

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОВОЛЖСКАЯ
АРХЕОЛОГИЯ

№ 1 (39)
2022

Главный редакторчлен-корреспондент АН РТ, доктор исторических наук **А.Г. Ситдиков****Заместители главного редактора:**член-корреспондент АН РТ, доктор исторических наук **Ф.Ш. Хузин**доктор исторических наук **Ю.А. Зеленева**Ответственный секретарь – кандидат ветеринарных наук **Г.Ш. Асылгараева****Редакционный совет:**

Б.А. Байтанаев – академик НАН РК, доктор исторических наук (Алматы, Казахстан) (председатель), **Х.А. Амирханов** – академик РАН, доктор исторических наук, профессор (Москва, Россия), **С.Г. Бочаров** – кандидат исторических наук (Севастополь, Россия), **П. Георгиев** – доктор наук, доцент (Шумен, Болгария), **Е.П. Казаков** – доктор исторических наук (Казань, Россия), **Н.Н. Крадин** – член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, профессор (Владивосток, Россия), **А. Тюрк** – PhD (Будапешт, Венгрия), **А.А. Тишкин** – доктор исторических наук профессор (Барнаул, Россия), **В.С. Синика** – кандидат исторических наук (Тирасполь, Молдова), **Б.В. Базаров** – академик РАН, доктор исторических наук, профессор (Улан-Удэ, Россия), **Д.С. Коробов** – доктор исторических наук, профессор РАН (Москва, Россия), **О.В. Кузьмина** – кандидат исторических наук (Самара, Россия), **П. Дегри** – профессор (Лёвен, Бельгия), **Вэй Джан** – Ph.D, профессор (Пекин, Китай).

Редакционная коллегия:

А.А. Выборнов – доктор исторических наук, профессор (Самара, Россия)
М.Ш. Галимова – кандидат исторических наук (Казань, Россия)
Р.Д. Голдина – доктор исторических наук, профессор (Ижевск, Россия)
С.В. Кузьминых – кандидат исторических наук (Москва, Россия)
А.Е. Леонтьев – доктор исторических наук (Москва, Россия)
Т.Б. Никитина – доктор исторических наук (Йошкар-Ола, Россия)
А.А. Чижевский – кандидат исторических наук (Казань, Россия)

Ответственный за выпуск:**А.А. Чижевский** – кандидат исторических наук**Адрес редакции:**

420012 г. Казань, ул. Бутлерова, 30

Телефон: (843) 236-55-42

E-mail: arch.pov@mail.ru**http://archaeologie.pro**

Индекс ПП753,

электронный Каталог печатных изданий "ПОЧТА РОССИИ"

Выходит 4 раза в год

Editor-in-Chief:

Corresponding Member of the Tatarstan Academy of Sciences,
Doctor of Historical Sciences **A. G. Sitdikov**

Deputy Chief Editors:

Corresponding Member of the Tatarstan Academy of Sciences, Doctor of Historical Sciences **F. Sh. Khuzin**
Doctor of Historical Sciences **Yu. A. Zelenev**
Executive Secretary – Candidate of Veterinary Sciences **G. Sh. Asylgaraeva**

Executive Editors:

B. A. Baitanayev – Academician of the Nacional Academy of the RK, Doctor of Historical Sciences (Almaty, Republic of Kazakhstan) (chairman), **Kh. A. Amirkhanov** – Academician of RAS, Doctor of Historical Sciences, Professor (Moscow, Russian Federation), **S. G. Bocharov** – Candidate of Historical Sciences (Sevastopol, Russian Federation), **P. Georgiev** – Doctor of Historical Sciences (Shumen, Bulgaria), **E. P. Kazakov** – Doctor of Historical Sciences (Kazan, Russian Federation), **N. N. Kradin** – Doctor of Historical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok, Russian Federation), **A. Türk** – PhD (Budapest, Hungary), **A. A. Tishkin** – Doctor of Historical Sciences, Professor (Barnaul, Russian Federation), **V. S. Sinika** – Candidate of Historical Sciences (Tiraspol, Moldova), **B. V. Bazarov** – Academician of RAS, Doctor of Historical Sciences, Professor (Ulan-Ude, Russian Federation), **D. S. Korobov** – Doctor of Historical Sciences, Professor (Moscow, Russian Federation), **O. V. Kuzmina** – Candidate of Historical Sciences (Samara, Russian Federation), **P. Degryse** – Professor (Leuven, Belgium), **Wei Jian** – Ph.D, Professor (Beijing, China).

Editorial Board:

A. A. Vybornov – Doctor of Historical Sciences, Professor (Samara State Academy of Social Sciences and Humanities, Samara, Russian Federation)

M. Sh. Galimova – Candidate of Historical Sciences (Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Kazan, Russian Federation)

R. D. Goldina – Doctor of Historical Sciences, Professor (Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation)

S. V. Kuzminykh – Candidate of Historical Sciences (Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)

A. E. Leont'ev – Doctor of Historical Sciences (Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation)

T. B. Nikitina – Doctor of Historical Sciences (Mari Research Institute of Language, Literature and History named after V. M. Vasilyev, Yoshkar-Ola, Russian Federation)

A. A. Chizhevsky – Candidate of Historical Sciences (Institute of Archaeology named after A. Kh. Khalikov, Kazan, Russian Federation)

Responsible for Issue

A. A. Chizhevsky – Candidate of Historical Sciences

Editorial Office Address:

Butlerov St., 30, Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russian Federation

Telephone: (843) 236-55-42

E-mail: arch.pov@mail.ru

<http://archaeologie.pro>

© Tatarstan Academy of Sciences (TAS), 2022

© Mari State University, 2022

© “Povolzhskaya Arkheologiya” Journal, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Воробьева Е.Е. (Казань, Россия)</i> Традиции и новации в домостроительстве поздневолосовского населения Марийского Поволжья	8
<i>Борзунов В.А. (Екатеринбург, Россия), Кузьминых С.В. (Москва, Россия)</i> Изделия из цветного металла памятника Серный Ключ в горах Среднего Урала	17
<i>Анкушева П.С., Анкушев М.Н. (Миасс, Россия), Алаева И.П. (Челябинск, Россия), Фомичев А.В. (Орск, Россия), Блинов И.А., Артемьев Д.А. (Миасс, Россия)</i> Медеплавильный горн на древнем руднике Новотемирский.....	34
<i>Купцова Л.В., Евгенийев А.А. (Оренбург, Россия)</i> Погребения эпохи бронзы II курганного могильника у с. Второе Имангулово (Оренбургское Предуралье)	49
<i>Берсенева Н.А. (Екатеринбург, Россия)</i> Детские погребения срубной культуры Южного Урала. Изучение возрастных групп и этапов социализации детей	61
<i>Васильев В.Н. (Бонн, Германия), Исмагил Р., Рафикова Я.В. (Уфа, Россия)</i> Агеевский курганный могильник эпохи поздней бронзы в Башкирском Зауралье	71
<i>Швецова А.А. (Н.Новгород, Россия)</i> Система орнаментации керамических сосудов поздняковской культуры позднего бронзового века на территории Волго-Окского Правобережья	87
<i>Лыганов А.В. (Казань, Россия), Морозов В.В., Смирнов А.Л. (Москва, Россия), Храмченкова Р.Х. (Казань, Россия)</i> Металлические изделия позднего бронзового века Татарско-Азиевской III стоянки в устье р. Белой	104
<i>Наджафов Ш.Н. (Баку, Азербайджан)</i> Некрополь Газыгулу – памятник ходжалы-гедабекской культуры позднего бронзового – раннего железного века бассейна реки Товуз	118
<i>Agalarzade A.M. (Баку, Азербайджан)</i> Grave Monuments in South–Eastern End of the South Caucasus: Late Bronze – Early Iron Age Kurgans	130
<i>Добровольский Л.С., Сыдыков Е.Б., Умиткалиев У.У., Каженова Г.Т. (Нур-Султан, Казахстан)</i> Происхождение скифов Северного Причерноморья: проблематика, гипотезы и перспективы	145
<i>Чижевский А.А. (Казань, Россия)</i> Каменные молоты ананьинской культурно-исторической области	159

