

ИСТОРИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТАКСОНОМИЯ: ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ И АРХЕОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

© 2024 г. В.В. Ткачев

Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН, Оренбург, Россия

E-mail: vit-tkachev@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.01.2024 г.

После доработки 15.01.2024 г.

Принята к публикации 16.04.2024 г.

Статья посвящена обсуждению терминологического аппарата историко-металлургических исследований эпохи раннего металла (энеолит — бронзовый век). В соответствии с логикой развития историко-металлургического направления, выдающимися открытиями последних лет в этой области, назрела необходимость не только конкретизации и уточнения содержания некоторых ключевых терминов, но и введения новых таксономических единиц, позволяющих представить более полную картину древнего металлопроизводства. Геоархеологический аспект в историко-металлургических исследованиях определяет следующий таксономический ряд: рудник — горно-металлургический район — горно-металлургический центр — горно-металлургическая область. При этом необходима конкретизация хронологической позиции. Таксономический ряд понятий, отражающий археометаллургический аспект историко-металлургической проблематики, может быть представлен в следующем виде: локальный центр металлопроизводства — территориальный центр металлопроизводства — очаг металлопроизводства — зона металлопроизводства — металлургическая провинция. Для центров и очагов металлопроизводства возможно уточнение их металлургического или металлообрабатывающего статуса. Очаги металлопроизводства являются фракциями культуры (субкультурами) и соотносятся с археологическими культурами, а металлопроизводственные зоны — с блоками культур. Такая корреляция выводит историко-металлургические исследования за рамки изучения древних производств, расширяя исследовательские горизонты.

Ключевые слова: бронзовый век, металлопроизводство, металлургические провинции, горно-металлургические районы, центры и области, очаги, территориальные и локальные центры металлопроизводства.

DOI: 10.31857/S0869606324030068, **EDN:** XAESKI

При исследовании палеометалла и процессов его освоения чрезвычайно актуальна проблема историко-металлургической таксономии. Пожалуй, первой попыткой ее упорядочения была знаковая статья Е.Н. Черных — в научный оборот введены термины “металлургический центр”, “очаг металлургии” и др. (Черных, 1967). В дальнейшем автор не раз обращался к данной проблеме, оттачивая формулировки дефиниций и раскрывая содержание основных понятий, таких как горно-металлургические области и центры, очаги металлургии и металлообработки, зоны металлопроизводства, металлургические провинции и пр. (см., например: Черных, 1970. С. 13; 1976. С. 166–168).

Примечательно, что указанная терминология практически никем не оспаривалась, достаточно прочно вошла в отечественную и зарубежную

практику историко-металлургических исследований и даже в энциклопедические издания и учебники по археологии, что представляется вполне закономерным, учитывая фундаментальность теоретических разработок исследователя. Парадоксально, но с момента выхода первой статьи на обсуждаемую тему прошло уже без малого 60 лет, а констатируемая тогда Е.Н. Черных произвольность употребления опорных историко-металлургических терминов на настоящий момент так и не преодолена. Особенно характерно это для практикующих на ниве археологии представителей естественнонаучных направлений (геологов, минералогов, аналитиков, почвоведов и пр.), что неудивительно, поскольку содержание конкретно-исторических форм организации древнего металлопроизводства находится на периферии их научных интересов (см.,

например: Зайков и др., 2015. С. 8; 2016. С. 7, 8; Анкушев и др., 2020. С. 54, 56. Рис. 1; Блинов, Таиров, 2021. С. 154).

Конечно, указанное обстоятельство не может выступить в качестве самодостаточного побудительного мотива для написания специальной статьи. Для этого достаточно призвать исследователей придерживаться устоявшейся историко-металлургической терминологии. Обращение автора предлагаемой работы к проблеме дефиниций продиктовано самой логикой развития историко-металлургического направления, выдающимися открытиями последних лет в этой области, а также потребностью увязать отдельные элементы общей схемы развития металлопроизводства эпохи раннего металла (ЭРМ) с культурно-историческими системами данного периода и их структурными компонентами.

В настоящее время назрела необходимость не только конкретизации и уточнения содержания некоторых ключевых терминов, но и введения новых таксономических единиц, позволяющих представить более полную картину древнего металлопроизводства. И такие попытки уже предпринимались (Куртомашев, 2002; Бровендер, Шубин, 2014). Следует отметить, что в археологической литературе прослеживается тенденция к размытию границ двух органично связанных, но все-таки относительно самостоятельных групп историко-металлургических понятий, содержащих разные пласты информации, что нередко приводит к их смешению, а иногда и подмене. Первая (геоархеологическая) отражает потенциальную возможность использования минерально-сырьевых ресурсов, доступных для разработки древними горняками и металлургами, а вторая (археометаллургическая) характеризует технологические аспекты и конкретно-исторические формы металлопроизводства. Сразу оговоримся, что специальные термины, связанные с горным делом, методами определения геохимических особенностей рудных материалов, продуктов их обогащения и металлургического передела, древнего металла, а также характеризующие технологические алгоритмы восстановления, рафинирования, легирования меди, литья металлических изделий и их кузнечно-слесарной обработки, в данной работе не рассматриваются.

