

УДК 903.21 (470.55)

Поступила в редакцию: 07.02.2026
Доработана после рецензирования: 09.04.2026
Принята к публикации: 30.05.2026

Каменные орудия горно-металлургического производства рудника Воровская Яма в Южном Зауралье

Анастасия Олеговна Букачева[#], Полина Сергеевна Анкушева,
Лариса Яковлевна Кабанова, Анатолий Михайлович Юминов

Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Россия
[#] E-mail: Anastasia_26@list.ru

Аннотация. В работе впервые представлен комплекс каменных орудий алакульской культуры Южного Зауралья, использовавшийся на медных месторождениях. Источником выступает коллекция из раскопок рудника Воровская Яма (Кизильский район Челябинской области), который обрабатывался в XVII–XVI вв. до н.э. Для 83 предметов выполнена функциональная атрибуция методом трасологического анализа, петрографическое исследование и планиграфическое распределение на площадке поселка горняков. Петрофонд коллекции представлен 11 горными породами, среди которых преобладают базальт, андезибазальт, серпентинит, алевролит. Подавляющее большинство источников сырья доступно в ближайших окрестностях рудника (до 5–7 км). В своем выборе горняки руководствовались утилитарным подходом, подбирая породы под функцию: для ударных орудий (кайла, молоты) – твердые базальты и андезибазальты, для работы по относительно мягкому грунту (мотыги) – более мягкие породы, для литейных форм – мягкий серпентинит, удобный в обработке. На основании морфологии и особенностей следов выделены и подробно охарактеризованы три функциональные группы орудий: горнодобывающие (40 ед.), горно-обогащительные (22 ед.), металлообрабатывающие (5 ед.). Спектр выявленных технологических операций отражает полный цикл производства на руднике – от добычи руды и её обогащения и до металлообрабатывающих операций, хотя масштаб последних был невелик. Планиграфически орудия тяготеют преимущественно к площадкам построек и к зоне утилизации бытовых отходов (древнему отвалу). Но четкого разделения на разные по назначению производственные зоны (например, только добыча или только обогащение) не прослеживается, что указывает на выполнение различных технологических операций непосредственно одних и тех же участках поселения. Получены предварительные выводы о специфике орудийного комплекса рудника Воровская Яма в сравнении с другими срубно-алакульскими производственными памятниками. Она заключается в широком использовании разнообразных местных пород, преобладании орудий горнодобывающего цикла, а также в полном отсутствии костяных орудий для мокрого обогащения руды и других технологических операций, которые фиксируются на ряде синхронных памятников.

Ключевые слова: Южное Зауралье, поздний бронзовый век, горное дело, металлопроизводство, алакульская культура, древний рудник, каменные орудия, трасология, петрография горных пород

Цитирование. Букачева А.О., Анкушева П.С., Кабанова Л.Я., Юминов А.М., 2026. Каменные орудия горно-металлургического производства рудника Воровская Яма в Южном Зауралье, *Уфимский археологический вестник*, т. 26, № 2, с. 386–408. <https://doi.org/10.31833/uav/2026.26.2.021>

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 25-18-20001 «Первые горняки бронзового века в Южном Зауралье: технологии, связи и повседневность». <https://rscf.ru/project/25-18-20001/>.

Благодарности. Авторы признательны Ю.В. Костомаровой за возможность использовать эталонную базу экспериментальных орудий при проведении трасологического анализа.

Дополнительные материалы. Индивидуальные описания и иллюстрации функционально определенных предметов из коллекции рудника Воровская Яма (раскопы 2021–2024 гг.): Букачёва А., Анкушева П., Кабанова Л., Юминов А., 2026. Каменные орудия горно-металлургического производства рудника Воровская Яма в Южном Зауралье. Приложение 1 [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20232882>

Stone Tools of the Vorovskaya Yama Metallurgical Mine in the Southern Urals

Anastasia O. Bukacheva #, Polina S. Ankusheva, Larisa Y. Kabanova, Anatoly M. Yuminov

South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology of Ural Branch of RAN, Miass, Russia

#E-mail:Anastasia_26@list.ru

Abstract. The article is the first-time presentation of the complex of stone tools attributed to the Southern Urals Alakul culture and utilized at copper fields. The source of the study is a collection excavated at the Vorovskaya Yama mine (Kizilsky District, Chelyabinsk Region) operated in 1600^s–1500^s BC. 83 items are functionally attributed using a traceological analysis; the items are exposed to petrographical research and planigraphic distribution at the miners' settlement site. The petrographic fund of the collection is represented by 11 rock types with predominant basalt, andesibasalt, serpentite and siltstone. Most of the raw materials are available for development in the nearest vicinity of the mine (up to 5–7 km). Choosing the raw materials, the miners were driven by the utilization approach and selected the rock based on its function. For instance, impact tools (pick-axes, hammers) required firm basalts and andesite-basalts, while tools for softer soil (hoes) require softer rocks, whereas mold-casting requires a more manageable and softer serpentinite. The morphology and traces peculiarities allow distinguishing and detailing three functional groups of tools: mining tools (40 items), ore-dressing tools (22 items), and metalworking tools (5 items). The spectrum of determined process operations reflect the full production cycle at the mine from ore production and dressing to metalworking, even though the metalworking scale was minor. From the planigraphic point of view, the tools are prone to be situated near building site or domestic waste disposal areas (dump site). However, zones are not clearly distinguished by their industrial intended use (e.g., ore production only or ore dressing only). It means, various process operations took place right inside dwelling areas. The study results in preliminary conclusions on the peculiarities of the tool complex from the Vorovskaya Yama mine in comparison to other Srubnaya-Alakul industrial sites. The collection in question features diverse local rocks, predominant mining tools and no bone tools for ore wet dressing or other process operations registered in a number of simultaneous sites.

Keywords: Southern Trans-Urals, Late Bronze Age, mining, metal production, Alakul culture, ancient mine, stone tools, tracology, petrography of rocks

Citation. Bukacheva, A.O., Ankusheva, P.S., Kabanova, L.Y., Yuminov, A.M., 2026, "Stone Tools of the Vorovskaya Yama Metallurgical Mine in the Southern Urals", *Ufa Archaeological Herald*, vol. 26, no. 2, pp. 386–408. (In Russ.) <https://doi.org/10.31833/uav/2026.26.2.021>

Funding. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 25-18-20001 "The first Bronze Age miners in the Southern Trans-Urals: technologies, connections and everyday life". <https://rscf.ru/project/25-18-20001/>

Acknowledgements. The authors are grateful to Y.V. Kostomarova for the opportunity to use the reference collection of experimental tools during the traceological (use-wear) analysis.

Supplementary. Individual descriptions and illustrations of stone tools from the collection of the Vorovskaya Yama mine (excavations 2021–2024). Bukacheva, A.O., Ankusheva, P.S., Kabanova, L.Y., Yuminov, A.M., 2026, "Stone Tools of the Vorovskaya Yama Metallurgical Mine in the Southern Urals". Appendix 1 [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20232882>

Введение

Алакульская культура – одно из крупнейших металлопроизводящих образований позднего бронзового века Урало-Казахстанского региона, входящих в Евразийскую (Западно-Азиатскую) металлургическую провинцию [Сernych, 2013]. В ареале алакульских сообществ существовали несколько горно-металлургических центров с полным циклом производства [Ткачев, 2018], включая

его первую стадию – добычу и первичное обогащение медной руды. До недавнего времени эта отрасль хозяйства изучалась в основном по материалам поселенческих и погребальных комплексов. Исследования были направлены преимущественно на изучение состава и типологии самих металлических изделий [Черных, 1970; Авансова, 1991; Тигеева, 2013; Дегтярева и др., 2025; Ankushev et al., 2025; и др.], литейных форм для

них [Епимахов, 2012; Алаева, 2014; Петров и др., 2025; и др.], теплотехнических сооружений [Григорьев, 2013], металлургических шлаков [Григорьев, 2013; Artemyev, Ankushev, 2019; Ankushev et al., 2021; и др.]. Одной из наиболее полно отражающих спектр производственных процессов категорий предметов являются каменные орудия труда. Макроорудия – распространенная находка на поселенческих (реже – в погребальных) алакульских памятниках. Для этих артефактов предложены типологические схемы [Фомичев, 2015], но только отдельные коллекции изучены при помощи трасологического анализа. Среди них – преимущественно материалы Южного Урала [Зданович, Коробкова, 1988; Коробкова, Виноградов, 2004; Зданович, Юминов, 2018; Каравашкина, Семин, 2025; Алаева et al., 2025] и лесостепного Притоболья [Потемкина, 1985. С. 103–123; Костомарова, Сечко, 2023]. Большинство изученных неукрепленных поселений бронзового века Южного Зауралья не содержат свидетельств горно-обогажительных операций – вероятно, они выполнялись только на рудниках или на специализированных поселениях [Григорьев, 2013; Ankushev et al., 2025]. Следовательно, существует информационная лагуна, связанная с пониманием алакульских технологических процессов непосредственно вблизи месторождений меди.

Геоархеологические работы последнего десятилетия на рудопроявлениях меди постепенно пополняют источниковый фонд по этой проблематике. Первым рудником в Южном Зауралье, на котором проведены раскопки широкими площадями, стал Новотемирский рудник. Помимо добычи и обогащения медной руды, здесь обнаружены свидетельства выплавки металла и изготовления готовых бронзовых изделий [Анкушева и др., 2021]. Трасологическое исследование каменных орудий указывает на технические операции, связанные с непосредственной добычей медной руды и ее первичным обогащением (дроблением крупных фрагментов породы) [Алаева и др., 2021]. Однако многоэтапность посещения памятника на протяжении II тыс. до н.э., установленная по результатам радиоуглеродного датирования, не позволяет безусловно связать каменный инвентарь с носителями конкретных культурных традиций.

В этой связи целесообразно обращение к материалам другого подобного объекта – рудника Воровская Яма. Вскрытый раскопками 2021–2024 гг. участок памятника отличается культурной монолитностью, что позволяет говорить именно об алакульском металлопроизводстве. Цель данной работы – исследование горно-металлургических технологий на этом руднике при помощи анализа каменных орудий. Для этого необходимо определение петрофонда и возможных источников сырья для их изготовления, функционального назначения предметов с помощью трасологического

метода, а также выявление производственных зон на площадке памятника. Полученные данные позволят дополнить сведения об организации труда и быта горняков алакульской культуры на руднике Воровская Яма, а также сравнить его с другими производственными памятниками бронзового века Северной Евразии.

Рудник Воровская Яма: общая характеристика

Рудник Воровская Яма находится в степной части Южного Зауралья в Кизильском районе Челябинской области (рис. 1, А) между реками Куйсак (2,6 км к СЗ) и Зингейка (5,4 км к ЮЗ). Его исследование было начато в 1990-е гг. под руководством В.В. Зайкова и Г.Б. Здановича [Зайков, Зданович, Юминов, 2000], с 2021 г. на памятнике проводятся раскопки (рис. 1, В). Как археологический объект, рудник включает в себя одиночный центральный карьер диаметром около 30 м и глубиной до 4 м, окружающие его отвалы, более мелкие выработки (шахты) на юго-восточном краю памятника, а также жилищно-производственную зону с постройками к северо-востоку от центрального карьера. Постройки имели как производственное, так и бытовое назначение, что подтверждается многочисленными кухонными отходами (кости животных, фрагменты керамики) и следами горно-металлургических операций (дробленые породы с медной минерализацией, шлаки, сплеси меди). На юго-восточном краю памятника в 2024 г. начато исследование шахты – вертикальной горной выработки, забутованной отработанным породой в древности. Согласно радиоуглеродным AMS-датировкам, шахта и постройки могли функционировать одновременно в XVII–XVI вв. до н.э. Типология керамического комплекса позволяет уверенно отнести исследованные объекты к алакульской культуре позднего бронзового века [Ankuseva et al., 2024; Ankuseva et al., 2025]. Единичные фрагменты синташтинско-петровского облика говорят о возможном посещении рудника в начале II тыс. до н.э. [Анкушева и др., 2025].

Материалы и методы

В выборку были включены 83 каменных предмета из материалов раскопок 2021, 2023 и 2024 гг. и подъемных сборов. Основным критерием отбора являлись визуальные признаки обработки или износа, дополнительным – отсутствие выходов подобных горных пород непосредственно на рудопроявлении. С территории раскопа на поселении происходят 75 изделий, из заполнения шахты – 6, из подъемных сборов – 2. Планиграфическое распределение каменных предметов в раскопе выполнено в программном обеспечении Golden Software Surfer с учетом индивидуального местоположения каждого образца.

Петрофонд всех образцов определен макро-скопически, с выделением групп идентичных пород. Для 20 типовых образцов определения заверены при помощи петрографического анализа прозрачных шлифов с применением поляризационного микроскопа ADF U300P с программным обеспечением и камерой ULTRA09. Отбор образцов для анализа в шлифах был произведен на основании визуальной разницы макро-скопических свойств групп горных пород, из которых изготовлены орудия.

Трасологический анализ проводился на стереоскопическом микроскопе NTB с увеличением до $\times 40$. Участки износа зафиксированы с помощью микрофотографирования с использованием камеры Levenhuk M1200 plus, четкость конечного изображения достигалась обработкой частично сфокусированных изображений с помощью про-

граммы Helicon Focus. При интерпретации функционального назначения предметов были учтены материалы трасологического определения орудий из аналогичных синхронных памятников [Килейников, 1984; Горашук, Семин, 2018; Загородняя, 2019а; Зданович, Семин, 2022]. Также для этого использовались экспериментальные эталоны, связанные с обработкой медьсодержащей породы и ковкой металла [Костомарова, 2020; Костомарова, Букачева, Молчанов, 2024].

Результаты исследования

Петрографический анализ

По данным петрографического анализа для изготовления орудий использовалось 11 типов горных пород, среди которых доминируют базальт, андезибазальт, серпентинит, алевролит. Ниже остановимся на их краткой характеристике.