<i>Асылгараева Г.Ш., Оруджов Э.И., Старков А.С. (Казань, Россия)</i>	
Археозоологический комплекс Макарьевского городища	178
<i>Головченко Н.Н., Демин М.А. (Барнаул, Россия)</i>	
Золотая пластина с изображением рогатого животного с Северного Алтая: традиции звериного стиля и художественный эксперимент.....	190
<i>Хохлов А.А. (Самара, Россия), Газимзянов И.Р. (Казань, Россия), Сташенков Д.А. (Самара, Россия)</i>	
О распространении традиции искусственной деформации головы на северных окраинах Волго-Уралья (эпоха бронзы и ранний железный век).....	204
<i>Казанцева О.А., Сунцова Н.Ю. (Ижевск, Россия)</i>	
К вопросу о погребальных конструкциях Кудашевского I могильника	221
<i>Новиков В.В. (Москва, Россия)</i>	
Воздушное лазерное сканирование на базе БПЛА для изучения объектов археологии в европейской части России	232
Список сокращений	247
Правила для авторов	250

CONTENT

<i>Vorobeva E.E. (Kazan, Russian Federation)</i> Traditions and Innovations' in Housebuilding of the Later Volosovo Population of the Mari Volga Region.....	8
<i>Borzunov V.A. (Yekaterinburg, Russian Federation), Kuzminykh S.V. (Moscow, Russian Federation)</i> Non-Ferrous Metal Products of the Monument Serny Klyuch in the Mountains of the Middle Urals.....	17
<i>Ankushева P.S., Ankushev M.N. (Miass, Russian Federation), Alaeva I.P. (Chelyabinsk, Russian Federation), Fomichev A.V. (Orsk, Russian Federation), Blinov I.A., Artemiev D.A. (Miass, Russian Federation)</i> The Copper Smelting Furnace at the Novotemirsky Ancient Mine.....	34
<i>Kuptsova L.V., Evgenyev A.A. (Orenburg, Russian Federation)</i> The Burials of the Bronze Age of the II Burial Mound near the Village Vtoroe Imangulovo (Orenburg Pre-Urals).....	49
<i>Berseneva N.A. (Yekaterinburg, Russian Federation)</i> Children's Burials of the Srubnaya Culture in the Southern Urals. Research in the Age Groups and Stages of Children Socialization	61
<i>Vasiliev V.N. (Bonn, Germany), Ismagil R., Rafikova Ya.V. (Ufa, Russian Federation)</i> The Ageyevsky Burial Mound of the Late Bronze Age in the Bashkir Trans-Urals	71
<i>Shvetsova A.A. (N. Novgorod, Russian Federation)</i> The Ornamentation System of Ceramic Vessels of the Pozdnyakovo Culture in the Late Bronze Age on the Territory of the Volga-Oka Right Bank.....	87
<i>Lyganov A.V. (Kazan, Russian Federation), Morozov V.V., Smirnov A.L. (Moscow, Russian Federation), Khramchenkova R.Kh. (Kazan, Russian Federation)</i> Late Bronze Age Metal Items from Tatarsky-Azibey III Site in the Mouth of the Belaya River.....	104
<i>Najafov Sh.N. (Baku, Azerbaijan)</i> Necropol Gazigulu – Late Bronze–Early Iron Ages Site of the Khojaly-Gedabey Archaeological Culture in Bassin of Tovuzchay River	118
<i>Agalarzade A.M. (Baku, Azerbaijan)</i> Grave Monuments in South–Eastern End of the South Caucasus: Late Bronze – Early Iron Age Kurgans	130
<i>Dobrovolskiy L.S., Sydykov E.B., Umitkaliev U.U., Kazhenova G.T. (Nur-Sultan, Kazakhstan)</i> Origin of the Scythians of the Northern Black Sea Region: Issues, Hypotheses and Prospects.....	145

<i>Chizhevsky A.A. (Kazan, Russian Federation)</i>	
Stone Hammers of Ananyino Cultural and Historical Area.....	159
<i>Asylgaraeva G.Sh., Orudzhov E.I., Starkov A.S. (Kazan, Russian Federation)</i>	
Archaeozoological Complex of the Makaryevskoye Hillfort.....	178
<i>Golovchenko N.N., Demin M.A. (Barnaul, Russian Federation)</i>	
The Golden Plate with the Picture of the Horned Animal from the Northern Altai: the Traditions of Animal Style and the Artistic Experiment	190
<i>Khokhlov A.A. (Samara, Russian Federation), Gazimzyanov I.R.</i> <i>(Kazan, Russian Federation), Stashenkov D.A. (Samara, Russian Federation)</i>	
On the Spread of the Tradition of Artificial Deformation of the Skull on the Northern Outskirts of the Volga-Urals (the Bronze and Early Iron Ages)	204
<i>Kazantseva O.A., Suntsova N.Yu. (Izhevsk, Russian Federation)</i>	
To the Question about Burial Constructions of the Kudash I Burial Ground.....	221
<i>Novikov V.V. (Moscow, Russian Federation)</i>	
UAV Lidar for Investigation Archaeology Sites in European Part of Russian Federation	232
List of Abbreviations.....	247
Submissions	250

УДК 902/904:553.43(470.5)

<https://doi.org/10.24852/pa2022.1.39.34.48>

МЕДЕПЛАВИЛЬНЫЙ ГОРН НА ДРЕВНЕМ РУДНИКЕ НОВОТЕМИРСКИЙ¹

© 2022 г. П.С. Анкушева, М.Н. Анкушев, И.П. Алаева,
А.В. Фомичев, И.А. Блинов, Д.А. Артемьев

Статья посвящена исследованию медеплавильного горна рубежа III/II тыс. до н. э., обнаруженного на древнем руднике Новотемирский. В Южном Зауралье данный объект является первым свидетельством выплавки металлов из руд в бронзовом веке непосредственно на месторождении. При помощи комплекса минералого-геохимических методов исследования (оптическая и электронная микроскопия, рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализ, ЛА-ИСП-МС) была определена технология выплавки металлов из руд: строение горна, тип руды и шлаков, температура плавки, состав металла. Несмотря на территориально-хронологическую локализацию горна в рамках синташтинской культуры, результаты анализа демонстрируют отличную от традиционно синташтинской металлургическую технологию. В частности, включения сульфидов в шлаках оливинового хромитосодержащего типа находят аналогии в шлаках абашевской культуры из многослойных поселений бронзового века Южного Урала.

Ключевые слова: археология, древний рудник, бронзовый век, Южное Зауралье, металлургический горн, металлургические шлаки, синташтинская культура, абашевская культура.

Введение

Зарождение металлопроизводства в Южном Зауралье имеет длительную историю изучения, основные тезисы которой сводятся к следующему:

1) первый крупный очаг металлургии (горное дело, выплавка металлов из руд, металлообработка) в регионе связан с абашевскими и синташтинскими памятниками (Сальников, 1968; Виноградов, 1995; Черных, 2008; Дегтярева, 2010; Борзунов и др., 2020);

2) основным источником медного сырья служили окисленные руды в ультрабазитах (Зайков и др., 2005; Григорьев, 2013);

3) выплавка металлов из руд осуществлялась в постройках укрепленных поселений (Древнее Устье, 2013; Григорьев, 2013, с. 100–265; *Multidisciplinary investigations...*, 2013, pp. 187–201).

При раскопках древнего рудника Новотемирский впервые на месторождении меди Южного Зауралья

было обнаружено теплотехническое сооружение (горн). Его исследование позволило дополнить, а в некоторых позициях – пересмотреть ранее полученные данные о технологии металлопроизводства бронзового века в регионе, в том числе о процессах, происходящих на местах добычи руд. В задачи работы входит:

– определение технологии металлопроизводства: строение горна, используемая руда, тип шлаков, температура металлургического процесса, состав готового металла;

– определение культурной принадлежности и возможных потребителей Новотемирской металлургической продукции.

В ходе работы было исследовано 9 образцов металлургических шлаков, 10 проб грунта из заполнения горна и фоновых почв вблизи рудника. Исследования проводились в Институте минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Рентгенофлуоресцентный анализ грунта проводился на портативном

¹ Работа выполнена в рамках бюджетной темы Института минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН.

приборе INNOV-X α 4000, аналитик М.Н. Анкушев. Рентгенофазовый анализ 2 истертых валовых проб шлаков проведен на дифрактометре SHIMADZU XRD-6000, аналитик П.В. Хворов. Минералогические особенности металлургических шлаков изучены в 6 полированных аншлифах на оптическом микроскопе Olympus BX 51, аналитик М.Н. Анкушев. Состав минералов и стекла шлаков установлен в 3 полированных аншлифах на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 SBU с ЭДА, аналитик И.А. Блинов. Элементы-примеси в медных каплях металлургических шлаков определялись методом ЛА-ИСП-МС на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Agilent 7700x и лазерной приставкой New Wave Research UP-213, аналитик Д.А. Артемьев. Проанализирован один образец шлака. Для расчёта и калибровки применялись международные стандарты металлической меди NIST SRM-500 и стекла NIST SRM-610.