Геоархеологический аспект. Наличие минерально-сырьевой базы имеет очень важное, но далеко не всегда решающее значение для древнего металлопроизводства. Конечно, обладание меднорудными и другими ресурсами давало неоспоримые конкурентные преимущества, но известно немало примеров яркого расцвета

металлообработки в регионах, лишенных собственных сырьевых источников, что имело место и в районах зарождения первых цивилизаций, и в периферийных ареалах скотоводческих культур ЭРМ степного пояса Евразии.

К числу опорных геоархеологических понятий в сфере историко-металлургических исследований относятся горно-металлургические области (ГМО) и центры (ГМЦ). Их исчерпывающая характеристика дана в работах Е.Н. Черных (1967. С. 297–299; 1970. С. 13), что избавляет от необходимости детального анализа признаков. Заметим, что различия указанных таксонов фактически сводятся к разной масштабности данных подразделений, поскольку в обоих случаях речь идет о геолого-географических зонах, обладающих богатыми рудными ресурсами, доступными для разработки в древности. Обычно в пределах каждой области можно выделить несколько горно-металлургических центров, что носит объективный характер, поскольку главным критерием является геолого-географическое своеобразие, проявляющееся, в частности, в физико-географической обособленности их ареалов и приуроченности рудоносных комплексов к различным геологическим структурам, в том числе разного возраста. Например, Е.Н. Черных при выделении Приуральского и Зауральского ГМЦ в границах Уральской ГМО в значительной мере ориентировался на их связь, соответственно, с медистыми песчаниками и сланцами позднепермского периода в Приуралье и меднорудными объектами различного генезиса в пределах офиолитового пояса Урала, преимущественно относящимися к девонскому времени.

Здесь следует сделать следующие замечания. Во-первых, закономерным итогом целенаправленных исследований древних рудников, приуроченных к медным месторождениям и рудопрооявлениям в составе известных ГМО (Уральской, Казахстанской, Среднеазиатской и др.), стало выделение серии относительно самостоятельных ГМЦ. Так, например, некогда единый Зауральский ГМЦ (в трактовке Е.Н. Черных) к настоящему времени распался на Среднеуральский и собственно Зауральский ГМЦ, а также дополнился Уральско-Мугоджарским ГМЦ с потенциальной возможностью обособления Североуральского ГМЦ (рис. 1). Аналогичная тенденция наметилась и к западу от Уральского хребта, где пока детально изучен лишь степной Приуральский ГМЦ, но по мере проведения дальнейших исследований к северу и северо-западу от него, несомненно, будут выделены и другие ГМЦ, тяготеющие к рудоносным комплексам медистых

песчаников и сланцев пермского периода. Не менее шести самостоятельных ГМЦ наметилось в структуре Казахстанской ГМО, охватывающей Центральный и Северный Казахстан (Берденов, 2008) (рис. 1).

Второе обстоятельство, требующее в свете новых данных уже кардинального пересмотра, — условие заселения ГМО (ГМЦ) и разработки его рудных запасов единокультурным населением. Справедливости ради нужно отметить, что с самого начала Е.Н. Черных прозорливо относил этот признак к числу необязательных, хотя и допускал такую возможность (Черных, 1967. С. 298).

Действительно, в подавляющем большинстве случаев рудные источники горно-металлургических центров, а тем более областей, эксплуатировались на протяжении практически всех периодов ЭРМ (иногда с перерывами) носителями различных культур и выступали минерально-сырьевыми базами соответствующих им очагов металлопроизводства. Более того, зачастую различные ГМЦ полностью или частично вовлекались в металлопроизводственные структуры одного металлургического очага, примером чего может служить синташтинская археологическая культура, носители которой на рубеже эпох средней и поздней бронзы одновременно освоили меднорудные источники степного Приуральяского,