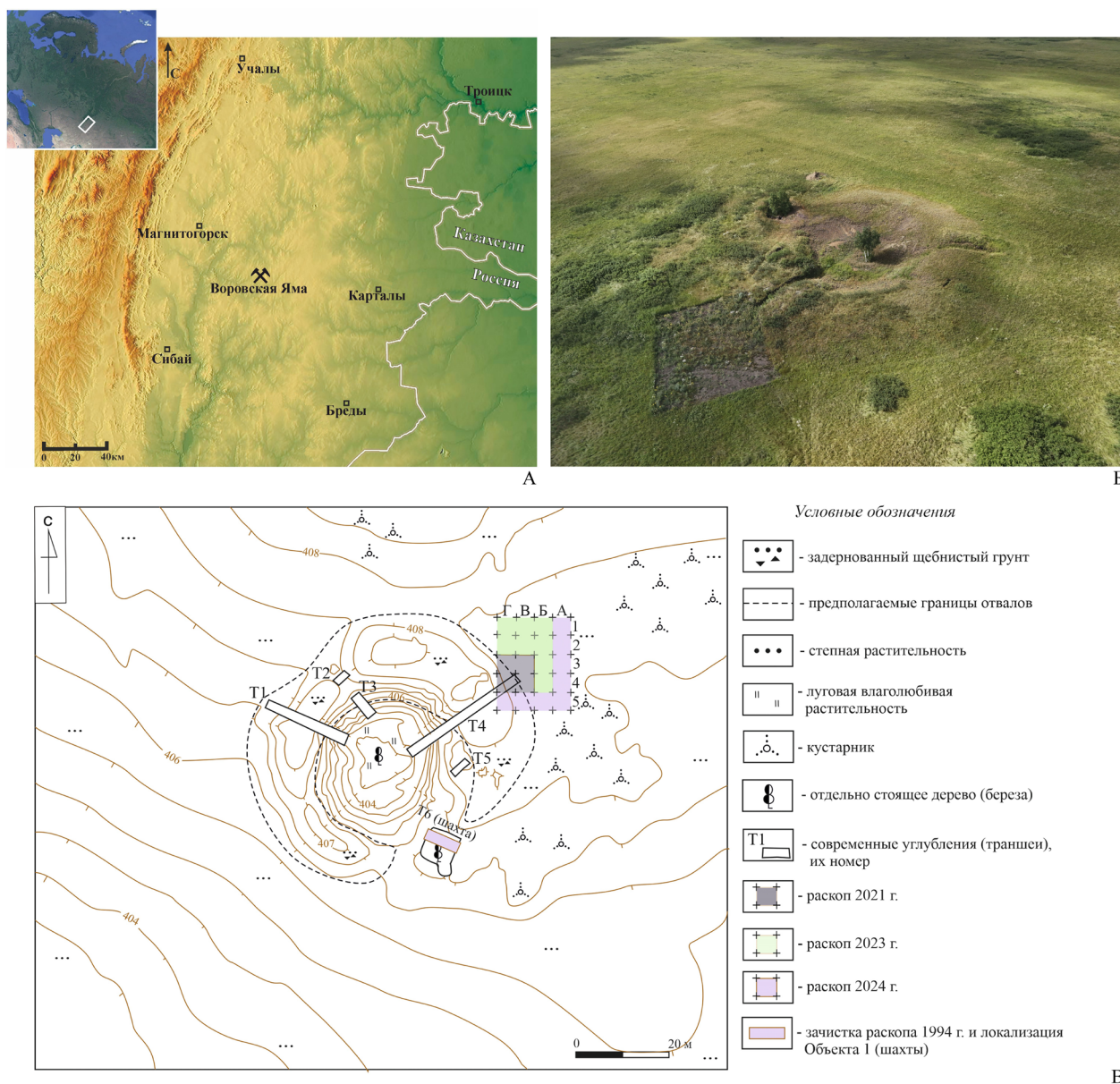


Рис. 1. Рудник Воровская Яма. А – расположение рудника; Б – фото с БПЛА, 2024 г; В – топографический план
 Fig. 1. Vorovskaya Yama Mine. А – Site location; Б – UAV photo 2024; В – topographic plan

Базальт (24 ед.). Порода зеленовато-серого цвета, в шлифе характеризуется порфировой структурой и катакlastической текстурой. Порфировые вкрапленники составляют около 20% площади шлифа и представлены плагиоклазом и пироксеном. Плагиоклаз образует таблитчатые и удлиненные зерна размером от 0,05–0,1 до 1,0 мм в длину, интенсивно деформированные и замещенные соссюритом, каолинитом, пренимом (рис. 2, А). Пироксен представлен призматическими, деформированными зернами размером от 0,1 до 3,0–4,0 мм в длину, полностью замещенными амфиболом, цоизитом и хлоритом. Основная масса породы интенсивно изменена, вулканическое стекло местами хлоритизировано. Микролиты темноцветных минералов замещены пренимом, вторичным амфиболом и цоизитом.

Некоторые орудия изготовлены из сильно преобразованных разновидностей базальта, с измененными структурно-текстурными особенностями. Исходные минералы в этих базальтах полностью замещены вторичными – серицитом, пренимом, соссюритом, актинолитом, хлоритом, эпидотом, цоизитом, кварцем, карбонатами.

Андезибазальт (15 ед.). Порода зеленовато-серого цвета, в шлифе характеризуется порфировой структурой и миндалекаменной текстурой. Порфировые вкрапленники составляют около 40% площади шлифа. Среди вкрапленников преобладает пироксен, почти полностью замещенный вторичными минералами: баститом, амфиболом и хлоритом. Размер вкрапленников пироксена варьирует от 0,1 до 3,0–4,0 мм. Изредка встречаются зерна, в центральных частях которых сохраняются не измененные реликты. Плагиоклаз (андезин-лабрадор) наблюдается в таблитчатых и удлиненных зернах размером не более 1,0 мм в длину, обычно с пренимом и соссюритом, со слабо проявленными полисинтетическими двойниками (рис. 2, Б). Миндалины составляют около 10% объема площади шлифа, имеют округлую, заливообразную и удлиненно-овальную форму и размеры от 0,03 до 2,0–3,0 мм. Миндалины состоят из пренита, хлорита, цоизита. Основная масса стекловатая, содержит около 80% микролитов темноцветных минералов, полностью замещенных амфиболом, пренимом и хлоритом.

Серпентинит (14 ед.). Орудия изготовлены из нескольких различных разновидностей серпентинита, наиболее распространенными являются серпентинит-тальковая и антигорит-тальк-тремолитовая.

Серпентинит-тальковая порода зеленовато-серого цвета, интенсивно деформирована, местами брекчирована, по трещинам хлоритизирована и железнена. В шлифе порода характеризуется лепидограно-, немагнотобластовой структурой, катакlastической, местами брекчиевой текстурой (рис. 2, В). Количественно-минералогический со-

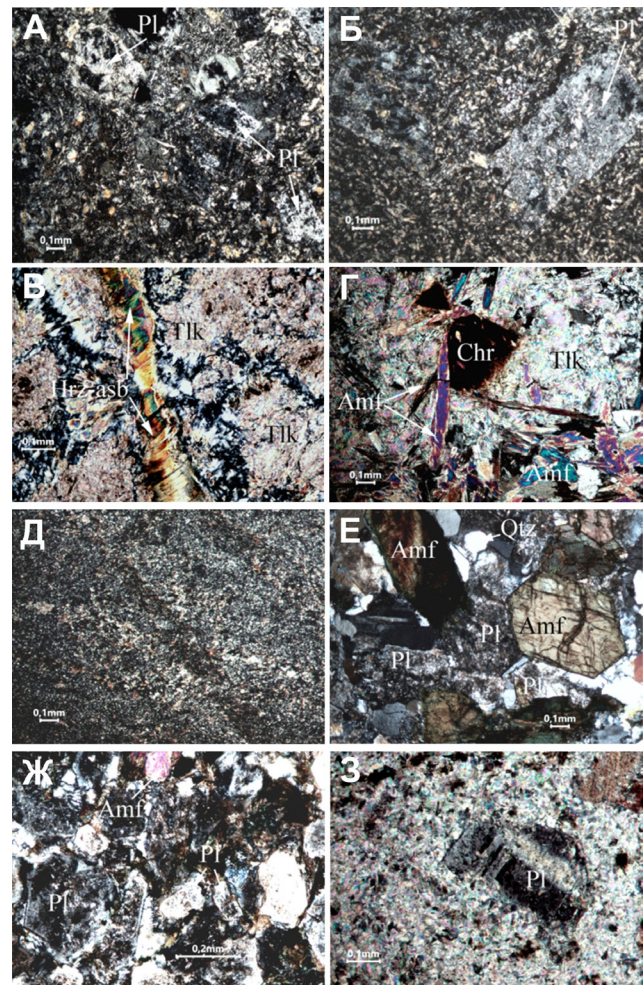


Рис. 2. Петрография каменных орудий рудника Воровская Яма.

А – деформированные и соссюритизированные зерна плагиоклаза в базальте (шл. 659); Б – полностью измененное зерно плагиоклаза в андезибазальте (шл. 658); В – хризотил-асбестовый прожилок в серпентинит-тальковой породе (шл. 2285); Г – тальк с включением хромита и амфиболов в антигорит-тальк-тремолитом серпентините (шл. 1404); Д – брекчиевая текстура, алевропелитовая структура алевролита (шл. 1412); Е – зерна плагиоклаза и амфиболов с общими границами роста в монзодиорите (шл. 678); Ж – интенсивно измененные зерна плагиоклаза в диорите (шл. 1432); З – деформированный, местами замещенный серицитом вкрапленник плагиоклаза в плагиоклаз-биотит-хлорит-серицитом метасоматите (шл. 1452)

Буквами на рисунке обозначены следующие минералы: Pl – плагиоклаз, Tlk – тальк, Hrzs-asb – хризотил-асбест, Amf – амфибол, Chr – хромит

Fig. 2. Petrography of stone tools from the Vorovskaya Yama mine.

А – deformed and saussuritized plagioclase grains in basalt (thin section 659); Б – completely altered plagioclase grain in basaltic andesite (thin section 658); В – chrysotile-asbestos veinlet in serpentinite-talc rock (thin section 2285); Г – talc with Cr-rich spinel and amphibole inclusions in antigorite-talc-tremolite serpentinite rock (thin section 1404); Д – breccia texture, aleuropelitic structure of siltstone (thin section 1412); Е – plagioclase and amphibole grains with common growth boundaries in monzodiorite (thin section 678); Ж – intensely altered grains of plagioclase in diorite (thin section 1432); З – deformed, locally replaced by sericite, plagioclase phenocryst in plagioclase-biotite-chlorite-sericite metasomatite (thin section 1452)

The letters in the figure indicate the following minerals: Pl – plagioclase, Tlk – talc, Hrzs-asb – chrysotile-asbestos, Amf – amphibole, Chr – chromite

став породы (объем. %): тальк – 60, серпентиновые минералы (антигорит мелкогребенчатый, бацит, хризотил, хризотил-асбест) – 20, хлорит – 12, антофилит – 3, хромит – 3, магнетит – 2.

Антигорит-тальк-тремолитовая порода пестро окрашена с преобладанием пятен оранжево-бурого цвета, также с темно-серыми и черными обособлениями округлой формы подчеркнутыми ветвящимися прожилками белого цвета. В шлифе порода характеризуется брекчиевидной текстурой и нематогранобластовой структурой отдельных участков, сложенных игольчатыми и удлинено-призматическими зернами тремолита, местами хлоритизированными, часто в ассоциации с реликтовыми зернами мелкогребенчатого антигорита (рис. 2, Г). Один участок в шлифе сложен агрегатом тальковых пластинчатых и чешуйчатых зерен, содержащих включения отдельных игольчатых зерен гематита.

Глинисто-кремнистый алевролит (11 ед.). Порода серого цвета, в шлифе характеризуется алевропелитовой структурой и брекчиевой текстурой (рис. 2, Д). Порода состоит из мелких обломочных зерен кварца, глинистых частиц, чешуек слюды, пластинок хлорита и новообразованных зерен цоизита, эпидота и кварца, выполнивших трещины и пустоты. Фрагменты слоистости исходной породы несут следы интенсивной деформации, отраженные многочисленными полостями и пустотами, а также трещинами разного направления.

Монцодиорит (7 ед.). Порода серого цвета, неравномерно окрашенная, в шлифе характеризуется средне-крупнозернистой структурой и массивной текстурой. Количественно-минеральный состав породы (объем. %): плагиоклаз – 45, амфибол – 30, калиевый полевой шпат (микроклин) – 10, кварц – 15 (рис. 2, Е). Вторичные минералы: хлорит, эпидот и цоизит (замещают амфибол); пренит и соссюрит (развиваются по плагиоклазу). Аксессуарные минералы представлены сфеном, титаномагнетитом, апатитом и большей частью встречаются в виде включений в зернах амфибола.

Диорит (6 ед.). Порода серого цвета, в шлифе характеризуется средне-мелкозернистой структурой и массивной текстурой. Количественно-минералогический состав породы (объем. %): плагиоклаз – 80, амфибол – 25, биотит – 5 (рис. 2, Ж). Вторичные минералы представлены эпидотом, цоизитом, хлоритом, кварцем.

Сланец (2 ед.). Порода красновато-коричневого, местами черного цвета. Поверхность орудий сильно изменена, вероятно под воздействием открытого огня. На сколах наблюдаются неизменные участки серого и зеленоватого-серого цвета с сланцеватой текстурой. Минеральный состав выражен хлоритом и серицитом. Порода не изучалась в шлифе.

Плагиоклаз-биотит-хлорит-серицитовый метасоматит (1 ед.). Порода темно-серого цвета с порфировой структурой, пятнистой текстурой. Преобладающим минералом является серицит, составляющий около 85% площади шлифа. Он образует скопления пластинок и чешуек размером 0,01–0,05 мм, в котором местами сохраняются реликтовые зерна деформированного плагиоклаза (рис. 2, З). Биотит наблюдается в пластинках размером до 0,03–0,05 мм, образующих местами лучистые сростки. Отдельные пластинки биотита хлоритизированы. Местами к ним приурочены зерна титаномагнетита. Вероятно, исходной породой является андезит.

Хлоритолит (1 ед.). Порода темно-зеленого (до черного) цвета. В шлифе порода характеризуется порфиробластовой структурой. Основная масса породы состоит из хлорита, аксессуарные минералы представлены апатитом, хромшпинелидами. Порфиробласты составляют около 20% объема площади шлифа, представлены прямоугольными обособлениями размером от 0,05–0,1 до 2,0–3,0 мм в длину, сложенными агрегатом пластинчатых зерен хлорита размером от 0,01–0,05 мм. В агрегате хлоритовых зерен встречается реликты бацитита, что позволяет говорить о нескольких этапах преобразования исходного минерала: пироксен замещился бацитом, последний в свою очередь – хлоритом. Вероятно, исходной породой является серпентинизированный дунит.