Конструкция горна

Древний рудник Новотемирский находится в Чесменском районе Челябинской области (Юминов и др., 2015). Он включает в себя окруженный отвалами карьер размером 30×40 м и примыкающие к нему шахты и шурфы. Предполагается несколько этапов разработки месторождения, наиболее ранний связан с бронзовым веком (Ankusheva et al., 2021).

При раскопках 2019 г. в юго-восточной части памятника было выявлено теплотехническое сооружение. Оно было локализовано на участке, лишенном признаков каких-либо построек. Горн был устроен в погребенной почве и прорезал материк на глубину до 5 см. Его очертания представляли собой округлое пятно диаметром 60–65 см с окантовкой красного оттенка и черным золистым центром (рис. 1; 2). В золистом центре объекта

найден 21 фрагмент керамики. Орнамента нет, внешняя и внутренняя стороны тщательно заглажены, толщина до 1 см, цвет светло-коричневый. В формовочной массе обильная примесь раковины (рис. 3: 3–4). Вместе с керамикой в центральном золистом заполнении встречены металлургические шлаки и мелкие фрагменты костей животных.

О медеплавильном назначении горна говорит его обнаружение на месторождении, вне пределов жилищных построек, находки металлургических шлаков *in situ* в заполнении, а также небольшой размер конструкции, указывающий на металлургическую специализацию (Григорьев, 2013, с. 108–109). Дополнительным аргументом также служит химический состав заполнения объекта. С помощью рентгенофлуоресцентного анализа изучен состав грунта из горна, погребенной почвы в непосредственной близости от объекта и фоновых образцов почв на удалении от рудника (табл. 1). Анализ показал весьма высокие концентрации меди, никеля, хрома, железа в грунте горна (табл. 1, № 2ГО-7ГО). В различных его частях содержание составляет (мас. %): Cu 0,25–1,6, Ni 0,13–0,16, Cr 0,06–0,2, Fe 4,8–7. В погребенной почве возле горна содержание меди ниже; железо, хром, никель показывают сходные концентрации (табл. 1, № 1ГО). В фоновых пробах почв, отобранных в 50 метрах от рудника, содержание меди низкое и находится на пределе обнаружения прибора. Содержание железа в горне выше, чем в фоновых почвах, из-за увеличения количества магнетита в грунте над рудным телом. Количество Zn, Ni и Cr в фоновых почвах сходно с пробами из горна (см. табл. 1, № 4Г–6Г), что является следствием приуроченности объекта к ультрабазитовому субстрату.

Наиболее близкими аналогиями Новотемирского горна могут высту-



Рис. 1. Рудник Новотемирский. Медеплавильный горн. Фото объекта. 1 – южная половина горна на уровне погребенной почвы (гл. -228); 2 – шлаки и керамика в центральном золистом заполнении горна; 3 – очертания горна на уровне материка (-232).
 Fig. 1. The Novotemirsky mine. Copper smelting furnace. Photo of the object. 1 – southern part of the furnace at the buried soil level (-228); 2 – slags and ceramics in the central ash filling of the furnace; 3 – The shape of the furnace at the sterile level (-232).

Таблица 1

Содержание некоторых элементов в грунте заполнения горна

Шифр	Локализация	Описание	Содержание, ppm				
			Cu	Zn	Ni	Cr	Fe
1ГО	Бровка 7Г/7Д	Погребенная почва в 30 см к северу от очага	763	65	1329	767	61020
2ГО	Бровка 6Г/7Г	Северный край очага - темно-серый с красноватым оттенком	2706	83	1388	1303	58621
3ГО	Бровка 6Г/7Г	Северный край черного центра очага	4879	127	1564	555	62263
4ГО	Бровка 6Г/7Г	Восточный край очага, красноватый, со шлаком	4494	89	1465	989	64293
5ГО	Бровка 6Г/7Г	Центр очага - черный золистый грунт с углем	15760	99	1292	1028	47982
6ГО	Бровка 6Г/7Г	Юго-восточный край очага, красный ободок	2534	147	1436	1943	69923
7ГО	6Г	Заполнение центра очага	10187	224	1409	802	56770
4Г	2 м к Ю от нуля	Фоновая почва. Верхний гумус с серым щебнем	78	65	1745	746	53793
5Г	50 м к В от нуля	Фоновая почва. Верхний черный гумус	<LOD	53	1256	434	44587
6Г	50 м к В от нуля	Фоновая почва. Предматериковый плотный ТГС	<LOD	62	1279	903	45676

Примечание: анализ проведен на портативном рентгенофлуоресцентном анализаторе INNOV-X α 400 (режим Soil, время экспозиции 30с). <LOD – ниже предела обнаружения (10 ppm).

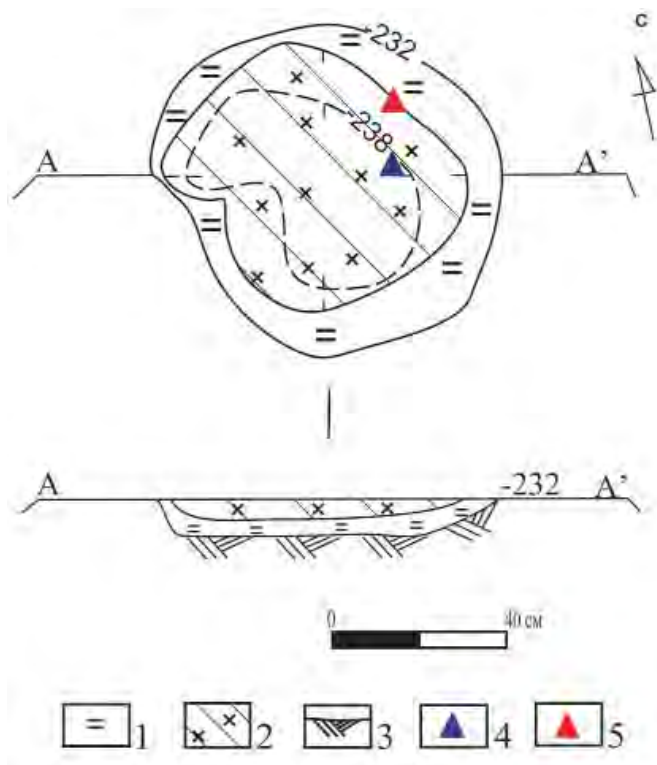


Рис. 2. Рудник Новотемирский. Медеплавильный горн. План и разрез на уровне материка. 1 – прокаленная супесь красноватого оттенка; 2 – темно-серая гумусированная золистая супесь с мелкими фрагментами углей, шлаков, керамики; 3 – материк (плотная серо-желтая супесь с мелким щебнем серпентинитов); 4 – место локализации крупного фрагмента шлака; 5 – место локализации крупного фрагмента керамики.

Fig. 2. The Novotimirsky mine. Copper smelting furnace. Plan and profile at the sterile level.

1 – calcined sandy loam of a reddish hue; 2 – dark gray humified ash sandy loam with small fragments of coal, slag, ceramics; 3 – sterile level (dense gray-yellow sandy loam with small gravel of serpentinite); 4 – location of the large slag fragment; 5 – location of the large fragment of ceramics.

пять синташтинские однокамерные наземные печи без дымохода, известные на укрепленных поселениях Аркаим, Синташта, Устье (Григорьев, 2013, с. 102, рис. 3-3). Их размеры несколько больше Новотемирского (0,7–1 м), что объясняется полифункциональностью данных сооружений (там же, с. 107). Очаги данного типа широко встречаются на памятниках абашевской (Серный Ключ), алакульской (Кудук-сай) и срубной культур (Горный I). Все объекты реконструируются как горны ямно-купольного типа, с основанием диаметром 0,4–0,6 м и глубиной 0,3–0,4 м, с наличи-

ем в древности перекрытия (Борзунов и др., 2020, с. 122–123; Фомичев, 2014, с. 296, 297; Черных и др., 2002, с. 97–100).

