulov J., Erjanova A., Rusanov I. Die Siedlung Taldysaj — Ein Denkmal der technischen Kultur der alten Stämme der Region Zezkazgan-Ulytay (Zentral Kazakhstan) // Unbekanntes Kasachstan. Archäologie im Herzen Asiens. In 2 Bänden. 1. Bd. / A. Gorelik, T. Stöllner, Z. Samašev, G. Körlin. Bochum: DBM, 2013. Pp. 441–454.
- land: 2020 investigation results. In: Urazova A. B. (ed.) Kadyrbayev Readings — 2020. Conference proceedings (Aktobe, 27–28 November 2020). Aktobe: Aktobe Regional Museum of Local History and Lore, 2020. Pp. 7–22. (In Russ.)

References

- Avanesova N. A. Bronze Age Pastoralist Culture of the Asian Soviet Union: A Study of Metal Items. Tashkent: Fan, 1991. 200 p. (In Russ.)
- Baitileu D. A., Kaliyeva Zh. S. Bronze Age site of Tarangul in northern parts of the Or-Ilek Up-

- Baitileu D. A., Kaliyeva Zh. S., Iskakov A. Sh. Bronze Age site of Tarangul: 2021 investigation results (A preliminary report). In: Ongar A., Baytanaev B. A., Mamirov T. B. (eds.) *The Great Steppe in the Context of Ethnocultural Research (Margulan Readings — 2021). Conference proceedings (Almaty, 26–27 October 2021)*. Vol. 1. Almaty: Margulan Institute of Archaeology, 2021. Pp. 198–206. (In Russ.)
- Baitileu D. A., Shagirbayev M. S. Analysis of archaeozoological materials from Tarangul settlement (Preliminary data). *Kazakhstan Archeology*. 2021. No. 2(12). Pp. 141–151. (In Russ.)
- Brovender Yu. M. Experience of experimental studies on copper smelting from Kartamysh ore occurrences in Donbass. In: A gapov S. *Experimental Archeology: View into the XXI Century. Field-science conference proceedings (Novaya Bedenga, 6–12 August 2012)*. Ulyanovsk: Pechatnyi Dvor, 2013. Pp. 127–151. (In Russ.)
- Dergachev V. A., Bochkarev V. S. Metal Sickles of Late Bronze Age Eastern Europe. Kishinev: High Anthropological School University, 2002. 348 p. (In Russ.)
- Ermolaeva A. S. To the problems of metal production from the Bronze Age of Kazakhstan. *World of the Great Altai*. 2017. No. 3(4). Pp. 481–493. (In Russ.)
- Ermolaeva A., Kurmankulov J., Erjanova A., Rusanov I. Die Siedlung Taldysaj — Ein Denkmal der technischen Kultur der alten Stämme der Region Zezkazgan-Ulytay (Zentral Kazakhstan). In: Stöllner T., Samašev Z., Gorelik A., Körlin G. (eds.) *Unbekanntes Kasachstan. Archäologie im Herzen Asiens*. In 2 vols. Vol. 1. Bochum: DBM, 2013. Pp. 441–454. (In Germ.)
- Ermolaeva A. S., Rusanov I. A. Experimental Modelling of Metallurgical Furnaces from Taldysay Settlement (Proceedings of Margulan Institute 4). Almaty: Margulan Institute of Archaeology, 2022. 160 p. (In Russ.)
- Ermolaeva A. S., Rusanov I. A. Taldysay settlement — a most ancient metallurgical site of Eurasia. *Cultural Heritage (Мәдени мұра = Культурное наследие)*. 2016. No. 5(68). Pp. 82–87. (In Russ.)
- Grigoriev S. A. About “metallurgical furnaces of shaft type” in the Late Bronze Age of Kazakhstan. *Kazakhstan Archeology*. 2022. No. 4(18). Pp. 58–72. (In Russ.)
- Grigoriev S. A. Bronze Age wells: On some aspects of functioning and identification. In: Loman V. G. (ed.) *Archaeological Investigations of Eurasian Steppe. Jubilee edition*. Karaganda: Tengri Ltd., 2013. Pp. 96–102. (In Russ.)