Мелкозернистый гранитоид (?) (1 ед.). Порода светло-серого цвета, структура мелкозернистая, текстура массивная, местами пятнистая. В силикатном сливном цементе находятся мелкие зерна кварца. Порода не изучалась в шлифе.

Риолит (?) (1 ед.). Порода темно-серого цвета, на поверхности наблюдаются оранжево-бурые пятна. Порода имеет высокую твердость. Структура порфировая, текстура пятнистая. Крупные светлые порфиры кварца и плагиоклаза находятся в более темной матрице стекловатой фазы. Порода не изучалась в шлифе.

Трасологический анализ и типология орудий

На основании морфологических особенностей и результатов трасологического анализа для 67 предметов была определена функциональная группа. Остальные 16 предметов не были определены в виду утраченных рабочих площадок, или из-за невозможности однозначно интерпретировать следы. Определимые орудия были разделены на три группы: горнодобывающие, горно-обогатительные и металлообрабатывающие. В основу типологии легла система, разработанная О.Н. Загородней для материалов Картамышского археологического микрорайона [Загородняя, 2019а], которая была дополнена с учетом особенностей

рассматриваемого памятника (в частности, за счет введения категории противовесов). Описание орудий, у которых было определено функциональное назначение, представлено в приложении (Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20232882>).

1. Горнодобывающие орудия (40 ед.)

К группе горнодобывающих относятся орудия, использовавшиеся для вскрышных операций и работ в шахтах. К ним относятся мотыги (6 ед.), кайла (12 ед.), молоты (3 ед.), противовесы (9 ед.). Они отличаются массивностью (от 4 до 20 кг), минимальной подработкой породы. Для части орудий (10 ед.) не удалось определить тип из-за фрагментарности и отсутствия рабочей площадки. Однако наличие следов крепления, морфология, размеры и вес орудия позволяют предположить их принадлежность к этой группе.

1.1. Мотыги (рис. 3) использовались при вскрышных работах или для удаления земли с участков, содержащих жилу полезных ископаемых. Вес целых орудий составлял от 1,1 до 5,5 кг, размеры – от 24×9×5,5 до 34×11×11 см. Орудия изготавливались из серпентинита, андезибазальта, глинисто-кремнистого алевролита, риолита. Форма предметов удлиненная подтреугольная или ромбовидная, лезвие узкое с малым углом заострения.

Технология изготовления орудий включала ограниченный набор операций, представленный оформлением рабочей площадки и желобков для крепления к рукояти. Рабочая поверхность формировалась путем направленных сколов с боковых граней, создававших заостренное окончание, иногда дополнительно обрабатывалась пикетажем. Для крепления к рукояти уплощали одну или две грани. При помощи оббивки и пикетажа на ребрах оформлялись желобки, которые служили для закрепления на предмете веревки или кожаного ремня к Г- или Т-образной рукояти, о чем свидетельствуют следы истирания на их поверхности.

Группа мотыг выделяется по характерным следам износа на рабочей поверхности: скругленность рабочей кромки, матовый блеск, сглаженность микрорельефа. Линейные следы представлены длинными продольными царапинами, ориентированными вдоль рабочей поверхности (рис. 3, А-Г).

Следы износа на рабочих поверхностях данных орудий аналогичны археологическим и экспериментальным мотыгам, применявшимся для работ по относительно мягкому грунту (суглинка) [Валентин-перешеек..., 1987. С. 102–106].

1.2. Кайла (рис. 4) использовались при вскрышных работах по твердым породам и отделению от монолита рудного тела кусков медьсодержащей породы. Вес целых изделий – от 1,3 до 7 кг; размеры – от 18,5×8,5×7 до 29×15×13 см. Изделия изготавливались из базальта, глинисто-кремнистого алевролита, андезибазальта, монцодиорита.

Форма предметов подтреугольная или трапециевидная. Рабочая площадка локализуется на торцевой грани, которая имеет в сечении клиновидную форму. Схема изготовления аналогична мотыгам. На ребрах орудий оббивкой и пикетажем оформлялись желобки для ремней, которыми крепились рукояти.

Следы сработанности локализуются на всем рабочем торце, при этом заходят на прилегающие боковые грани. Кромка рабочего лезвия неровная, характеризуется интенсивной забитостью, выкрошенностью микрорельефа, деформацией зерен, наличием мелких многочисленных сколов. Линейные следы представлены разноразмерными, разнонаправленными, редкими рисками (рис. 4, А-Е). На поверхности некоторых предметов сохранились участки с остатками медьсодержащей (рис. 4, А) и ожелезненной породы (рис. 4, Б).

Следы износа на рабочих поверхностях данных орудий были идентифицированы в соответствии с аналогиями в материалах срубной культуры [Килейников, 1984; Загородняя, 2019а].

1.3. Молоты среднего и тяжелого действия (рис. 5, 1–3, А-В) использовались в процессе добычи руды и для дробления крупных кусков при ее извлечении и первичном обогащении. Размеры орудий от 13×11×7 до 18×13×9 см, вес 3–4 кг. Орудия изготавливались из андезибазальта. Форма предметов трапециевидная или подпрямоугольная.

Для молотов использовались фрагменты пород подходящей формы. Для крепления к рукояти на них оформлялись желобки, в одном случае дополнительно была уплощена одна из боковых граней.

Рабочей поверхностью выступал уплощенный торец предмета. Поверхность характеризуется забитостью по всей площадке. На микроуровне фиксируются мелкие выбоинки разных очертаний и глубины, замятость выступающих зерен, линейные следы – короткие параллельные друг другу широкие бороздки, расположенными отдельными группами (рис. 5, А-В). Данные следы остаются от ударов по твердому материалу и находят аналогии в экспериментальных эталонах по обработке медьсодержащей породы [Костомарова, Букачева, Молчанов, 2024].

1.4. Противовесы (рис. 5, 4–6, Г-Е) представляют собой массивные фрагменты породы с желобками на ребрах. Вес предметов составлял от 9 до 22 кг, размеры от 20×18×13 до 38×28×24 см. Изготавливались из базальта, андезибазальта, серпентинита, метасоматита.

Орудия зачастую аморфные. Глыбы породы специально не обрабатывались. На ребрах предметов сколами и пикетажем оформлялись желобки. На их поверхности фиксируется истирание от крепления предмета к веревке или кожаному ремню. Рабочая площадка на данных предметах отсутствует.

Данная категория интерпретируются как деталь подъемника типа «журавль». Его могли использовать для подъема на поверхность тяжелого груза из вертикальных шахтных выработок [Черных, Вальков, 2004. С.181; Фомичев, Анкушева, Алаева, 2021].

2. Орудия горно-обогатительного производства (22 ед.)

Горно-обогатительные орудия использовались для дробления извлеченных на поверхность выработки кусков медьсодержащей породы с целью обогащения, а также для дробления уже обогащенного концентрата при подготовке к выплавке

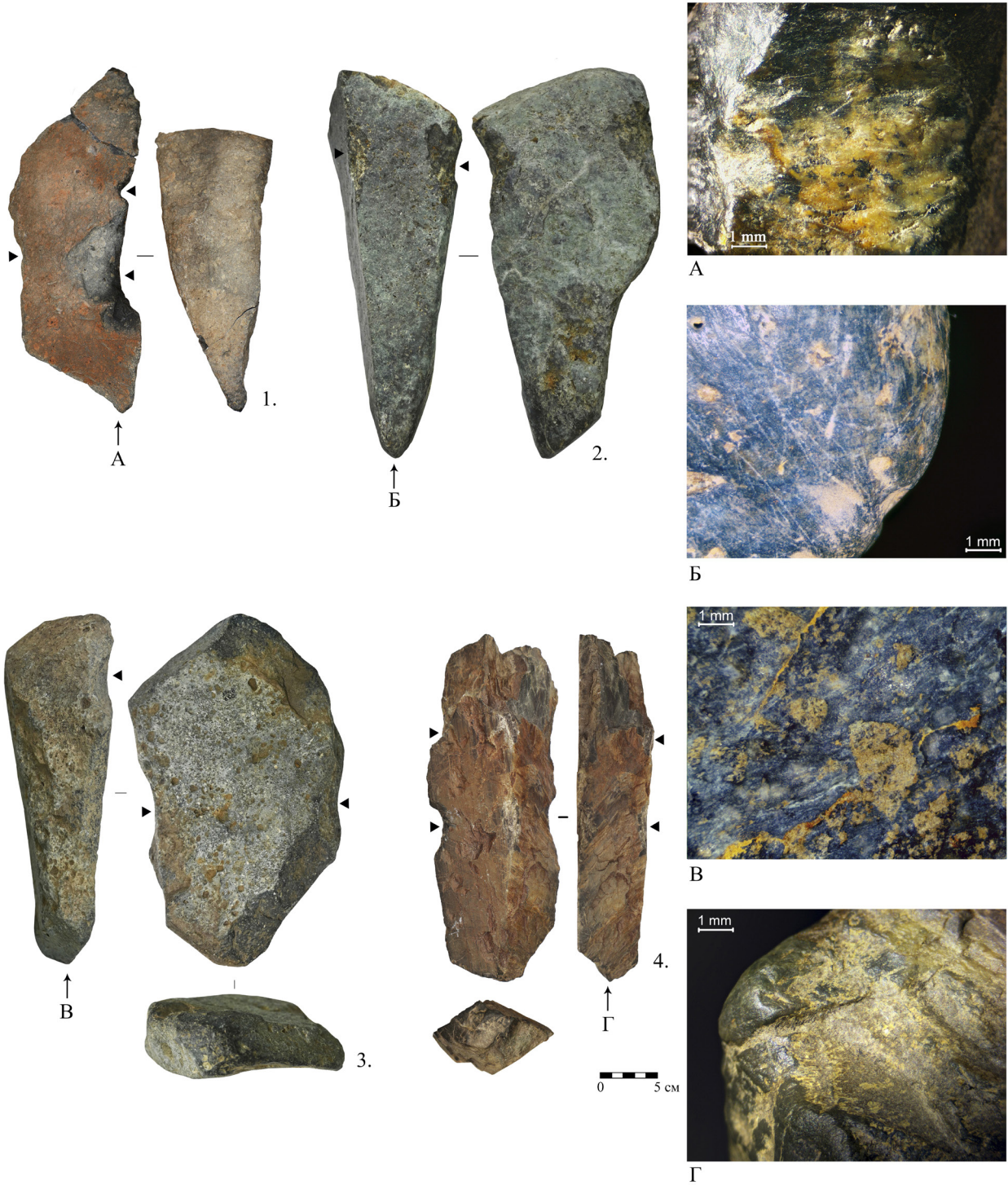


Рис. 3. Горнодобывающие орудия – мотыги. 1–4 – общий вид орудий; А–Г – микрофотографии технологических признаков и следов износа. 1 – 374В/361; 2 – 374В/1299; 3 – 374В/650; 4 – 374В/364

Стрелками здесь и далее обозначены места микросъемки, номер соответствует букве микрофотографии

Fig. 3. Mining tools – hoe. 1–4 – General view of the tools; А–Г – Micrographs of process features and traces of wear. 1 – 374В/361; 2 – 374В/1299; 3 – 374В/650; 4 – 374В/364

Arrows here and below indicate the locations of microphotographs, the number corresponds to the letter of the microphotograph

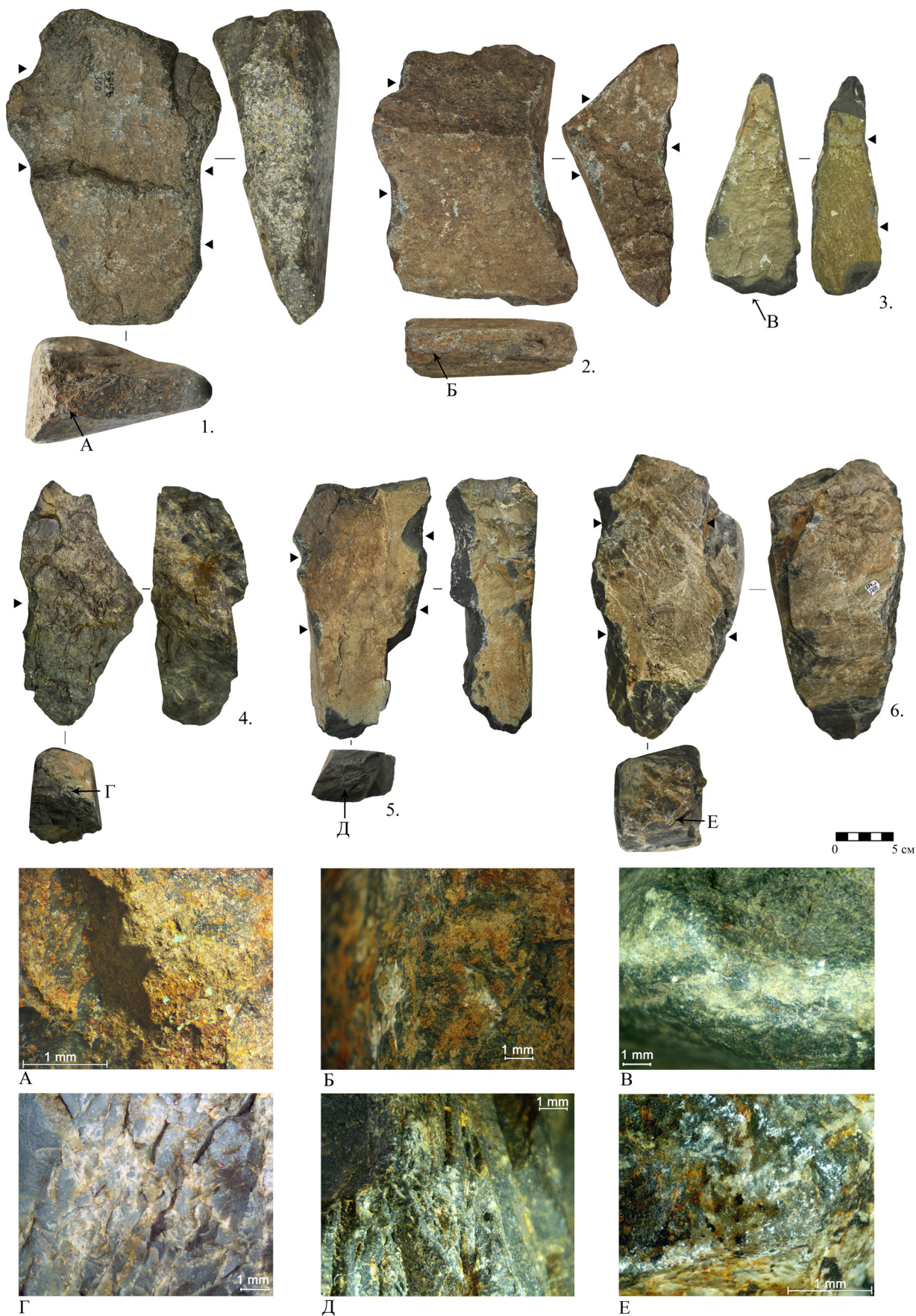


Рис. 4. Горнодобывающие орудия – кайла. 1–6 – общий вид орудий; А–Е – микрофотографии технологических признаков и следов износа. 1 – 374В/350; 2 – 374В/362; 3 – без шифра; 4 – 374В/1437; 5 – 374В/1434; 6 – 374В/1412
 Fig. 4. Mining tools – pickaxes. 1–6 – General view of the tools; А–Е – Microphotographs of process features and traces of wear. 1 – 374В/350; 2 – 374В/362; 3 – no coding; 4 – 374В/1437; 5 – 374В/1434; 6 – 374В/1412