Технология выплавки

Основным источником по технологии выплавки металлов из руд Новотемирского месторождения служат металлургические шлаки из заполнения горна. Всего найдено 249 фрагментов общим весом 264 грамма. Большая часть шлаков представлена мелкими фрагментами и каплями размером 5–25 мм. Кроме этого, отмечено 9 крупных фрагментов величиной до 57 мм (рис. 3: 1–2). Их форма упло-

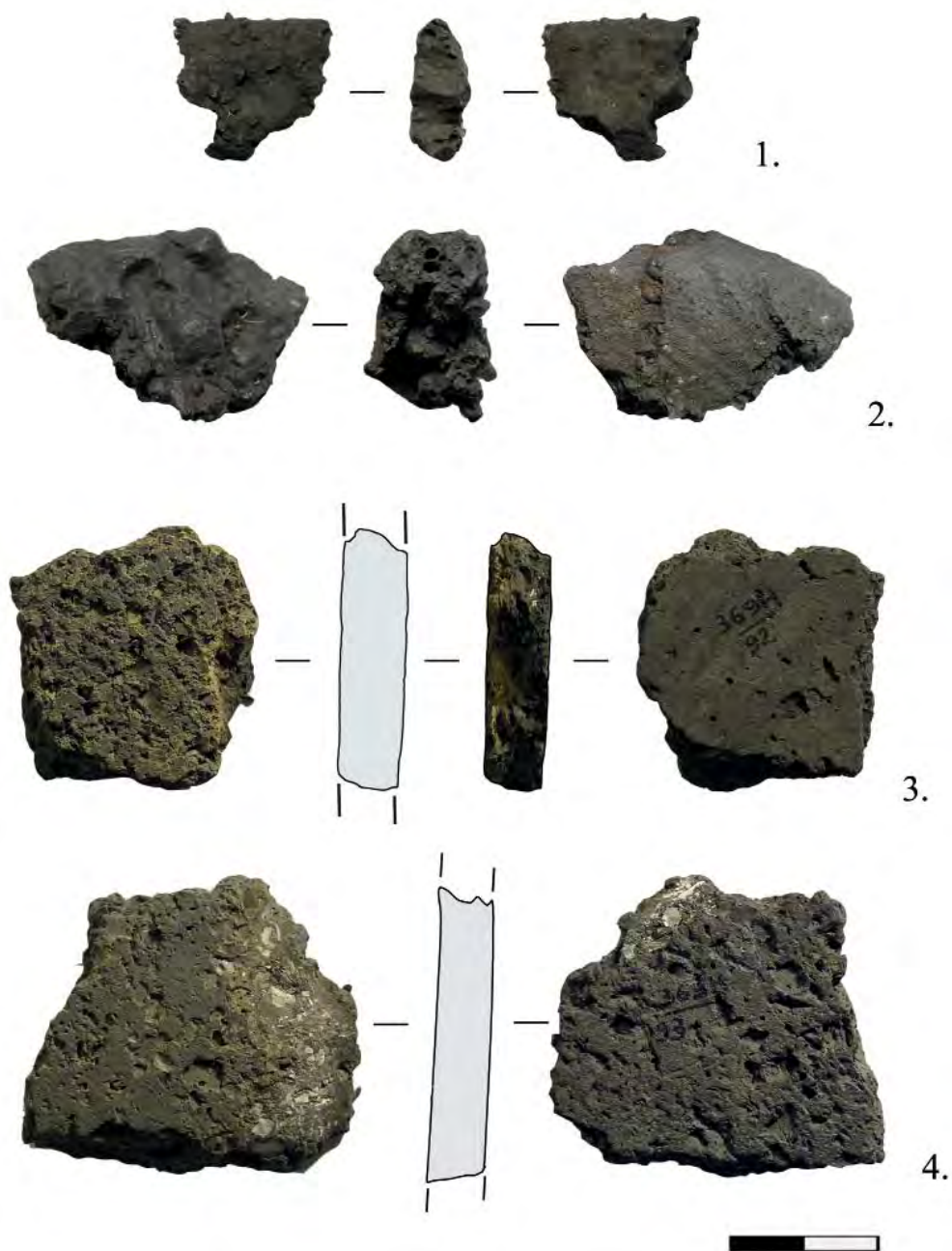


Рис. 3. Артефакты из заполнения горна.
1–2 – металлургический шлак (шифр 5ш, 6ш); 3–4 – керамика (шифр 92, 93).

Fig. 3. Artifacts from the furnace filling.
1–2 – Metallurgical slags (sample 5sh, 6sh); 3–4 – ceramics (sample 92, 93).

щенная, с закраиной на одной стороне, выступающими каплями, нижняя поверхность бугристая, верхняя глад-

кая с бороздами, возможно, отпечатками органики. Цвет образцов темно-серый. На сломе шлак плотный, с

незначительным количеством пустот, пористость неравномерная (1–10% от образца).

Минералогия шлаков

По данным оптической микроскопии и рентгенофазового анализа шлаки сложены оливином (40–45%, здесь и далее доля от общего объема образца), магнетитом (40–50%), пироксеном и стеклом (в сумме 5–10%). Кроме этого, в шлаках присутствуют капли металлической меди и новообразованного халькозина, единичные реликтовые включения хромшпинелидов и кварца. По минеральному составу и текстурно-структурным особенностям образцы соответствуют типу хромитсодержащих оливиновых шлаков, однако отличаются от них наличием новообразованных сульфидов (Artemyev, Ankushev, 2019).

Оливин в шлаках образует идиоморфные призматические кристаллы, часто с хорошо выраженной зональностью и секториальностью (рис. 4А), размер кристаллов достигает 0,2 мм. Минерал представлен фаялитом, однако центральные части зональных кристаллов являются высокомагнетизальными (до 48 мас. % MgO) и соответствуют форстериту. Также оливин образует цепочечные и скелетные кристаллы (рис. 4Б), которые по своему составу соответствуют фаялиту.

Магнетит распространен очень широко, некоторые участки состоят из магнетита более чем на 90% от объема образца. Минерал образует новообразованные скелетные кристаллы размером до 0,1 мм и скопления мелких (10–20 мкм) идиоморфных зерен (рис. 4Б). Состав минерала стехиометричный, с небольшими примесями Al, Mg, Cr, Ni, Si.

Пироксен представлен новообразованными удлинёнными кристаллами размером до 50 мкм, со слабо выраженной зональностью. По составу минерал соответствует промежуточ-

ным членам ряда энстатит – ферросилит (в мас. %: SiO₂ 50–53; FeO 20–35; MgO 13–24; CaO 0,9–1,9; Al₂O₃ 0–1,4; CuO 0–1,2; NiO 0–0,6).

Стекло основного-среднего состава, низкощелочное. В шлаке распространено весьма ограниченно. Состав стекла соответствует (мас. %): SiO₂ 49–55; FeO 15–26; CaO 8–13; Al₂O₃ 7–11; MgO 0–8; K₂O 0,2–1,4; P₂O₅ 0–0,5; TiO₂ 0–0,5; CuO 0–1,6; BaO 0–0,6; MnO 0–0,6.

Реликтовые минералы в шлаке представлены единичными зёрнами **хромшпинелидов** и **кварца**. Хромшпинелиды представлены гипидиоморфными зёрнами величиной до 0,2 мм, по периферии фиксируется тонкая магнетитовая кайма (рис. 4В). Состав минерала соответствует хромиту (мас. %): Cr₂O₃ 59,7; FeO 22,6; Al₂O₃ 9,3; MgO 7,1; V₂O₅ 0,4; SiO₂ 0,4. Кварц встречается в виде единичных мелких зёрен размером 10–20 мкм.

Новообразованные расплавные включения представлены каплями меди размером до 0,1–0,15 мм, иногда замещённые купритом. По периферии некоторых капель фиксируется сульфидная «рубашка», состоящая из новообразованного халькозина (рис. 4Г). В шлаке также встречаются мелкие включения халькозина, с примесью Fe до 3,1 мас. %.