- Grigoriev S. A. Metallurgy in Bronze Age Central Kazakhstan. In: *The Steppe Civilization of East Eurasia. Vol. 1: Ancient Times*. Astana: Kültegin, 2003. Pp. 125–145. (In Russ.)
- Grigoriev S. A. Metallurgy in Bronze Age North Eurasia. Chelyabinsk: Cicero, 2013. 660 p. (In Russ.)
- Grigoriev S. A. Metallurgy in the Middle Bronze Age Southern Urals. In: Ivanova N. O. (ed.) *Ancient History of the Southern Urals: The Stone and Bronze Ages*. Chelyabinsk: South Ural State University, 2000. Pp. 444–531. (In Russ.)
- Grigoriev S. A., Rusanov I. A. Experimental reconstruction of ancient metallurgical techniques. In: Ivanova N. O. (comp.) *Arkaim: Investigations, Explorations, Discoveries*. G. Zdanovich (ed.). Chelyabinsk: Kamennyi Poyas, 1995. Pp. 147–158. (In Russ.)
- Kadyrbayev M. K., Kurmankulov Zh. Ancient Saryarqa Culture of Pastoralists and Metal-Makers: A Study of Material from Northern Betpaqдала. Almaty: Nauka, 1992. 247 p. (In Russ.)
- Noskevich V. V., Fedorova N. V., Tkachev V. V., Baitileu D. A., Juminov A. M. Reconstruction of ancient Bronze Age copper quarries by GPR data. *Geophysics*. 2017. No. 1. Pp. 56–62. (In Russ.)
- Rusanov I. A., Ermolaeva A. S. Copper metallurgy at the Bronze Age settlement of Taldysay: Reconstructing the ancient techniques. In: Beyenov A. Z. (ed.) *Archaeology of Independent Kazakhstan: Outcomes and Prospects. Jubilee conference proceedings (Almaty, 12–15 December 2011)*. Vol. 1. Almaty: Margulan Institute of Archaeology, 2011. Pp. 321–329. (In Russ.)
- Tkachyov V. V., Baitileu D. A., Yuminov A. M. Some results of research Mugalzhar mining and metallurgical centre in Late Bronze Age. In: Baitanayev B. A. et al. (eds.) *Actual Problems of Eurasian Archaeology. Jubilee conference proceedings (Almaty, 18–19 October 2016)*. Almaty: Margulan Institute of Archaeology, 2016. Pp. 703–716. (In Russ.)
- Tkachev V. V., Bogdanov S. V. The purpose of shaft-type furnaces of the West Asian metallurgical province. *Ural Historical Bulletin*. 2022. No. 4 (77). Pp. 41–54. (In Russ.)
- Tkachyov V. V., Yuminov A. M., Baitileu D. A. Development of copper-ore resources of the Western Kazakhstan in Bronze Age. *Trudy Filiala instituta arkheologii im. A. Kh. Margulana v g. Astana*. Vol. 3. Astana, 2014. Pp. 97–115. (In Russ.)
- Yermolaeva A. S., Kuzminykh S. V., Ankušev M. N., Dubyagina Ye. V. Metal production at the settlement of Taldysay in Zhezk-

zgan-Ulytau mining and metallurgical center. In: Polyakov A. V., Tkach E. S. et al. (eds.) *Antiquities of East Europe, South Asia and South Siberia in the Context of Connections and Interactions within the Eurasian Cultural Space (New Data and Concepts)*. Jubilee conference proceedings (St. Petersburg, 18–22 November

2019). Vol. 2: *Connections, Contacts and Interactions between Ancient Cultures of Northern Eurasia and Civilizations of the East during the Palaeometal Period (4th–1st Mil. BC)*. St. Petersburg: Institute for the History of Material Culture (RAS), Nevskaya Tipografiya, 2019. Pp. 92–95. (In Russ.)