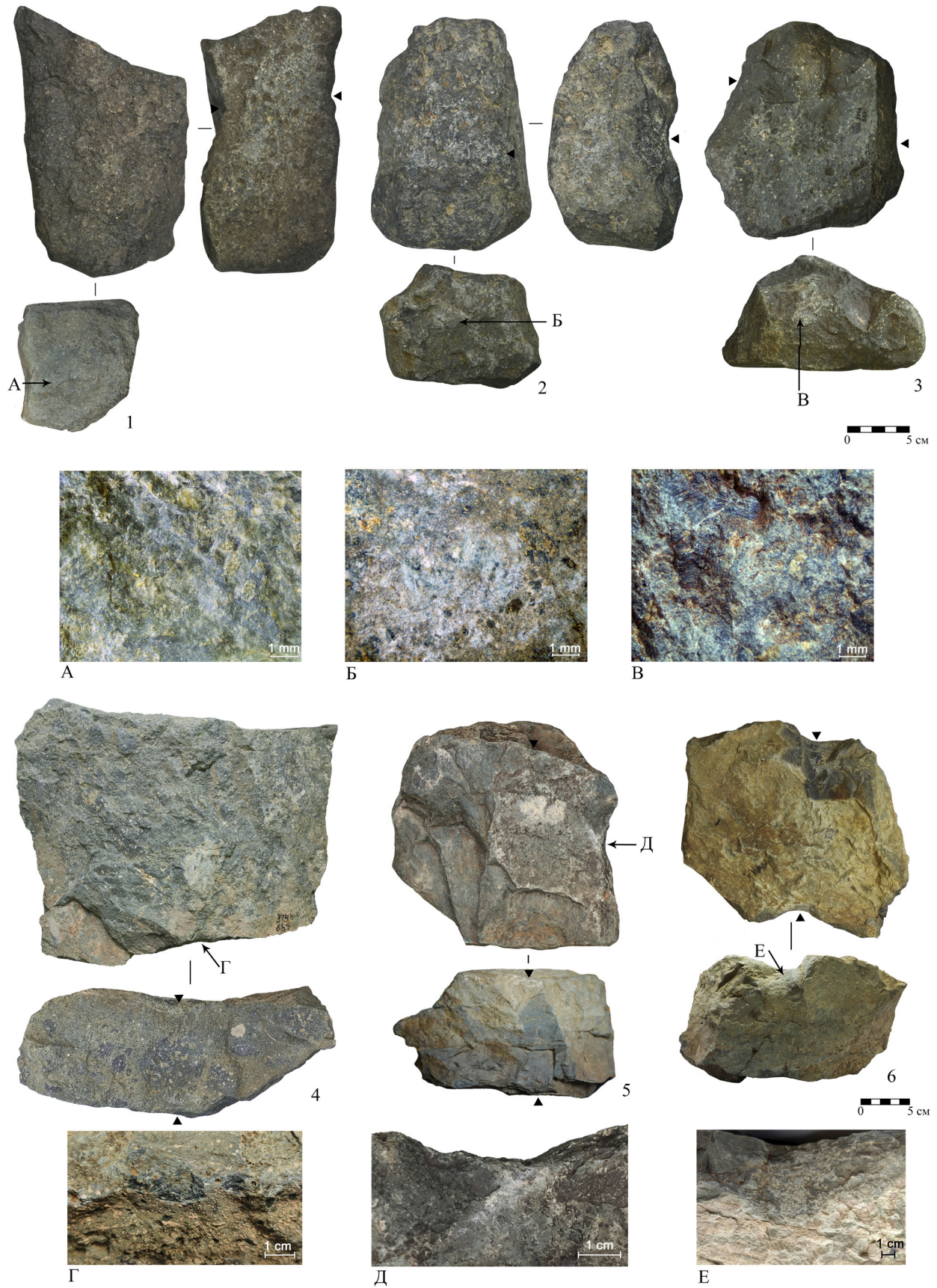


Рис. 5. Горнодобывающие орудия.

1-3 – молоты; 4-6 – противовесы. 1-6 – общий вид орудий; А-В – микрофотографии технологических признаков и следов износа; Г-Е – макрофото желобков для крепления. 1 – 374В/646; 2 – 374В/654; 3 – 669; 4 – 374В/659; 5 – 358; 6 – 352

Fig. 5. Mining tools.

1-3 – large hammers; 4-6 – counterweights. 1-6 – general view of tools; А-В – microphotographs of process features and traces of wear; Г-Е – macrophotographs of fastening grooves. 1 – 374В/646; 2 – 374В/654; 3 – 669; 4 – 374В/659; 5 – 358; 6 – 352

[Черных, Вальков, 2004. С. 168]. В эту категорию входят молотки для дробления и растирания породы (13 ед.), рудодробильные/рудотерочные плиты (9 ед.).

2.1. Молотки среднего действия (рис. 6) – орудия для измельчения оруденелой породы. Предметы имеют подпрямоугольную, подовальную или округлую форму, удлинённые пропорции. Размеры от 7,2×5,3×6,6 до 12×12,5×8 см, вес от 0,5 до 2,2 кг. Орудия изготовлены из базальта, андезибазальта, глинисто-кремнистого алевролита, серпентинита, монцодиорита. Чаще всего использовались предметы без предварительной обработки, лишь в некоторых случаях зафиксированы следы подправки рабочей площадки оббивкой. Использовались как с рукоятью, так и без нее.

Рабочая поверхность располагалась на уплощенном торце орудий и характеризуется более светлым оттенком, сработанность слегка заходит на прилегающие боковые края. Следы использования представлены мелкими разнонаправленными выбоинками, короткими разнонаправленными бороздками, выкрошенностью, замятостью выступающих зерен. Местами фиксируются мелкие сколы от ударов по краям рабочей площадки (рис. 6, А–Г). В некоторых случаях сохранились остатки железненной породы (рис. 6, Б).

Подобная картина износа характерна для орудий, которые связаны с процессом сильного ударного воздействия поверхности о твердые неровные материалы, которым являлось меднорудное сырье. Следы износа на рабочих поверхностях молотков аналогичны экспериментальным образцам по переработке медной руды [Костомарова, Букачева, Молчанов, 2024].

Функционально предметы схожи с категорией молотов, но отличаются меньшим весом. Учитывая размеры и вес данных орудий, можно предположить их использование для дробления медьсодержащей породы средней и мелкой фракции для подготовки к выплавке.

2.2. Рудодробильные/рудотерочные плиты (рис. 7) – пассивные плитки различной формы. Почти все представлены фрагментами. Размеры от 17×10×2,5 до 48×31×16 см, вес от 0,4 до 20 кг. Изготовлены из диорита, базальта, монцодиорита, сланца.

Следов предварительной обработки на предметах не зафиксировано. В качестве рабочей поверхности использовалась широкая грань орудий. Она характеризуется сглаживанием и осветлением поверхности. На микроуровне отмечаются истирание зерен породы, выровненные плоские участки; линейные следы – короткие тонкие царапинки, расположенные параллельно друг другу (рис. 7, А–В). Данные следы характерны для пассивных орудий для дробления и растирания медной руды [Костомарова и др., 2024].

3. Металлообрабатывающие орудия (5 ед.)

Данная группа включает предметы для отливки иковки металлических изделий [Черных, Вальков, 2004. С. 168]. Орудия представлены литейной формой (1 ед.), молотками дляковки (1 ед.) и наковальнями (3 ед.).

3.1. Литейная форма (рис. 8, 1, А) изготовлена из отталякованного хлоритизированного серпентинита, имеет размеры 31×25×6 см, вес 6 кг. Форма в плане подпрямоугольная, в сечении – трапециевидная. По краям формы фиксируется оббивка. На уплощенной части формы вырезан подтреугольный негатив горнопроходческого орудия – кирки-пешни размером 19×12,5 см и глубиной до 2,5 см. На боковых гранях негатива четко фиксируются следы резки. Дно негатива хорошо сглажено, на нем отмечаются следы пришлифовки мелкозернистым абразивом. Следов термического воздействия не фиксируется. Обратная сторона формы не обработана.

3.2. Молоток (рис. 8, 2, Б) в плане подпрямоугольной формы, в сечении – пятиугольный. Изготовлен из глинисто-кремнистого алевролита с прожилками кварца. Размеры орудия 11×7×6 см, вес 0,6 кг. Предмет является полифункциональным орудием, рабочие площадки расположены на двух противоположных торцах. На одном из торцов фиксируются ударные следы, аналогичные следам с молотов для дробления руды. На противоположном торце следы износа представлены залощенностью поверхности, металлическим блеском и короткими, неглубокими, тонкими линейными следами. Также на поверхности наблюдаются окислы меди. Данное орудие использовалось как молоток для дробления руды и молоток дляковки.

3.3. Наковальни (рис. 8, 3, 4, В, Г) – плитки подпрямоугольной и трапециевидной формы. Изготовлены из базальта и глинисто-кремнистого алевролита. Вес от 2,8 до 3,2 кг. В качестве рабочей площадки использовали одну или обе широкие грани предметов. Следы износа концентрируются в центральной части грани и представлены заполировкой в виде пятен металлического блеска, потемнением поверхности, разнонаправленными рисками, мелкими неглубокими выбоинками. На двух предметах фиксируются отдельные участки с хорошо выраженными остатками (окислами) металла в виде небольших пятен графитного блеска, что свидетельствует о работе с нагретым металлом [Костомарова, 2020].

Планиграфия

Планиграфическое распределение было выполнено для 81 изделий из материалов раскопа (два предмета происходят из подъемных сборов) в соответствии со следующими группами: горнодобывающие (40 ед.), горно-обогащительные (22 ед.), металлообрабатывающие (5 ед.), неясного назначения (16 ед.). Большинство предметов (75 ед.) происходит из культурного слоя раскопа поселения, 6 – из верхнего заполнения шахты на юго-восточном краю памятника.

В раскопе на поселении присутствуют все три группы орудий (рис. 9). В межжилищном пространстве за пределами построек обнаружено 11 из них: преобладают горнодобывающие орудия (7 ед.), присутствует одна наковальня, назначение остальных неясно. Большинство орудий раскопа так или иначе тяготеют к площадкам строений – речь об углубленном в материк котловане постройки 1 в центре раскопа, либо о площадках с подрезанной погребенной почвой к югу от нее. Наибольшее скопление орудий (21 ед.) наблюда-

ется на полу и в заполнении котлована постройки 1. Здесь доминируют горнопроходческие орудия (11 ед.), но присутствуют также и горно-обогащительные (4 ед.), и металлообрабатывающие (3 ед.). Учитывая заполнение котлована дробленой рудовмещающей породой, а также присутствие следов олова в очаге в центре постройки [Анкушева и др., 2023], можно предположить ее использование как участка для обогащения, так и для переплава бронзовых изделий.