Состав металла

По данным LA-ICP-MS анализа, капли металла в шлаке представлены преимущественно чистой медью. В некоторых каплях присутствует примесь Fe до 3 мас. %, отмечаются также примеси Ni до 0,1 мас. %, As до 0,045 мас. % и Co до 0,03 мас. % (табл. 2). Добавки легирующих примесей в данной плавке не использовались. Высокие примеси мышьяка, обнаруженные в шлаках и металле других абашевско-синташтинско-петровских памятников, свидетельствуют либо о применении сильно обогащённых мышьяком руд, либо, что более ве-

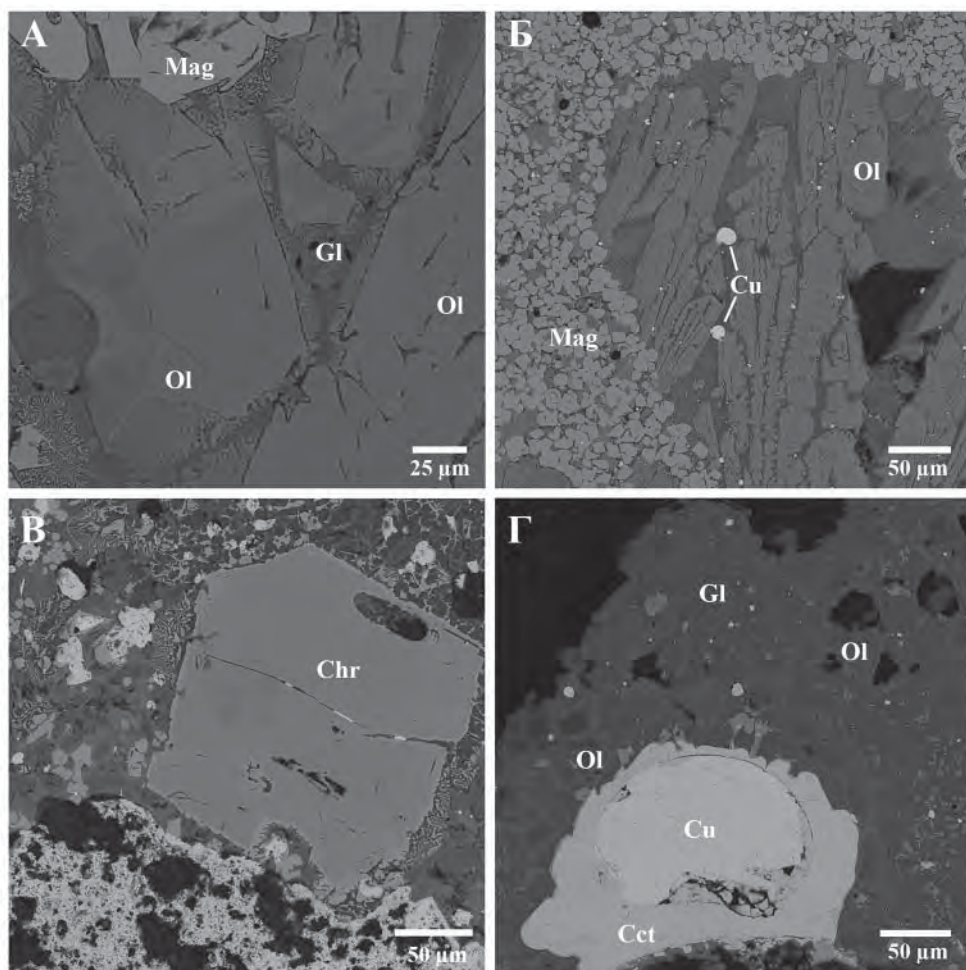


Рис. 4. Минералогия шлаков медеплавильного горна на древнем руднике Новотемирский. А – зональные кристаллы оливина в матрице стекла; Б – цепочечные кристаллы оливина и зерна новообразованного магнетита; В – реликтовое зерно хромшпинелида; Г – медная капля с новообразованной халькозиновой «рубашкой». Обозначения минералов: ОI – оливин, Маg – магнетит, Chr – хромшпинелид, Ссt – халькозин, Сu – металлическая медь, Gl – стекло. Изображения в отраженных электронах.

Шифры образцов: 1–2 – 2ш; 3 – 5ш; 4 – бш.

Fig. 4. Furnace slags mineralogy of the copper smelting furnace at the Novotemirsky ancient mine. А – zoned olivine crystals in a glass matrix; В – chain crystals of olivine and grains of newly formed magnetite; В – relict grain of Cr-rich spinel; Г – a copper droplet with a newly formed chalcocite rim.

Designations of minerals: ОI – olivine, Маg – magnetite, Chr – Cr-rich spinel, Ссt – chalcocite, Сu – metallic copper, Gl – glass. BSE images. Samples: 1–2 – 2sh; 3 – 5sh; 4 – 6sh.

роятно, добавлении искусственных легирующих добавок в шихту или металл (Григорьев, 2013).

Температура плавления

Нанесение точек состава оливина на шлаков Новотемирского горна на диаграмму плавкости в системе форстерит – фаялит (Bowen, Shairer,

1932) позволило восстановить температурный режим. Максимальная температура расплава могла быть весьма высокой, зональные кристаллы оливина формировались при 1400–1530 °С (рис. 5). Цепочечные и скелетные кристаллы оливина формировались при остывании расплава при тем-

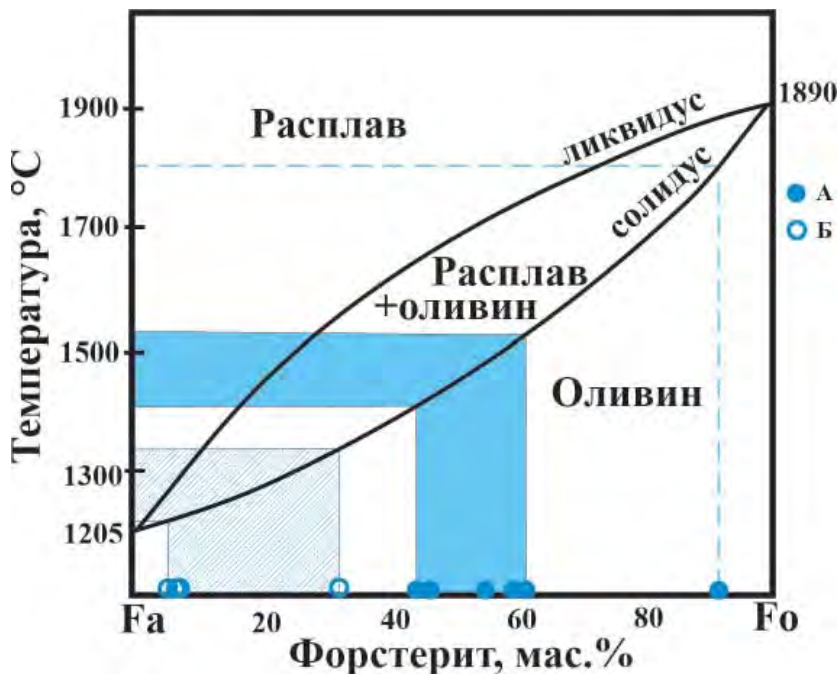


Рис. 5. Точки состава оливина металлургических шлаков Новотемирского горна на диаграмме плавкости в системе форстерит-фаялит при давлении 1 атм (Bowen, Shairer, 1932). А – призматические зональные кристаллы, Б – цепочечные и скелетные кристаллы.

Fig. 5. Olivine composition points of the Novotemirsky furnace metallurgical slags on the melting diagram in the forsterite-fayalite system at a pressure of 1 atm (Bowen and Shairer, 1932). А – prismatic zoned crystals, В – chain and skeletal crystals.

пературе 1210–1330 °С. На единичном участке образца шлака зафиксировано образование форстерита, которые слагает ядро зонального кристалла (рис. 4Г). Оливин такого состава, по данным диаграммы, должен формироваться при очень высокой температуре, около 1800 °С. Достижение таких высоких температур в металлургии бронзового века сомнительно. Ранее форстерит такого состава в древних шлаках Южного Урала зафиксирован не был, этот случай требует дальнейшего изучения.

В отличие от других памятников, на Новотемирском горне мы можем однозначно привязать особенности металлургического шлака к источнику руды. Новотемирское медно-магнетитовое рудопроявление относится к скарновому типу, приурочено к Ку-

ликовскому ультрабазитовому массиву (Сначев и др., 2006). Первичными минералами меди являются халькопирит и борнит, зона окисления представлена малахитом, хризоколлой, азуритом, делафосситом, ковеллином, халькозином. В рудах встречаются сульфиды, арсениды и сульфоарсениды Ni и Co (Блинов и др., 2018). В ходе плавки этой руды в горне был получен лепешковидный, хромитсодержащий оливиновый шлак, при этом с новообразованными сульфидами, большим количеством магнетита и As-Ni геохимической специализацией. Плавка руды проходила при высоких температурах 1400–1500 °С с постепенным остыванием. В результате плавки получена медь с небольшой естественной примесью железа, никеля, мышьяка, кобальта.

Таблица 2

Состав металлических включений в металлургическом шлаке древнего рудника Новотемирский

№ ан.	Cu, мас. %	Элементы-примеси, ppm									
		As	Sn	Zn	Pb	Fe	Ni	Co	Sb	Ag	Se
1	99,7	93	55	430	2,7	260	1390	216	1,8	14	60
2	99,9	179	5	36	0,3	125	910	2	1,8	11	25
3	99,3	146	3	55	0,5	6100	929	13	2,8	2,3	8
4	97,0	34	5	115	0,3	29100	730	399	0,7	0,6	22
5	97,6	40	1,7	21	0,2	23200	427	183	0,3	0,1	11
6	99,9	229	2	24	0,7	80	105	0,4	0,2	46	45
7	99,9	252	2,3	25	0,1	110	105	0,3	0,5	80	59
8	99,9	313	3,8	27	0,1	85	111	0,46	1,3	67	88
9	99,8	49	3	60	0,8	420	950	116	1,8	11	26
10	99,9	16	1,3	8	0,5	77	664	95	0,1	8	29
11	99,8	453	3,5	16	0,1	70	1010	0,6	1,4	7,4	19
12	99,9	163	1,8	6	0,9	21	551	4,1	1,7	22	57
13	99,9	156	1,8	5	1,4	17	502	4,4	2	22	73

Примечание: анализы выполнены на масс-спектрометре Agilent 7700x с лазерной приставкой New Wave Research UP-213 (аналитик Д. А. Артемьев). 1ppm = 0,0001 мас. %

Культурная принадлежность

Ввиду отсутствия культурно определенных артефактов в заполнении и в непосредственной близости от объекта мы вынуждены опираться на ^{14}C AMS-датирование (табл. 3), минералого-геохимические особенности руд и шлаков, их тип и аналогии, особенности технологической керамики. Полученный в результате ^{14}C AMS-датирования интервал укладывается в хронологические рамки синташтинской культуры (Епимахов и др., 2005; Чечушков и др., 2020).

Шлаки Новотемирского горна также имеют много признаков, характерных для образцов с других синташтинских памятников. Морфологически образцы представляют собой характерные фрагменты шлаковых лепешек, широко распространенных на укрепленных поселениях Южного Зауралья. Основным минералом является оливин, который образует зональные кристаллы, что ранее было зафиксировано на многих синташтинских поселениях, также в шлаках присутствуют реликты хромшпинелидов (Григорьев, 2013). Наблюдается общая As-Ni геохимическая ассоциация,

обусловленная минералогическими особенностями эксплуатируемых руд.

Тем не менее в шлаках Новотемирского горна отмечено большее количество магнетита по сравнению с другими синташтинскими памятниками. Это легко объясняется медно-магнетитовым типом руд месторождения. Также в шлаках присутствует новообразованный халькозин, который свидетельствует об использовании сульфидных, или смешанных сульфидно-окисленных руд. Тогда как для синташтинской металлургии доказана разработка окисленных медных руд, приуроченных к верхним горизонтам месторождений. Использование сульфидных руд (халькозин и ковеллин) широко распространяется позднее, в срубной и алакульской металлургии. При этом металлургические шлаки этого периода относятся к другим минералогическим типам: сульфидсодержащему оливиновому, сульфидсодержащему стекловатому и пироксеновому (Artemyev, Ankushev, 2019), что говорит о смене медного сырья и технологии его переработки.

Новотемирские шлаки находят свои немногочисленные аналогии

Таблица 3

Результаты радиоуглеродного датирования образца из горна рудника Новотемирский (по: Анкушева и др., в печати)¹

Шифр лаборатории	Материал	¹⁴ C, BP (1σ)	Интервал калиброванного возраста 1σ (cal BC) [начало : конец] вероятность	Интервал калиброванного возраста 2σ (cal BC) [начало : конец] вероятность
IGAN ^{AMS} 7436	уголь	3610±20	[2016 : 1996] 0,29 [1980 : 1939] 0,71	[2028 : 1911] 1,00

Радиоуглеродное датирование было проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центра прикладных изотопных исследований Университета Джорджии. Калибровочная программа: OxCal 4.2.3; калибровочная кривая: IntCal 13 atmospheric curve.

на ряде поселений рубежа III/II тыс. до н. э. По данным С.А. Григорьева, в абашевских хромитсодержащих оливиновых шлаковых лепешках отмечаются сульфиды (Григорьев, 2013, с. 270). Подобные шлаки (хромитсодержащие оливиновые с сульфидами) были также обнаружены на Турганикском поселении в Южном Приуралье, содержащем материалы ямного и срубно-абашевского времени (Моргунова и др., 2017; Моргунова, Хохлова, 2018, с. 117–124; Artemyev, Ankushev, 2019); также на поселении Коноплянка 2-2 рубежа III/II тыс. до н. э. в Южном Зауралье, которое включает в себя керамику синташтинского и абашевского облика (Корякова и др., 2020).

Керамический сосуд из заполнения горна не имеет орнамента, но отличается обильной примесью раковины. Для синташтинской культуры дробленая раковина в формовочной массе не является уникальным случаем, однако исследователи сходятся во мнении по поводу ее приуральских истоков (Мочалов, 2010, с. 82; Древнее Устье..., 2013, с. 157–158; Дубовцева, 2016, с. 107).

Таким образом, культурную принадлежность Новотемирского горна однозначно констатировать преждевременно. В пользу синташтинской культуры говорит местоположение рудника в зоне ареала укрепленных поселений, тип месторождения, мор-

фология (а значит технология выплавки) шлаков. Однако минералогические особенности шлаков находят свои параллели в производственных центрах абашевской культуры; косвенно на западное направление указывает формовочная масса керамики из горна. Это позволяет поставить вопрос как о различных технологических приемах в рамках синташтинской металлургической традиции, так и об участии абашевских горняков в разработке зауральских месторождений.

Заключение

Обнаружение горна на руднике Новотемирский дополнило существующие представления о металлургических процессах в Южном Зауралье на рубеже III/II тыс. до н. э. Во-первых, установлено, что выплавка металлов из руд происходила не только на поселениях: какая-то часть металла выплавлялась из руды непосредственно на месторождениях меди. Во-вторых, в это время могли использоваться не только окисленные, но и сульфидные руды, приуроченные к ультрабазитам. В-третьих, различия в минералогии шлаков Новотемирского горна и синташтинских памятников позволяют предположить либо использование синташтинским населением нестандартных технологий, либо рассмотреть тезис об абашевском компоненте в деятельности синташтинского металлургического очага. Однозначный ответ на этот вопрос

давать преждевременно, пока Ново-темирский горн остается единственным в Южном Зауралье медеплавильным сооружением бронзового века, обнаруженным на месторождении.

Мы предполагаем, что дальнейшее изучение выработок и окрестностей древних рудников в регионе позволит понять технологию и культуру металлургов бронзового века.

Благодарности. Авторы благодарят Хворова П.В. за проведение аналитических работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов И.А., Анкушев М.Н., Рассомахин М.А., Медведева П.С. Минералы меди, никеля и мышьяка в рудах Новотемирского проявления железа (Южный Урал) // Минералогия. 2018. Т. 4. № 3. С. 36–45.
2. Борзунов В.А., Стефанов В.И., Бельтикова Г.В., Кузьминых С.В. Серный Ключ – памятник абашевской “экспедиции” в горно-лесную зону Среднего Урала // РА. 2020. № 1. С. 117–131. DOI: 10.31857/S086960630003392-0
3. Виноградов Н.Б. Хронология, содержание и культурная принадлежность памятников синташтинского типа бронзового века в Южном Зауралье // Вестник ЧГПИ. История. 1995. № 1. С. 16–26.
4. Горбунов В.С. Абашевская культура Южного Приуралья. Уфа: БГПИ, 1986. 95 с.
5. Горбунов Ю.В. Металлопроизводство у племен уральской абашевской культуры // Проблемы истории, филологии, культуры. Вып. XXI. М.; Магнитогорск; Новосибирск: ИА РАН, 2008. С. 325–331.
6. Григорьев С.А. Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы. Челябинск: Цицеро, 2013. 660 с.
7. Дегтярева А.Д. История металлопроизводства Южного Зауралья в эпоху бронзы. Новосибирск: Наука, 2010. 162 с.
8. Древнее Устье. Укрепленное поселение бронзового века в Южном Зауралье: коллективная монография / Отв. ред. Н.Б. Виноградов. Челябинск: Абрис, 2013. 484 с.
9. Дубовцева Е.Н., Киселева Д.В., Пантелева С.Е. Технологическое исследование керамики синташтинского типа из поселения Каменный Амбар // Уральский исторический вестник. 2016. № 4 (53). С. 99–110.
10. Епимахов А.В., Хэнкс Б., Ренфрю К. Радиоуглеродная хронология памятников бронзового века Зауралья // РА. 2005. № 4. С. 92–102.
11. Епимахов А.В., Чуев Н.И. Абашевские и синташтинские памятники: предварительные результаты пространственного анализа // Вестник археологии, антропологии и этнографии. № 2 (15). 2011. С. 47–56.
12. Зайков В.В., Юминов А.М., Дунаев А.Ю., Зданович Г.Б., Григорьев С.А. Геолого-минералогические исследования древних медных рудников на Южном Урале // Археология, этнография и антропология Евразии. 2005. № 4 (24). С. 101–114.
13. Корякова Л.Н., Краузе Р., Пантелева С.Е., Столярчик Э., Булакова Е.А., Солдаткин Н.В., Рассадников А.Ю., Молчанова В.В., Анкушев М.Н., Молчанов И.В., Якимов А.С., Федорова Н.В., Носкевич В.В. Поселение Коноплянка 2 в Южном Зауралье: новые аспекты исследования // Уральский исторический вестник. 2020. № 4 (69). С. 61–73. DOI: 10.30759/1728-9718-2020-4(69)-61-73
14. Купцова Л.В., Евгеньев А.А. Новые погребальные комплексы абашевской культуры в Оренбургском Предуралье // Древности Восточной Европы, Центральной Азии и Южной Сибири в контексте связей и взаимодействий в евразийском культурном пространстве (новые данные и концепции): Материалы международной конференции, 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. Бочкарёва. / Отв. ред. А.В. Поляков, Е.С. Ткач. СПб.: ИИМК РАН, Невская Типография, 2019. С. 219–222. DOI: 10.31600/978-5-907053-35-9-219-222
15. Моргунова Н.Л., Хохлова О.С. Комплексный подход к изучению культурных слоев Турганикского поселения в Оренбургской области // Археология и естественные науки в изучении культурного слоя объектов археологического наследия: Материалы