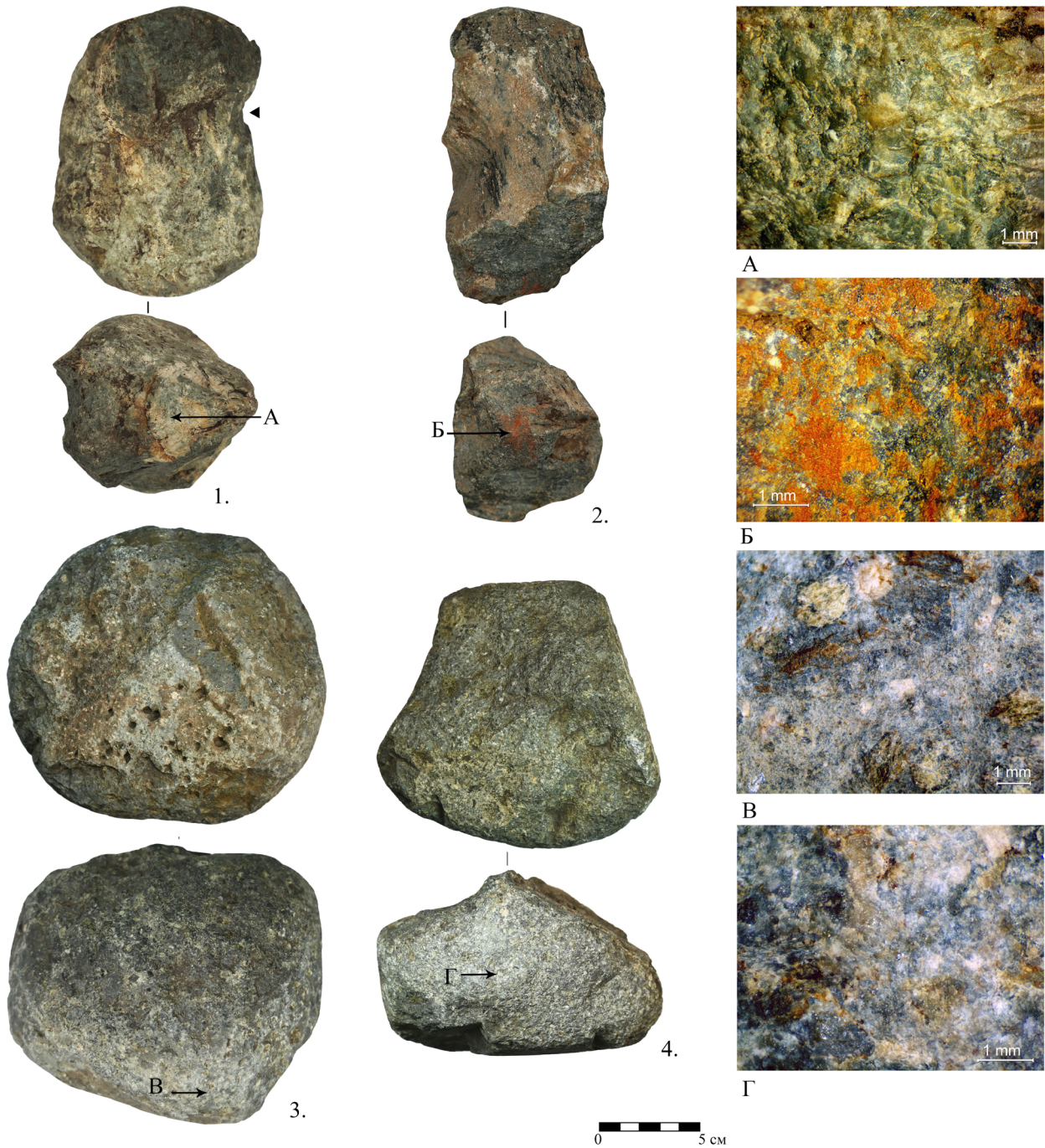


Рис. 6. Горно-обогащительные орудия – молотки. 1–4 – общий вид орудий; А–Г – микрофотографии технологических признаков и следов износа. 1 – 374В/370; 2 – 365; 3 – 1435; 4 – 1436
 Fig. 6. Ore dressing tools – hammers. 1–4 – General view of the tools; А–Г – Micrographs of process features and traces of wear. 1 – 374В/370; 2 – 365; 3 – 1435; 4 – 1436

Подобную полифункциональную зону мы наблюдаем на юго-западном краю раскопа (квадраты 4Г и 5Г). Это наиболее насыщенный находками участок [Ankusheva et al., 2025], где отвал (в т.ч. для утилизации бытовых отходов) перекрывал производственную площадку с медеплавильным очагом. Здесь найдено 16 орудий, почти поровну – горнодобывающих и горно-обогащительных (7 и 6 соответственно, остальные неясные). Слиток в заполнении очага и литейная форма однозначно указывают на процессы выплавки готовых изделий здесь же. На этом же участке найдено наибольшее количество металлургического шлака по сравнению с остальным раскопом.

Тенденция к преобладанию горно-обогащительных орудий отмечена в юго-восточном секторе раскопа на участках с подрезанной погребенной почвой, которые интерпретируются как зоны локализации наземных построек. Горно-обогащительные орудия (4 ед.), наряду с неопределимой категорией (4 ед.), преобладают в заполнении углубленного объекта 9 – ямы гантелевидной формы. Орудия для обогащения также доминируют на участке к северо-востоку от этой ямы.

Таким образом, приуроченность горно-металлургических орудий к территории построек маркирует происходящие внутри них процессы. Явного разделения на этапы металлопроизводства на

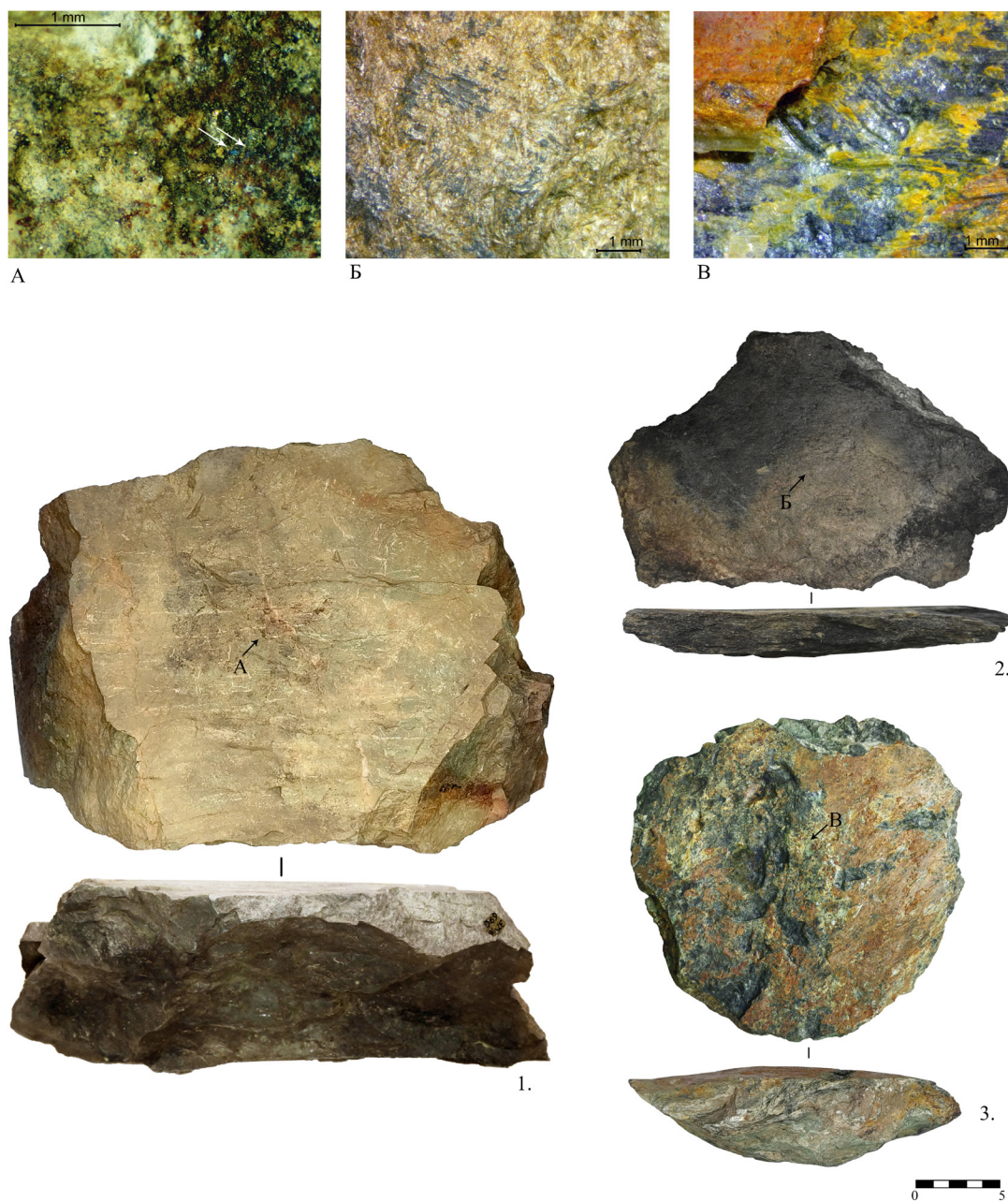


Рис. 7. Горно-обогащительные орудия – рудотерочные и рудодробильные плитки. 1–3 – общий вид орудий; А–В – микрофотографии технологических признаков и следов износа. 1 – 374В/690; 2 – 374В/1414; 3 – 1421
 Fig. 7. Ore dressing tools – ore grinding and ore crushing tiles. 1–3 – General view of the tools; А–В – Microphotographs of technological features and traces of wear. 1 – 374В/690; 2 – 374В/1414; 3 – 1421

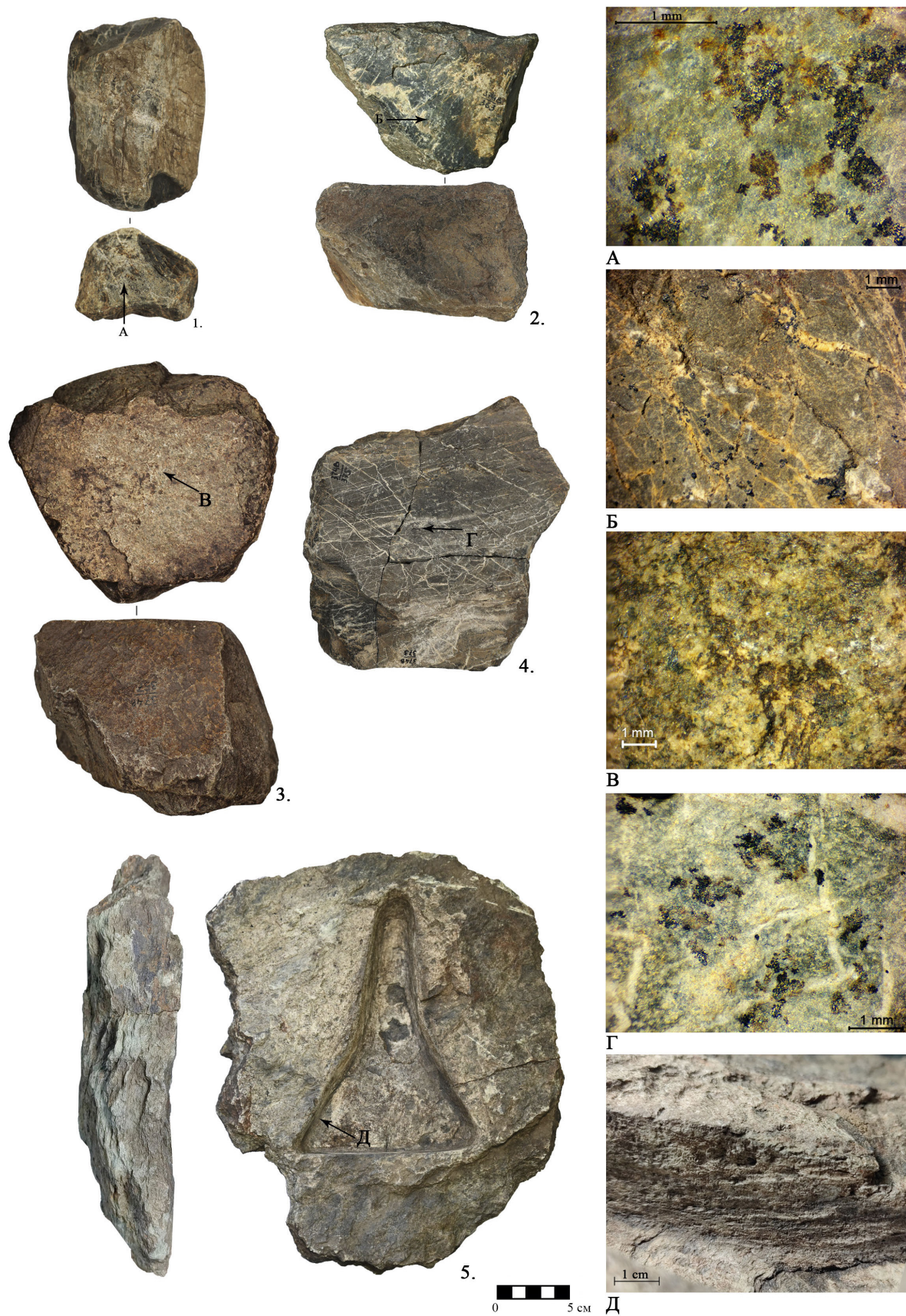


Рис. 8. Металлообрабатывающие орудия. 1 – молоток; 2–4 – наковальни; 5 – литейная форма; А–Г – микрофото следы сработанности на инструментах дляковки; Д – макрофото следов изготовления. 1 – 374В/369; 2 – 374В/363; 3 – 374В/357; 4 – 374В/373; 5 – 374В/1300

Fig. 8. Metalworking tools. 1 – hammer; 2–4 – anvils; 5 – casting mold; А–Г – microphotographs of wear traces on forging tools; Д – macrophotographs of manufacturing traces. 1 – 374В/369; 2 – 374В/363; 3 – 374В/357; 4 – 374В/373; 5 – 374В/1300

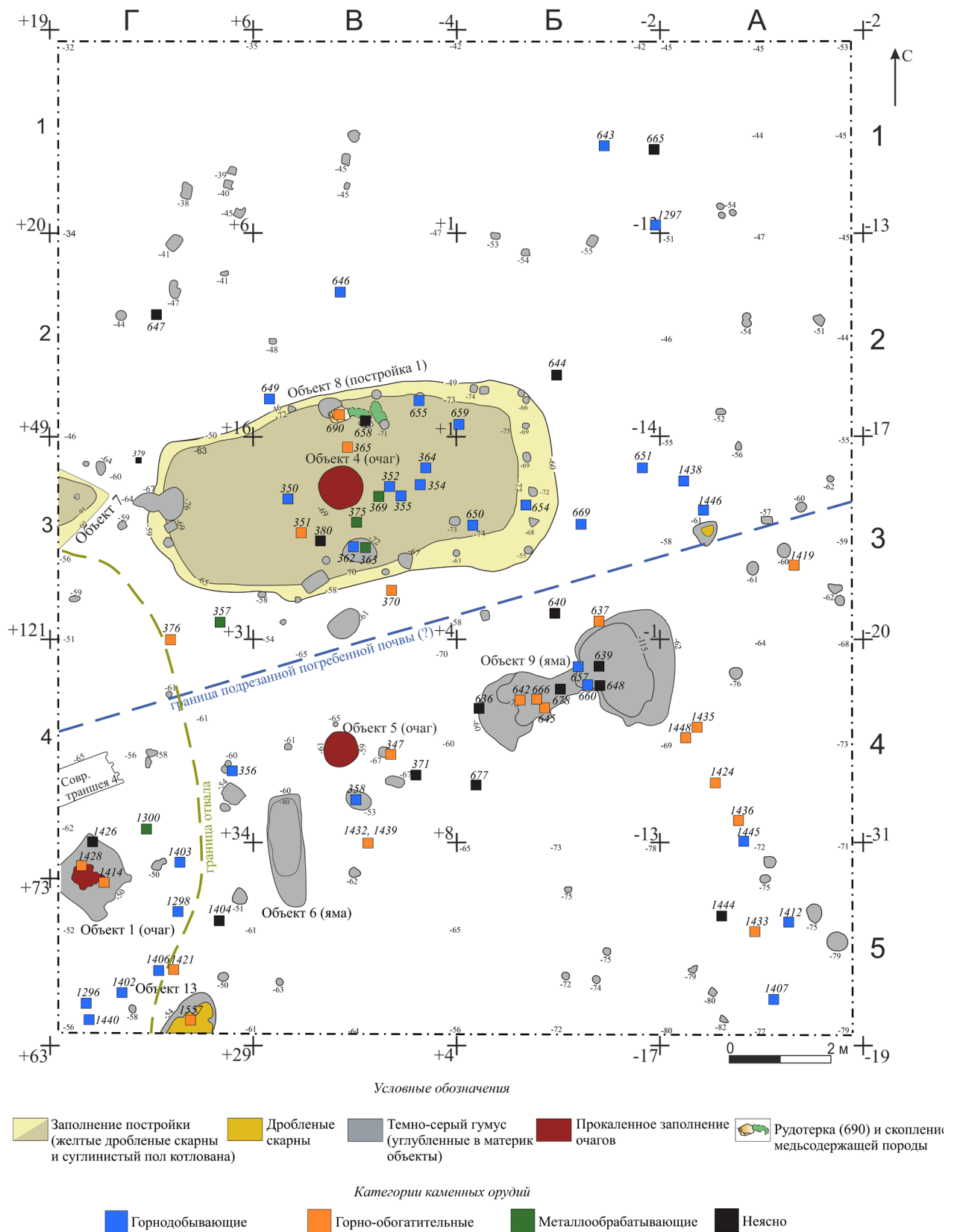


Рис. 9. Распределение орудий по группам на плане раскопа 2021–2024 гг. рудника Воровская Яма
 Fig. 9. Distribution of tools by groups on the excavation plan for 2021–2024 at the Vorovskaya Yama mine

поселении не прослеживается: набор артефактов говорит о полифункциональности производственных зон. Исключение пока составляет шахта, где в ее верхнем заполнении обнаружены только горнодобывающие орудия, но выборка из шести предметов недостаточна для уверенных заключений.

Обсуждение результатов

Петрофонд каменных орудий горняков отличается разнообразием: по результатам исследованной коллекции зафиксировано использование 11 различных горных пород. Для сравнения, на ближайшем синхронном памятнике – руднике Новотемирском – этот список представлен четырьмя позициями [Алаева и др., 2021]. Вариативность источников каменного сырья обусловлена сложным геологическим строением окрестностей рудника. Здесь развиты девонские и каменноугольные вулканогенно-осадочные толщи и ассоциированные с ними интрузивные массивы и мелкие тела [Мосейчук и др., 2013] (рис. 10). Раннедевонские отложения сложены аповулканитовыми сланцами различного состава. Основная часть вулканических комплексов средне- и позднедевонского возраста представлена базальтами, андезитами и трахиандезитами. Раннекаменноугольные отложения сосредоточены в юго-восточном направлении от рудника и сложены в разной степени

метаморфизованными терригенными породами и вулканитами, в том числе щелочными. Интрузивные магматические породы на прилегающей к рудопроявлению территории представлены девонскими ультрабазитами, габброидами и сиенитами. Многочисленные мелкие тела серпентинитов относятся к раннедевонскому Бриентскому дунит-гарцбургитовому комплексу. К северу от рудопроявления располагается позднедевонский Сахаринский штокообразный массив, сложенный клинопироксенитами, габбро и диоритами. Строеие массива осложнено мелкими телами сиенитов и граносиенитов позднедевонского Верхнеуральского комплекса [Мосейчук и др., 2013]. Рудовмещающей структурой является северный верхний контакт крупной тектонической пластины, сложенной офиолитами, в том числе серпентинитами. Строеие северной части пластины чешуйчатое, что обусловлено сочетанием линз серпентинитов, тальцитов, базальтов и силицитов мощностью от 10 до 200 м [Зайков, Зданович, Юминов, 2000]. Таким образом, весь разнообразный петрофонд орудий горно-металлургического производства, обнаруженный на руднике, является местным. Коренные выходы горных пород, использовавшихся для изготовления разнотипных каменных орудий, расположены в окрестностях памятника (рис. 10). Глинисто-кремнистые алевролиты, из которых



Рис. 10. Петролого-геологическая схема строения территории рудника бронзового века Воровская Яма (по: [Мосейчук и др., 2013]), с дополнениями).

1 – раннедевонские аповулканогенные сланцы; 2 – средне-позднедевонские вулканиты; 3 – среднедевонские кластолавы; 4 – раннекаменноугольные отложения: а – метаморфизованные вулканиты и терригенные породы; б – метаморфизованные щелочные вулканиты; 5 – раннедевонские серпентиниты Бриентского комплекса; 6 – позднедевонский Сахаринский габбро-диоритовый массив; 7 – позднедевонские тела сиенитов; 8 – линии разломов; 9 – древний рудник Воровская яма

Fig. 10. Geological structure of the Vorovskaya Yama ore occurrence (acc. to: [Moseichuk et al., 2013], with additions).

1 – Early Devonian apovolcanogenic shales; 2 – Middle-Late Devonian volcanogenic rocks; 3 – Early Carboniferous strata: а – metamorphosed volcanogenic and terrigenous rocks; б – metamorphosed alkaline volcanogenic rocks; 4 – Early Devonian ultramafic massifs (Brientsky complex); 5 – Middle Devonian clastolaves; 6 – Late Devonian Sakharinsky gabbro-diorite massif; 7 – Late Devonian syenite bodies; 8 – fault lines; 9 – the Vorovskaya Yama ancient mine

сделаны 11 орудий, могли быть добыты уже в 50 м от выработки. Территория возможной добычи остального каменного материала вряд ли превышала 5–7 км в радиусе.

В выборе сырья горняки, по всей видимости, руководствовались сугубо утилитарным подходом. Очевидного отбора сырья по принципу «один тип орудия – одна порода» не фиксируется, но можно отметить некоторые тенденции. Функционал ударных орудий, взаимодействующих с коренными рудовмещающими породами (серпентинитами и скарнами), требовал повышенной твердости и прочности. Она была обеспечена изготовлением кайл и молотов преимущественно из базальтов и андезибазальтов, а также из монцоидиоритов и глинисто-кремнистых алевролитов. Категория молотов изготовлена исключительно из базальтов. Мотыгами работали по мягкому грунту почвенно-растительных горизонтов и коры выветривания, поэтому петрофонд этого типа отличался большим разнообразием, включая как твердые (базальт, андезибазальт, глинисто-кремнистый алевролит, риолит), так и относительно мягкие породы (серпентинит). Глыбы противовесов специально не обрабатывались, за исключением изготовления желобков, поэтому горняки, вероятно, использовали ближайшие доступные крупные валуны базальтов, андезибазальтов, серпентинитов, метасоматитов. Литейная форма (и возможная ее заготовка) закономерно изготовлена из мягкого оталькованного и хлоритизированного серпентинита, подходящего для распиловки и шлифовки.

Трасологическое исследование каменных орудий подтвердило специализацию обитателей алакульского поселения при руднике Воровская Яма на горно-металлургическом производстве. Все функционально определяемые предметы связываются с этой отраслью хозяйства. Этот итог представляется закономерным, учитывая локализацию построек на рудопроявлении, в едином с выработками пространстве, в отличной от рядовых скотоводческих поселений ландшафтной ситуации (на удалении от воды), с нестандартным возрастным составом забитых животных, указывающим на их содержание и разведение в более отдаленном месте [Ankusheva et al., 2024].

Функционал орудий отражает широкий спектр горно-металлургических процессов: от добычи руды до изготовления и обработки готовых изделий. Это согласуется с археологическими реалиями, выявленными в раскопе: наличие шахт и карьеров, что является свидетельством горнодобывающего этапа; прослоев дробленых рудовмещающих скарнов – горно-обогажительного; шлаки отражают выплавку металла из местных руд, а металлические капли и сплески с априори «импортной» примесью олова – переплав уже готовых изделий [Анкушева и др., 2023; Юминов и др., 2025]. Тем не менее, наблюдается значительное преобладание горнодобывающих орудий над остальными категориями – их доля составляет 48% и почти вдвое превышает выборку горно-обогажительного цикла. Немногочисленность металлообрабатывающих инструментов, отсутствие признаков серийного изготовления готовых орудий дает основание

Таблица 1. Рудник Воровская Яма. Вариативность групп и типов горно-металлургических орудий и сырья для их изготовления

Table 1. Vorovskaya Yama mine. Variability of groups and types of mining and metallurgical tools and raw materials for their manufacture

Горные породы	Горнодобывающие орудия				Горно-обогажительные орудия		Металлообрабатывающие орудия			Орудия неясного назначения	Количество, шт.
	Кайла	Мотыги	Молоты	Противовесы	Молотки среднего действия	Рудодробильные и рудотерочные плиты	Литейные формы	Молотки	Наковальни		
Базальт	6	-	-	5	6	2	-	-	1	4	24
Андезибазальт	2	1	3	2	3	-	-	-	-	4	15
Серпентинит	-	3	-	1	1	1	1	-	-	7	14
Глинисто-кремнистый алевролит	3	1	-	-	2	-	-	1	2	2	11
Монцоидиорит	1	-	-	-	1	1	-	-	-	4	7
Диорит	-	-	-	-	-	4	-	-	-	2	6
Сланец	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2
Метасоматит	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Хлоритолит	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
мелкозернистый гранитоид	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Риолит(?)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Количество, шт.	12	6	3	9	13	9	1	1	3	9	83

предполагать, что готовые изделия на руднике Воровская Яма производились только для нужд работающих на нем горняков. Скорее всего, основная масса руды в виде небольших фракций транспортировалась на окрестные и более отдаленные поселения. Ближайшие шлаки и небольшие обломки руды, аналогичные таковым с рудника Воровская Яма, обнаружены на серии неукрепленных поселений в долине р. Зингейка в 5–15 км от него [Ankusheva et al., 2024]. Отметим, что на традиционных алакульских поселениях, расположенным в удалении от рудников, типы каменного инвентаря значительно отличаются. На них неизвестны горно-проходческие орудия, при этом отмечается значительное преобладание металлообрабатывающих инструментов [Зданович, Коробкова, 1998; Коробкова, Виноградов, 2004; Зданович, Юминов, 2018; Костомарова, Сечко, 2023].

Планиграфическое распределение орудий не дает оснований для выделения специализированных производственных зон на территории поселения горняков. На сегодняшний день раскопками вскрыто немногим меньше половины его предполагаемой площади (460 из 1000 м²), с оговоркой о сложностях выявления жилищных конструкций под отвалами рудника исключительно разведочными методами. Находки орудий преимущественно приурочены к площадкам, на которых были расположены каркасно-столбовые конструкции. Часть фрагментированных предметов была оставлена в зоне утилизации бытовых отходов (в древнем отвале), многие – расчищены на полу построек или в ямах. Вероятно, процессы обогащения руды, выплавки металла и переплава изделий происходили в пределах построек. Последние две операции вряд ли имели значительные масштабы: количество металлургических шлаков со вскрытой раскопками площади составляет 129 фрагментов общим весом 700 граммов. Единичные готовые медные изделия представлены скрепкой для ремонта сосудов и прутком, остальные металлические артефакты – капли и сплески в количестве не более дюжины. Тезис о скромности масштабов производства и переработки готового металла на рудопоявлении подтверждает и малое количество каменных металлообрабатывающих орудий. В целом, общая локализация разных по назначению предметов может указывать на совместное пребывание горняков и металлургов, либо, что более вероятно, владение навыками полного цикла производства одних и тех же людей.

Аналогичные типы изученных нами каменных орудий встречаются в коллекциях других рудников срубно-алакульского ареала или связанных с этими рудниками поселений. Речь идет о Новотемирском руднике, включающим выработки алакульской культуры, о срубных производственных площадках Картамышского археологического микрорайона, комплексе Михайло-Овсянка I и

селище Горный [Алаева и др., 2021; Загородняя, 2019а; Горашук, Колев, 2004; Горашук, Семин, 2018; Shishlina et al., 2020; Черных, Вальков, 2004. С. 157–181]. Это указывает на возможное существование устоявшейся и широко распространенной технологии добычи полезных ископаемых в эпоху бронзы. В то же время орудийный комплекс рудника Воровская Яма отличается от синхронных рудников срубно-алакульского ареала некоторыми особенностями. К ним относится значительное преобладание горнодобывающих орудий и их фрагментов (48%) над остальными группами (горно-обогащительные – 27%, металлообрабатывающие – 6%). Так, на ближайшем к Воровской Яме объекте – руднике Новотемирский – горнодобывающие орудия составляют 41%, горно-обогащительные – 45%, металлообрабатывающие – 4% [Алаева и др., 2021. Р. 94–95]. На руднике Михайло-Овсянка также преобладают горно-обогащительные орудия – 65%, горнодобывающие составляют 18%, металлообрабатывающие – 16% [Горашук, Семин, 2018. С. 600]. На руднике «Червонэ озеро-I» тотально преобладают горно-обогащительные орудия – 92%, горнодобывающие составляют 7%, а металлообрабатывающие – всего 0,4% [Zagorodnia, 2021. Р. 268]. Общей чертой коллекций вышеперечисленных объектов является малое количество орудий для отливки иковки металла. Другой отличительной чертой орудийного комплекса алакульских рудников (Воровская Яма и Новотемирский) является отсутствие костяных орудий, в том числе для мокрого обогащения руды (см. напр.: [Загородняя, 2019б]). Не исключено, что в условиях отдаленности водных источников на руднике Воровская Яма такие работы могли проводиться с использованием деревянных инструментов, остатки которых не сохранились.