междисциплинарной научной конференции 14–15 ноября 2018 г. / Под ред. Д.С. Коробова, А.В. Борисова, С.Н. Удальцова. М.: КМК, 2018. С. 117–124.

16. Мочалов О.Д. Дискуссионные вопросы происхождения керамических традиций синташтинских памятников // Аркаим – Синташта: древнее наследие Южного Урала / Отв. ред. Д.Г. Зданович. Ч. 2. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2010. С. 78–89.

17. Сальников К.В. Очерки древней истории Южного Урала. М.: Наука, 1967. 407 с.

18. Сначёв А.В., Пучков В.Н., Савельев Д.Е., Сначёв В.И. Геология Арамильско-Сухтелинской зоны Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. 176 с.

19. Турганикское поселение в Оренбургской области / Отв. ред. Н.Л. Моргунова. Оренбург: изд. центр ОГАУ, 2017. 300 с.

20. Фомичев А.В. Металлургический комплекс на поселении Кудук-сай в Еленовско-Ушкатгинском археологическом микрорайоне // Штрихи к портретам минувших эпох. Археология, история, этнография. Кн. (ММХIV) I / Отв. ред. Е.П. Токарева, В.Г. Лушин. Зимовники: Зимовниковский краеведческий музей, 2014. С. 293–300.

21. Черных Е.Н. Формирование евразийского "степного пояса" скотоводческих культур: взгляд сквозь призму археометаллургии и радиоуглеродной хронологии // Археология, этнография и антропология Евразии. 2008. № 3 (35). С. 36–53.

22. Черных Е.Н., Лебедева Е.Ю., Журбин И.В., Лонес-Саец Х.А., Лонес-Гарсия П., Мартинес-Наваррете М.И.Н. Каргалы. Т. II. Горный – поселение эпохи поздней бронзы. Топография, литология, стратиграфия. Производственно-бытовые и сакральные сооружения. Относительная и абсолютная хронология. М.: Языки славянских культур, 2002. 184 с.

23. Чечушков И.В., Молчанова В.В., Епимахов А.В. Абсолютная хронология поселений позднего бронзового века Каменный амбар и Устье I в Южном Зауралье: возможности байесовской статистики // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2020. № 2 (49). С. 5–19. DOI: 10.20874/2071-0437-2020-49-2-1

24. Юминов А.М., Анкушев М.Н., Рассомахин М.А. Древний медный рудник Новотемирский (Южный Урал) // Геоархеология и археологическая минералогия–2015 / Отв. ред. В.В. Зайков. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 2015. С. 78–81.

25. Ankusheva P. S., Alaeva I. P., Ankushev M. N., Fomichev A. V., Zazovskaya E. P., Blinov I. A. From Ore to Metal: Exploitation of the Novotemirsky Mine, Southern Trans-Urals, in the Second Millennium BC. In Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia. 2021. Vol. 49 (1). P. 30–38. DOI: 10.17746/1563-0110.2021.49.1.030-038

26. Artemyev D.A., Ankushev M.N. Trace elements of Cu-(Fe)-sulfide inclusions in Bronze Age copper slags from South Urals and Kazakhstan: ore sources and alloying additions. In Minerals. 2019. No. 9(12). 746. DOI: 10.3390/min9120746

27. Bowen N.L., Schairer J.F. The system FeO-SiO₂. In American Journal of Science. 1932. No. 24. P. 177–213.

28. Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the South Trans-Urals (Russia) / Krause R., Koryakova L.N. (Eds.). Bonn, 2013. 352 p.

Информация об авторах:

Анкушева Полина Сергеевна, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет (г. Челябинск, Россия); младший научный сотрудник, Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (г. Миасс, Россия); polenke@yandex.ru

Анкушев Максим Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, младший научный сотрудник, Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (г. Миасс, Россия); ankushev_maksim@mail.ru

Алаева Ирина Павловна, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет (г. Челябинск, Россия); alaevaiga@mail.ru

Фомичев Александр Викторович, кандидат исторических наук, доцент, Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) Оренбургского государственного университета (г. Орск, Россия); homabrut1987@gmail.com

Блинов Иван Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (г. Миасс, Россия); ivan_a_blinov@mail.ru

Артемьев Дмитрий Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (г. Миасс, Россия); artemyev@mineralogy.ru

THE COPPER SMELTING FURNACE AT THE NOVOTEMIRSKY ANCIENT MINE

**P.S. Ankusheva, M.N. Ankushev, I.P. Alaeva,
A.V. Fomichev, I.A. Blinov, D.A. Artemyev**

The paper presents research results of the copper smelting furnace at the turn of the 3rd/2nd millennium BC discovered in the ancient mine Novotemirsky. This is the first evidence of the metals smelting from ores directly at the deposit in the Bronze Age of the Southern Trans-Urals. The technology of smelting metals from ores (the furnace structure, the type of ores and slags, the melting temperature, and the metal composition) was determined using a complex of mineralogical and geochemical research methods (optical and electron microscopy, X-ray diffraction, X-ray fluorescence analysis and LA-ICP-MS). The results demonstrate an original metallurgical technology despite the territorial-chronological localization of the furnace within the Sintashta culture. In particular, sulfide inclusions in the Cr-rich containing olivine slags find analogies in the Abashevo culture from multilayer Bronze Age settlements of the Southern Urals.

Keywords: archaeology, ancient mine, Bronze Age, Southern Trans-Urals, furnace, metallurgical slag, Sintashta culture, Abashevo culture.

REFERENCES

1. Blinov, I. A., Ankushev, M. N., Rassomakhin, M. A., Medvedeva, P. S. 2018. In *Mineralogiya (Mineralogy)* 3 (4), 36–45 (in Russian).
2. Borzunov, V. A., Stefanov, V. I., Bel'tikova, G. V., Kuz'minykh, S. V. 2020. In *Rossiiskaya arheologiya (Russian Archaeology)* 1, 117–131 (in Russian).
3. Vinogradov, N. B. 1995. In *Vestnik Cheliabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta. Istoriiia (Bulletin of the Chelyabinsk State Pedagogical Institute. History Series)* 1, 16–26 (in Russian).
4. Gorbunov, V. S. 1986. *Abashevskaya kul'tura Yuzhnogo Priural'ya (Abashevo Culture of Southern Cis-Urals)*. Ufa: Bashkirian State Pedagogical Institute (in Russian).
5. Gorbunov, Yu. V. 2008. In *Problemy istorii, filologii, kul'tury (Journal of Historical, Philological and Cultural Studies)* XXI. Moscow, Magnitogorsk, Novosibirsk: Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, 325–331 (in Russian).
6. Grigor'ev, S. A. 2013. *Metallurgicheskoe proizvodstvo v Severnoy Evrazii v epokhu bronzы (Metallurgical Production in Northern Eurasia in the Bronze Age)*. Chelyabinsk: "Tsitsero" Publ. (in Russian).
7. Degtyareva, A. D. 2010. *Istoriya metalloproizvodstva Yuzhnogo Zaural'ya v epokhu bronzы (History of metal production in the south trans-Urals basin during the Bronze Age)*. Novosibirsk: "Nauka" Publ. (in Russian).
8. Vinogradov, N. B. (ed.). 2013. *Drevnee Ust'e. Ukrepennoe poselenie bronzovogo veka v Iuzhnom Zaural'e: kollektivnaya monografiya (Ancient Ustie. Fortified Settlement of the Bronze Age in the Southern Trans-Urals: Collective Monograph)*. Cheliabinsk: "Abris" Publ. (in Russian).
9. Dubovtseva, E. N., Kiseleva, D. V., Panteleeva, S. E. 2016. In *Ural'skiy istoricheskiy vestnik (Ural Historical Journal)* 53 (4), 99–100 (in Russian).
10. Epimakhov, A. V., Hanks, B., Renfrew, K. 2005. In *Rossiiskaya arheologiya (Russian Archaeology)* 4, 92–102 (in Russian).
11. Epimakhov, A. V., Chuev, N. I. 2011. In *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii (Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii)* (2), 47–56 (in Russian).
12. Zaykov, V. V., Yuminov, A. M., Dunaev, A. Yu., Zdanovich, G. B., Grigor'ev, S. A. 2005. In *Arheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii (Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia)* 24 (4), 101–114 (in Russian).
13. Koryakova, L. N., Krause, R., Panteleeva, S. E., Stolarczyk, E., Bulakova, E. A., Soldatkin, N. V., Rassadnikov, A. Yu., Molchanova, V. V., Ankushev, M. N., Molchanov, I. V., Yakimov, A. S.,