Заключение

Поселение горняков на руднике Воровская Яма является единственным в Южном Зауралье специализированным селитебным памятником алакульской культуры. Проведенная работа позволила впервые сформировать комплексное представление о каменных орудиях горно-металлургического производства, использовавшихся для работы на месторождениях, у населения региона в XVII–XVI вв. до н.э. Нами представлен перечень типов и групп каменного инвентаря, включающий горнодобывающие (мотыги, кайла, молоты, противовесы), горно-обогащительные (молотки, рудодробильные и рудотерочные плиты) и металлообрабатывающие орудия (литейные формы, молотки дляковки и наковальни), описаны их морфологические, трасологические особенности и определен петрофонд. Последний, хоть и отличается разнообразием, но связан с местными геологическими толщами в окрестностях рудника (5–7 км) или даже в непосредственной близости от выработок. Не-

смотря на очевидную специализацию алакульского поселка на добыче меднорудного сырья, в ходе исследования не было обнаружено свидетельств выделения специфических производственных зон для различных операций горно-металлургического цикла. Высказана гипотеза о небольшом объеме выплавки металла непосредственно на руднике, который, возможно, удовлетворял только потребности самих горняков в металлических горнопроходческих изделиях. Полученные данные способ-

ствуют пониманию закономерностей эксплуатации алакульскими сообществами природных недр и их влияния на социальную структуру. Детальное внедрение в научный оборот коллекции каменного инвентаря рудника Воровская Яма открывает перспективы его комплексного сравнения не только с бытовыми алакульскими памятниками, но и с горно-металлургическими комплексами эпохи бронзы сопредельных регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аванесова Н.А., 1991. *Культура пастушеских племен эпохи бронзы азиатской части СССР (по металлическим изделиям)*. Ташкент: Фан, 200 с.

Алаева И.П., 2014. Литейные формы алакульской культуры Зауралья (вопросы отражения уровня развития металлопроизводства), *Труды IV (XX) Всеросс. археологич. съезда в Казани*. Т. I. Казань: Отечество, с. 520–524.

Алаева И.П., Молчанов И.В., Фомичев А.В., Анкушев М.Н., Анкушева П.С., 2021. Операционная цепь горного дела в бронзовом веке: орудия Новотемирского рудника (Южное Зауралье), *Теория и практика археологических исследований*, № 3, с. 89–115. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2021\)33\(3\).-06](https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(3).-06)

Анкушева П.С., Алаева И.П., Анкушев М.Н., Фомичев А.В., Зазовская Э.П., Блинов И.А., 2021. От руды к металлу: эксплуатация Новотемирского месторождения Южного Зауралья во II тыс. до н.э., *Археология, этнография и антропология Евразии*, т. 49, № 1, с. 30–38. <https://doi.org/10.17746/1563-0102.2021.49.1.030-038>

Анкушева П.С., Анкушев М.Н., Блинов И.А., Артемьев Д.А., Алаева И.П., 2023. Минералого-геохимическое исследование свидетельств алакульского металлопроизводства на руднике Воровская Яма (Южное Зауралье), *Российская археология*, № 3, с. 23–37. <https://doi.org/10.31857/S0869606323030042>

Анкушева П.С., Анкушев М.Н., Блинов И.А., Епимахов А.В., 2025. Рудники синташтинской культуры: современное состояние проблемы и новые аналитические данные, *Уфимский археологический вестник*, т. 25, № 2, с. 199–210. <https://doi.org/10.31833/uav/2025.25.2.016>

Валентин-перешеек..., 1987. *Валентин-перешеек – поселок древних рудокопов*. М.: Наука, 248 с.

Горашук И.В., Колев Ю.И., 2004. Каменные и костяные орудия с рудника бронзового века Михайло-Овсянка в Самарской области, *Вопросы археологии Урала и Поволжья*. Вып. 7. Самара: СГСПУ, с. 89–104.

Горашук И.В., Семин Д.В., 2018. Metallургический и металлообрабатывающий комплекс каменных орудий труда с поселения Михайло-Овсянка в Самарской области, *Вестник Удмуртского университета*, вып. 4, т. 28, с. 599–606.

Григорьев С.А., 2013. *Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы*. Челябинск: Цицера, 660 с.

Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В., Орловская Л.Б., Блинов И.А., Чемякин Ю.П., Пилькина А.А., 2025. Металлы алакульской культуры Южного Зауралья: морфологическая и химико-металлургическая характеристика, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 4 (71), с. 35–50. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-71-4-3>

Епимахов А.В., 2012. Материалы к истории ювелирного дела (бронзовый век Южного Зауралья), *Археология, этнография и антропология Евразии*, № 1 (49), с. 82–87.

Загородняя О.Н., 2019а. Функциональный анализ орудий металлопроизводства позднебронзового века (по материалам памятников Каргамышского археологического микрорайона), *КСИА*, № 257, с. 110–125. <https://doi.org/10.25681/IARAS.0130-2620.257.110-125>

Загородняя О.Н., 2019б. Орудия из кости в горном деле: Каргамыш vs Каргалы, *Древности Восточной Европы, Центральной Азии и Южной Сибири в контексте связей и взаимодействий в евразийском культурном пространстве (новые данные и концепции): Материалы Междунар. конф., 18–22 ноября 2019 г., Санкт-Петербург, 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*. СПб.: ИИМК РАН, Невская Типография, с. 173–176. <https://doi.org/10.31600/978-5-907053-35-9-173-176>

Зайков В.В., Зданович Г.Б., Юминов А.М., 2000. Воровская яма – новый рудник бронзового века, *Археологический источник и моделирование древних технологий: труды музея-заповедника Аркаим*. Челябинск: СПИИАЦ Аркаим, ИИА УрО РАН, с. 112–130.

Зданович С.Я., Коробкова Г.Ф., 1988. Новые данные о хозяйственной деятельности населения эпохи бронзы (по данным трасологического изучения орудий труда пос. Петровка II), *Проблемы археологии урало-казахстанских степей*. Челябинск: ЧелГУ, с. 60–79.

Зданович С.Я., Юминов А.М., 2018. Орудия из камня поселения Черкасы II: к вопросу о типологическом анализе, *Magistra Vitae: электронный журнал по историческим наукам и археологии*, № 2, с. 89–104.

- Зданович С.Я., Семин Д.В., 2022. Каменные орудия поселения Аркаим. *Аркаим. Археология укрепленных поселений. Кн. 2: Фортификации и общественное пространство*. Челябинск: ЧелГУ, с. 300–322.
- Каравашкина Е.А., Семин Д.В., 2025. Каменный и керамический комплексы позднего бронзового века Ишкининского археологического микрорайона, *Археология евразийских степей*, № 1, с. 188–198. <https://doi.org/10.24852/2587-6112.2025.1.188.198>
- Килейников В.В., 1984. Каменные горнометаллургические и металлообрабатывающие орудия Мосоловского поселения, *Эпоха бронзы восточноевропейской лесостепи*. Воронеж: ВГУ, с. 108–120.
- Коробкова Г.Ф., Виноградов Н.Б., 2004. Каменные и костяные орудия из поселения Кулевчи III, *Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Сер. 1, Исторические науки*, № 2, с. 57–87.
- Костомарова Ю.В., 2020. Орудия кузнечной обработки металла у населения позднего бронзового века лесостепного Притоболья (опыт экспериментально-трасологического анализа), *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 3 (50), с. 48–60. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2020-50-3-4>
- Костомарова Ю.В., Сечко Е.А., 2023. Орудия обработки металла алакульского населения лесостепного Притоболья, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 4 (63), с. 108–119. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2023-63-4-8>
- Костомарова Ю.В., Букачева А.О., Молчанов И.В., 2024. Следы износа на орудиях переработки медной руды с поселений эпохи поздней бронзы Зауралья (экспериментально-трасологический анализ), *Поволжская археология*, № 4 (50), с. 120–137. <https://doi.org/10.24852/pa2024.4.50.120.137>
- Мосейчук В.М., Яркова А.В., Михайлов И.Г., Кашина Л.В., Сурин Т.Н., Плохих Н.А., Юрецкий В.Н., 2013. *Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Южно-Уральская*. Лист N-40-XXX. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 222 с.
- Петров Н.Ф., Куприянова Е.В., Алаева И.П., Чемякин Ю.П., Анкушев М.Н., Рассомахин М.А., 2025. Неопознанные артефакты и производство украшений в позднем бронзовом веке Южного Зауралья, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 1 (68), с. 33–49. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-68-1-3>
- Потемкина Т.М., 1985. *Бронзовый век лесостепного Притоболья*. М.: Наука, 376 с.
- Тигеева Е.В., 2013. Химико-металлургическая характеристика металла алакульской культуры среднего Притоболья, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 3 (22), с. 31–39.
- Ткачев В.В., 2018. Генезис алакульской культуры в контексте горной археологии, *Известия Самарского научного центра РАН*, т. 20, № 3 (2), с. 517–526.
- Фомичев А.В., 2015. Орудия горного дела и металлургии поселений позднего бронзового века на севере Уральского-Мугоджарского горно-металлургического центра, *Вестник Челябинского государственного университета*, № 24 (379), *История*, вып. 66, с. 9–16.
- Фомичев А.В., Анкушева П.С., Алаева И.П., 2021. «Движение вверх»: использование подъемных механизмов на новотемирском руднике бронзового века, *Геоархеология и археологическая минералогия*. Т. 8. Миасс; Челябинск: ЮУрГГНУ, с. 116–120.
- Черных Е.Н., 1970. *Древнейшая металлургия Урала и Поволжья*. М.: Наука, 185 с.
- Черных Е.Н., Вальков Д.В., 2004. Каменные изделия: молотки, наковальни, рудотерки, *Каргалы. Т. III. Селище Горный: Археологические материалы: технология горно-металлургического производства: Археобиологические исследования*. М.: Языки славянской культуры, с. 157–181.
- Юминов А.М., Кулдашев Ш.Х., Блинов И.А., Хворов П.В., Филиппова К.А., Анкушев М.Н., Анкушева П.С., 2025. Минералогия зоны окисления древнего медного рудника Воровская Яма (Южное Зауралье), *Минералогия*, т. 11, № 3, с. 51–66. <https://doi.org/10.35597/2313-545X-2025-11-3-4>
- Alaeva I.P., Molchanov I.V., Bukacheva A.O., Blinov I.A., Kabanova A.Ya., Yuminov A.M., Vinogradov N.B., Skakun N.N., 2025. Whetstones: spectrum of metal tool sharpening operations in the Bronze Age of the Southern Trans-Urals, Russia, *Journal of Archaeological Science: Reports*, № 63, 105090. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2025.105090>
- Ankushev M.N., Artemyev D.A., Blinov I.A., Bogdanov S.V., 2021. Bronze Age metallurgical slags from the South Urals: types, mineralogy and copper sources, *Periodico di Mineralogia*, vol. 90, pp. 173–193. <https://doi.org/10.13133/2239-1002/17314>
- Ankushev M.N., Alaeva I.P., Ankusheva P.S., Artemyev D.A., Blinov I.A., Epimakhov A.V., Vinogradov N.B., Zazovskaya E.P., 2025. New data on the chronology, composition of copper-base artifacts and the organization of the Alakul metal production in the Southern Trans-Urals Bronze age settlements, *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 17 (228), pp. 1–21. <https://doi.org/10.1007/s12520-025-02347-8>
- Ankusheva P.S., Rassadnikov A.Yu., Ankushev M.N., Bachura O.P., Chechushkov I.V., Kiseleva D.V., Zazovskaya E.P., Epimakhov A.V., 2024. Meat Supply of Alakul Miners at the Bronze Age Vorovskaya Yama Copper Mine (Southern Trans-Urals), *Environmental Archaeology*, pp. 1–22. <https://doi.org/10.1080/14614103.2024.2321419>
- Ankusheva P.S., Rassadnikov A.Yu., Vasyuchkov E.O., Danilov D.A., Andriyates A.A., Epimakhov A.V., 2025. The Nutrition System of the Bronze Age Miners in the Southern Trans-Urals, *Nanobiotechnology Reports*, vol. 20, № 5, pp. 555–568. <https://doi.org/10.1134/S2635167625601093>
- Artemyev D.A., Ankushev M.N., 2019. Trace elements of Cu-(Fe)-sulfide inclusions in Bronze Age copper slags from South Urals and Kazakhstan: ore sources and alloying additions, *Minerals*, vol. 9, iss. 12, 746. <https://doi.org/10.3390/min9120746>

Černych E., 2013. Die Eurasische (Westasiatische) metallurgische provinz der spätbronzezeit: aufstieg – blüte – niedergang, *Unbekanntes Kasachstan – Archäologie im Herzen Asiens, Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum*. vom 26. Januar bis zum 30. Juni 2013. Band I. Bochum, pp. 185–200.

Shishlina N., Roslyakova N., Kolev Yu., Bachura O.P., Kuznetsova O.V., Kiseleva D., Retivov V.M., Tereschenko E., 2020. Animals, metal and isotopes: Mikhailo-Ovtsyanka I, the Late Bronze Age mining site of the steppe Volga region, *Archaeological Research in Asia*, 24:100229. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100229>

Zagorodnia O.N., 2021. Functional analysis of metal-production tools of the Late Bronze Age in Eastern Ukraine, *Beyond traces use-wear going from tools to people by means of archaeological wear and residue analyses*. Leiden: Sidestone Press, pp. 265–279

REFERENCES

Avanesova, N.A., 1991, *The culture of the pastoral tribes of the Bronze Age of the Asian part of the USSR (based on metal products)*. Fan, Tashkent, 200 p. (In Russ.)

Alaeva, I.P., 2014, “Foundry forms of the Alakul culture of the Trans-Urals (issues of reflecting the level of development of metal production)”, *Proceedings of the IV (XX) All-Russian Archaeological Congress in Kazan*, vol. I, Otechestvo, Kazan, pp. 520–524. (In Russ.)

Alaeva, I.P., Molchanov, I.V., Fomichev, A.V., Ankushev, M.N., Ankusheva, P.S., 2021, “The Chain Operator of Bronze Age mining: tools from the Novotomirsky copper mine (Southern Trans-Urals)”, *Theory and Practice of Archaeological Research*, no. 3, pp. 89–115. [https://doi.org/10.14258/tpai\(2021\)33\(3\).-06](https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(3).-06)

Ankusheva, P.S., Alayeva, I.P., Ankushev, M.N., Fomichev, A.V., Zazovskaya, E.P., Blinov, I.A., 2021, “From Ore to Metal: Exploitation of the Novotomirsky Mine, Southern Trans-Urals, in the Second Millennium BC”, *Archeology, Ethnography & Anthropology of Eurasia*, vol. 49, no. 1, pp. 30–38. (In Russ.) <https://doi.org/10.17746/1563-0102.2021.49.1.030-038>

Ankusheva, P.S., Ankushev, M.N., Blinov, I.A., Artemyev, D.A., Alayeva, I.P., 2023, “Mineralogical and geochemical research on evidence of Alakul metal production at the Vorovskaya Yama mine (Southern Trans-Urals)”, *Russian Archeology*, no. 3, pp. 23–37. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0869606323030042>

Ankusheva, P.S., Ankushev, M.N., Blinov, I.A., Epimakhov, A.V., 2025, “Sintashta mines: current state of the problem and new analytical data”, *Ufa Archaeological Herald*, vol. 25, no. 2, pp. 199–210. (In Russ.) <https://doi.org/10.31833/uav/2025.25.2.016>

Valentin-peresheek... 1987, *Valentin-peresheek – settlement of ancient miners*. Nauka, Moscow, 248 p. (In Russ.)

Gorashchuk, I.V., Kolev, Yu.I., 2024, “Stone and bone tools from the Mikhailo-Ovtsyanka mine of the Bronze Age in the Samara region”, *Issues of archeology of the Urals and the Volga region*, Samara, SGSPU, pp. 89–104. (In Russ.)

Gorashchuk, I.V., Semin, D.V., 2018, “Metallurgical and metalworking complex of stone tools from the settlement of Mikhailo-Ovtsyanka in the Samara region”, *Bulletin of the Udmurt University*, vol. 4, vol. 28, pp. 599–606. (In Russ.)

Grigoriev, S.A., 2013, *Metallurgical production in Northern Eurasia during the Bronze Age*. Cicero, Chelyabinsk, 660 p. (In Russ.)

Degtyareva, A.D., Kuzminykh, S.V., Orlovskaya, L.B., Blinov, I.A., Chemyakin, Yu.P., Pilkina, A.A., 2025, “Metal of the Alakul culture of the Southern Trans-Urals: morphological and chemical-metallurgical characteristics”, *Vestnik of Archeology, Anthropology & Ethnography*, no. 4 (71), pp. 35–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-71-4-3>

Epimakhov, A.V., 2012, “Materials on the History of Jewelry (the Bronze Age of the Southern Urals)”, *Archeology, Ethnography & Anthropology of Eurasia*, no. 1 (49), pp. 82–87. (In Russ.)

Zagorodnaya, O.N., 2019a, “Functional analysis of metal production tools of the Late Bronze Age (based on the materials of the monuments of the Kartamysh archaeological microdistrict)”, *KSIA*, no. 257, pp. 110–125. (In Russ.) <https://doi.org/10.25681/IARAS.0130-2620.257.110-125>

Zagorodnaya, O.N., 2019b, “Bone tools in mining: Kartamysh vs Kargaly”, *Antiquities of Eastern Europe, Central Asia and Southern Siberia in the context of Relations and Interactions in the Eurasian cultural space (new data and concepts): Proceedings of the International Conference, November 18–22, 2019, St. Petersburg, vol. II. Connections, contacts and interactions of the ancient cultures of Northern Eurasia and the civilizations of the East in the Paleometallic epoch (IV–I millennium BC). On the 80th anniversary of the birth of the outstanding archaeologist V.S. Bochkarev*, Nevskaya Tipografiya, IIMK RAN, St. Petersburg, pp. 173–176. (In Russ.) <https://doi.org/10.31600/978-5-907053-35-9-173-176>

Zaykov, V.V., Zdanovich, G.B., Yuminov, A.M., 2000, “Vorovskaya Yama is a new Bronze Age mine”, *An archaeological source and modeling of ancient technologies: proceedings of the Arkaim Museum-Reserve, SPLIAC Arkaim, IIA UrO RAN, Chelyabinsk*, pp. 112–130. (In Russ.)

Zdanovich, S.Ya., Korobkova, G.F., 1988, “New data on the economic activity of the population of the Bronze Age (according to the data of the tracological study of the tools of the village Petrovka II)”, *Problems of archeology of the Ural-Kazakh steppes*, ChelGU, Chelyabinsk, pp. 60–79. (In Russ.)

Zdanovich, S.Ya., Yuminov, A.M., 2018, “Stone Tools from Cherkassy II settlement: on the issue of typological analysis”, *Magistra Vitae: Electronic Journal of Historical Sciences and Archeology*, no. 2, pp. 89–104. (In Russ.)

- Zdanovich, S.Ya., Semin, D.V., 2022, “Stone tools of the Arkaim settlement”, *Arkaim. Archaeology of fortified settlements. Book 2: Fortifications and public space*, ChelGU, Chelyabinsk, pp. 300–322. (In Russ.)
- Karavashkina, E.A., Syomin, D.V., 2025, “Stone and pottery assemblages of the Late Bronze Age of the Ishkininsky archaeological microdistrict”, *Archaeology of the Eurasian Steppes*, no. 1, pp. 188–198. (In Russ.) <https://doi.org/10.24852/2587-6112.2025.1.188.198>
- Kileynikov, V.V., 1984, “Stone mining and metalworking implements of the Mosolovo settlement”, *The Bronze Age of the Eastern European forest steppe*, VGU, Voronezh, pp. 108–120. (In Russ.)
- Korobkova, G.F., Vinogradov, N.B., 2004, “Stone and bone tools from the settlement of Kulevchi III”, *Vestnik of the Chelyabinsk State Pedagogical University. Ser. 1, Historical Sciences*, no. 2, pp. 57–87. (In Russ.)
- Kostomarova, Yu.V., 2020, “The metal forging tools of the Late Bronze Age population of the forest-steppe Tobol River region (experimental-traceological analysis)”, *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, no. 3 (50), pp. 48–60. (In Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2020-50-3-4>
- Kostomarova, Yu.V., Sechko, E.A., 2023, “Tools for the metal processing of the Alakul population of the forest-steppe Tobol River basin”, *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, no. 4 (63), pp. 108–119. (In Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2023-63-4-8>
- Kostomarova, Yu.V., Bukacheva, A.O., Molchanov, I.V., 2024, “Use-wear traces of copper ore processing tools from Late Bronze sites of the Trans-Urals (use wear analysis)”, *The Volga River Region Archaeology*, no. 4 (50), pp. 120–137. (In Russ.) <https://doi.org/10.24852/pa2024.4.50.120.137>
- Moseychuk, V.M., Yarkova, A.V., Mikhailov, I.G., Kashina, L.V., Surin, T.N., Plokhikh, N.A., Yuretskiy, V.N., 2013, *The 1:200,000 scale State Geological Map of the Russian Federation. The South Ural series. Sheet N-40-XXX*. Explanatory note, MF VSEGEI, Moscow, 222 p. (In Russ.)
- Petrov, N.F., Kupriyanova, E.V., Alayeva, I.P., Chemyakin, Yu.P., Ankushev, M.N., Rassomakhin, M.A., 2025, “Unidentified artifacts and jewelry production in the Late Bronze Age of the Southern Urals”, *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, no. 1 (68), pp. 33–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2025-68-1-3>
- Potemkina, T.M., 1985, *The Bronze Age of the forest-steppe region*. Nauka, Moscow, 376 p. (In Russ.)
- Tigeeva, E.V., 2013, “Chemical and metallurgical characteristics of the metal of the Alakul culture of the Middle Tobol region”, *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, no. 3 (22), pp. 31–39. (In Russ.)
- Tkachev, V.V., 2018, “The genesis of the Alakul culture in the context of mountain archeology”, *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, vol. 20, no. 3 (2), pp. 517–526. (In Russ.)
- Fomichev, A.V., 2015, “Tools of the mining and metallurgy from Late Bronze Age settlements in the north of the Uralsko-Mugodzharsky mining and smelting center”, *Bulletin of the Chelyabinsk State University, no. 24 (379), History*, vol. 66, pp. 9–16. (In Russ.)
- Fomichev, A.V., Ankusheva, P.S., Alaeva, I.P., 2021, “Moving up”: the use of lifting mechanisms at the Novotemirsky mine of the Bronze Age”, *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy*, vol. 8, YURGGNU, Miass, Chelyabinsk, pp. 116–120. (In Russ.)
- Chernykh, E.N., 1970, *The ancient metallurgy of the Urals and the Volga region*. Nauka, Moscow, 185 p. (In Russ.)
- Chernykh, E.N., Valkov, D.V., 2004, “Stone products: hammers, anvils, ore grinders”, *Cargaly. Vol. III. Gorny settlement: Archaeological materials: technology of mining and metallurgical production: Archaeobiological studies*, Yazyki slavyanskoj kultury, Moscow, pp. 157–181. (In Russ.)
- Yuminov, A.M., Kuldashv, Sh.Kh., Blinov, I.A., Khvorov, P.V., Filippova, K.A., Ankushev, M.N., Ankusheva, P.S., 2025, “Mineralogy of oxidation zone of the Vorovskaya Yama ancient copper mine (Southern Trans-Urals)”, *Mineralogy*, vol. 11, no. 3, pp. 51–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.35597/2313-545X-2025-11-3-4>
- Alaeva, I.P., Molchanov, I.V., Bukacheva, A.O., Blinov, I.A., Kabanova, A.Ya., Yuminov, A.M., Vinogradov, N.B., Skakun, N.N., 2025, “Whetstones: spectrum of metal tool sharpening operations in the Bronze Age of the Southern Trans-Urals, Russia”, *Journal of Archaeological Science: Reports*, no. 63, 105090. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2025.105090>
- Ankushev, M.N., Artemyev, D.A., Blinov, I.A., Bogdanov, S.V., 2021, “Bronze Age metallurgical slags from the South Urals: types, mineralogy and copper sources”, *Periodico di Mineralogia*, vol. 90, pp. 173–193. <https://doi.org/10.13133/2239-1002/17314>
- Ankushev, M.N., Alaeva, I.P., Ankusheva, P.S., Artemyev, D.A., Blinov, I.A., Epimakhov, A.V., Vinogradov, N.B., Zazovskaya, E.P., 2025, “New data on the chronology, composition of copper-base artifacts and the organization of the Alakul metal production in the Southern Trans-Urals Bronze age settlements”, *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 17 (228), pp. 1–21. <https://doi.org/10.1007/s12520-025-02347-8>
- Ankusheva, P.S., Rassadnikov, A.Yu., Ankushev, M.N., Bachura, O.P., Chechushkov, I.V., Kiseleva, D.V., Zazovskaya, E.P., Epimakhov, A.V., 2024, “Meat Supply of Alakul Miners at the Bronze Age Vorovskaya Yama Copper Mine (Southern Trans-Urals)”, *Environmental Archaeology*, pp. 1–22. <https://doi.org/10.1080/14614103.2024.2321419>
- Ankusheva, P.S., Rassadnikov, A.Yu., Vasyuchkov, E.O., Danilov, D.A., Andriyates, A.A., Epimakhov, A.V., 2025, “The Nutrition System of the Bronze Age Miners in the Southern Trans-Urals”, *Nanobiotechnology Reports*, vol. 20, no. 5, pp. 555–568. <https://doi.org/10.1134/S2635167625601093>

Artemyev, D.A., Ankushev, M.N., 2019, "Trace elements of Cu-(Fe)-sulfide inclusions in Bronze Age copper slags from South Urals and Kazakhstan: ore sources and alloying additions", *Minerals*, vol. 9, iss. 12, 746. <https://doi.org/10.3390/min9120746>

Cernych, E., 2013, "Die Eurasische (Westasiatische) metallurgische provinz der spätbronzezeit: aufstieg – blüte – niedergang", *Unbekanntes Kasachstan – Archäologie im Herzen Asiens, Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum*, vom 26. Januar bis zum 30. Juni 2013, Band I, Bochum, pp. 185–200.

Shishlina, N., Roslyakova, N., Kolev, Yu., Bachura, O.P., Kuznetsova, O.V., Kiseleva, D., Retivov, V.M., Tereschenko, E., 2020, "Animals, metal and isotopes: Mikhailo-Ovsyanka I, the Late Bronze Age mining site of the steppe Volga region", *Archaeological Research in Asia*, 24:100229. <https://doi.org/10.1016/j.ara.2020.100229>

Zagorodnia, O.N., 2021, "Functional analysis of metal-production tools of the Late Bronze Age in Eastern Ukraine", *Beyond traces use-wear going from tools to people by means of archaeological wear and residue analyses*, Sidestone Press, Leiden, pp. 265–279.

Сведения об авторах

Анастасия Олеговна Букачёва, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: Anastasia_26@list.ru, ORCID: 0000-0002-3578-5675, Scopus ID: 58918626700

Полина Сергеевна Анкушева, кандидат исторических наук, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: polenke@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1826-9919, Scopus ID: 57361932600

Лариса Яковлевна Кабанова, кандидат геолого-минералогических наук, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: kablar39@mail.ru, ORCID: 0009-0001-7234-5425, Scopus ID: 6602641106

Анатолий Михайлович Юминов, кандидат геолого-минералогических наук, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: umin@mineralogy.ru, ORCID: 0000-0001-7643-3505, Scopus ID: 6507058726

Information About the Authors

Anastasia O. Bukacheva, South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology of Ural Branch of RAS, Russian Federation, Miass. E-mail: anastasiabukacheva@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3578-5675, Scopus ID: 58918626700

Polina S. Ankusheva, Cand. Sc. (History), South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology of Ural Branch of RAN, Russian Federation, Miass. E-mail: polenke@mineralogy.ru, ORCID: 0000-0002-1826-9919, Scopus ID: 57361932600

Larisa Y. Kabanova, Cand. Sc. (Geological and Mineralogical), South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology of Ural Branch of RAN, Russian Federation, Miass. E-mail: kablar39@mail.ru, ORCID: 0009-0001-7234-5425, Scopus ID: 6602641106

Anatoly M. Yuminov, Cand. Sc. (Geological and Mineralogical), South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology of Ural Branch of RAN, Russian Federation, Miass. E-mail: umin@mineralogy.ru, ORCID: 0000-0001-7643-3505, Scopus ID: 6507058726

Авторский вклад:

А.О. Букачёва – написание черновика рукописи, проведение исследования, визуализация

П.С. Анкушева – предоставление ресурсов, получение финансирования, проведение исследования, визуализация, написание черновика рукописи

Л.Я. Кабанова – проведение исследования, формальный анализ

А.М. Юминов – проведение исследования, предоставление ресурсов

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' contributions:

A.O. Bukacheva – writing – original draft preparation, investigation, visualization

P.S. Ankusheva – resources, funding acquisition, investigation, visualization, writing – original draft preparation

L.Y. Kabanova – investigation, formal analysis

A.M. Yuminov – investigation, resources

Conflict of interests: the authors declare the absence of conflict of interests