This research was carried out within the framework of the Institute of Mineralogy of the South Ural Federal Research Center of MG UB RAS budgetary topic.

Fedorova, N. V., Noskevich, V. V. 2020. In *Ural'skiy istoricheskiy vestnik (Ural Historical Journal)* 4 (69), 61–73 (in Russian). DOI: 10.30759/1728-9718-2020-4(69)-61-73

14. Kuptsova, L. V., Evgen'ev, A. A. 2019. In Polyakov, A. V., Tkach, E. S. (eds.). *Drevnosti Vostochnoy Evropy, Tsentral'noy Azii i Yuzhnoy Sibiri v kontekste svyazey i vzaimodeystviy v evraziyskom kul'turnom prostranstve (novye dannye i kontseptsii). T. II. Svyazi, kontakty i vzaimodeystviya drevnikh kul'tur Severnoy Evrazii i tsivilizatsiy Vostoka v epokhu paleometalla (IV–I tys. l. do n.e.) (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) II. Connections, contacts and interactions between ancient cultures of Northern Eurasia and civilizations of the East during the Palaeometal period (IV–I mil. BC))*. Saint Petersburg: Institute for the History of Material Culture, Russian Academy of Sciences, Nevskaya tipografiya, 219–222 (in Russian). DOI: 10.31600/978-5-907053-35-9-219-222

15. Morgunova, N. L., Khokhlova, O. S. 2018. In Korobov, D. S., Borisov, A. V., Udaltsov, S. N. (eds.). *Arkheologiya i estestvennye nauki v izuchenii kul'turnogo sloya ob'ektov arkheologicheskogo naslediya (Archaeology and natural Sciences in the study of the cultural layer of archaeological heritage)*. Moscow: “KMK” Publ., 117–124 (in Russian).

16. Mochalov, O. D. 2010. In Zdanovich, D. G. (ed.). *Arkaim-Sintashta: drevnee nasledie Yuzhnogo Urala (Arkaim-Sintashta: Ancient Heritage of the Southern Urals) 2*. Cheliabinsk: Cheliabinsk State University, 78–89 (in Russian).

17. Sal'nikov, K. V. 1967. *Ocherki drevnei istorii Iuzhnogo Urala (Essays on the Ancient History of the Southern Urals)*. Moscow: “Nauka” Publ. (in Russian).

18. Snachev, A. V., Puchkov, V. N., Savel'ev, D. E., Snachev, V. I. 2006. *Geologiya Aramil'sko-Sukhtelinskoy zony Urala (Geology of the Aramil-Sukhtelinsky Zone of the Urals)*. Ufa: “DizaynPoligrafServis” Publ. (in Russian).

19. Morgunova, N. L. (ed.). 2017 *Turganikskoe poselenie v Orenburgskoi oblasti (Turganik settlement in Orenburg Oblast)*. Orenburg: “OGAU” Publ. (in Russian).

20. Fomichev, A. V. 2014. In Tokareva, E. P., Lushin, V. G. (eds.). *Shtrikhi k portretam minuvshikh epokh. Arkheologiya, istoriya, etnografiya. Kn. (MMXIV) I (Traits for Portrait of the Past. Archaeology, History, Ethnography. Book (MMXIV) I)*. Zimovniki: “Zimovniki Regional Museum” Publ., 293–300 (in Russian).

21. Chernykh, E. N. 2008. In *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii (Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia)* 35 (3), 36–53 (in Russian).

22. Chernykh, E. N., Lebedeva, E. Yu., Zhurbin, I. V., Lopes-Saets, Kh. A., Lopes-Garsiya, P., Martinez-Navarrete, M.I.N. 2002. *Kargaly. T. II. Gornyy – poselenie epokhi pozdney bronzy. Topografiya, litologiya, stratigrafiya. Proizvodstvenno-bytovye i sakral'nye sooruzheniya. Otnositel'naya i absolyutnaya khronologiya (Kargaly Vol. II: Gorny – the Late Bronze Age settlement: Topography, lithology, stratigraphy: Household, manufacturing and sacral structures: Relative and absolute chronology)*. Moscow: “Iazyki slavianskoi kul'tury” Publ. (in Russian).

23. Chechushkov, I. V., Molchanova, V. V., Epimakhov, A. V. 2020. In *Vestnik arkheologii, antropologii i etnografii (Vestnik Archeology, Anthropology & Ethnography)* (2), 5–19 (in Russian). DOI: 10.20874/2071-0437-2020-49-2-1

24. Yuminov, A. M., Ankushev, M. N., Rassomakhin, M. A. 2015. In Zaykov, V. V. (ed.). *Geoarkheologiya i arkheologicheskaya mineralogiya – 2015. (Geoarchaeology and Archaeological mineralogy – 2015)*. Miass: Institute of Mineralogy. Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 78–81 (in Russian).

25. Ankusheva, P. S., Alaeva, I. P., Ankushev, M. N., Fomichev, A. V., Zazovskaya, E. P., Blinov, I. A. 2021. In *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia* 49 (1), 30–38. DOI: 10.17746/1563-0110.2021.49.1.030-038

26. Artemyev, D. A., Ankushev, M. N. 2019. In *Minerals* 9 (12), 746. DOI: 10.3390/min9120746

27. Bowen, N. L., Schairer, J. F. 1932. In *American Journal of Science* 24, 177–213.

28. Krause, R., Koryakova, L. N. (eds.). 2013. *Multidisciplinary investigations of the Bronze Age settlements in the South Trans-Urals (Russia)*. Bonn.

About the Authors:

Ankusheva Polina S. Candidate of Historical Sciences. South Ural State Humanitarian Pedagogical University. Lenina av., 69, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation; Institute of Mineralogy South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS. Ter. Ilmensky reserve, Miass, Chelyabinsk district, 456317, Russian Federation; polenke@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-1826-9919>

Ankushev Maksim N. Candidate of Geological-mineralogical Sciences. Institute of Mineralogy South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS. Ter. Ilmsky reserve, Miass, Chelyabinsk district, 456317, Russian Federation; ankushev_maksim@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9628-5546>

Alaeva Irina P. Candidate of Historical Sciences. South Ural State Humanitarian Pedagogical University. Lenina av., 69, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation; alaevaira@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-8322-5835>

Fomichev Aleksander V. Candidate of Historical Sciences. Associate Professor. The Orsk Humanitarian-Technological Institute (branch) of Orenburg State University. Mira av., 15a, Orsk, Orenburg Region, 462403, Russian Federation; homabrut1987@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7578-6683>

Blinov Ivan A. Candidate of Geological-mineralogical Sciences. Institute of Mineralogy of South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS. Ter. Ilmsky reserve, Miass, Chelyabinsk district, 456317, Russian Federation; ivan_a_blinov@mail.ru <http://orcid.org/0000-0001-7397-4760>

Artemyev Dmitry A. Candidate of Geological-Mineralogical Sciences. Institute of Mineralogy of South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS. Ter. Ilmsky reserve, Miass, Chelyabinsk district, 456317, Russian Federation; artemyev@mineralogy.ru

Статья принята в номер 01.12.2021 г.