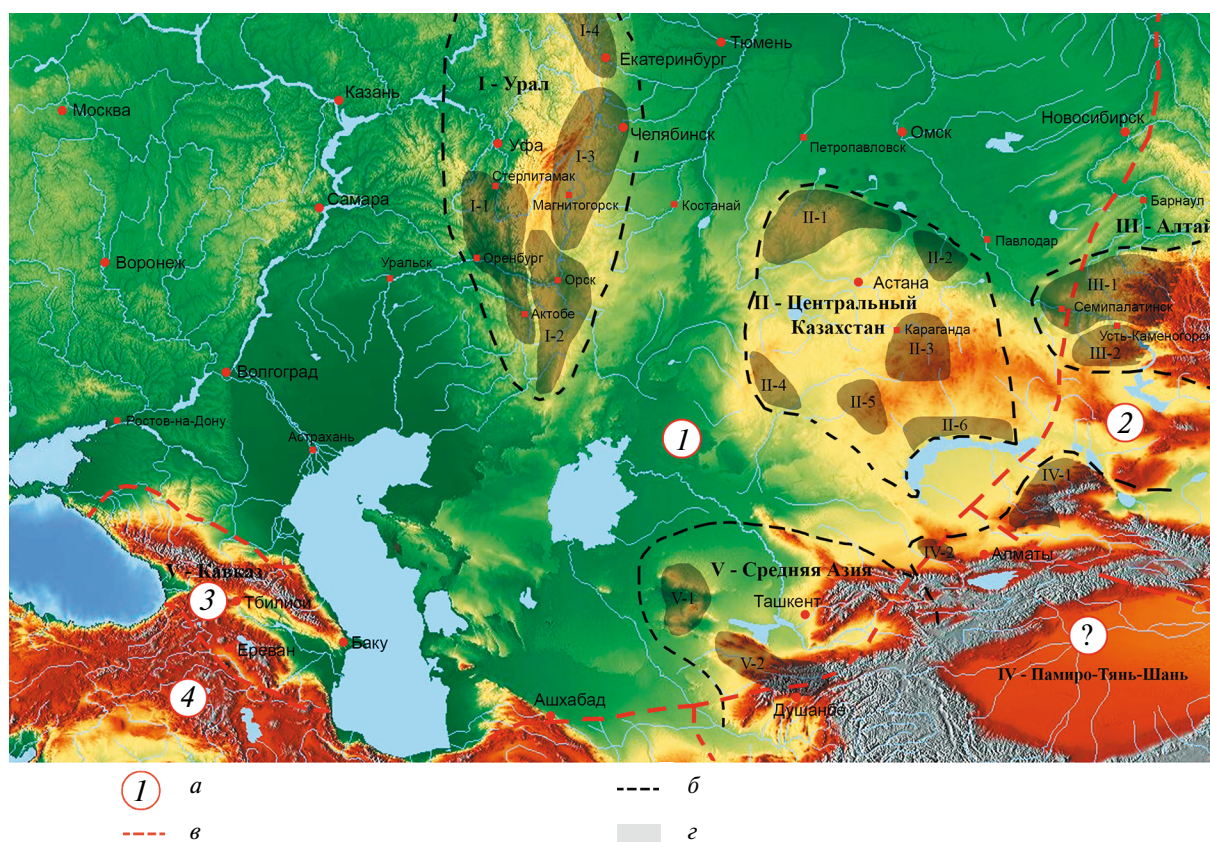


Рис. 1. Карта локализации металлургических провинций позднего бронзового века Центральной Евразии и основных горно-металлургических областей и центров Западноазиатской (Евразийской) металлургической провинции. Металлургические провинции: 1 – Западноазиатская (Евразийская), 2 – Восточноазиатская, 3 – Кавказская, 4 – Ирано-Анатолийская. Горно-металлургические центры: Уральская горно-металлургическая область (ГМО): I-1 – Приуральский, I-2 – Уральско-Мугоджарский, I-3 – Зауральский, I-4 – Среднеуральский; Казахстанская (Центрально-Казахстанская) ГМО (по: Берденов, 2008): II-1 – Кокшетауский, II-2 – Баянаульский, II-3 – Успенско-Каркаралинский, II-4 – Жезказган-Улытауский, II-5 – Северо-Бетпакдалинский, II-6 – Балхашский; Алтайская ГМО: III-1 – Рудно-Алтайский, III-2 – Калбинский; Памиро-Тань-Шаньская ГМО: IV-1 – Талдыкорганский, IV-2 – Шатыркольский; Среднеазиатская ГМО: V-1 – Кызылкумский, V-2 – Зарафшанский. Условные обозначения: а – металлургические провинции, б – границы горно-металлургических областей, в – границы металлургических провинций, г – ареалы горно-металлургических центров.

Fig. 1. A map showing the localization of the metallurgical provinces of Central Eurasia during the LBA and the main mining and metallurgical regions and centres of West Asian (Eurasian) metallurgical province

северной периферии Уральско-Мугоджарского и практически всего Зауральского ГМЦ.

Другим сценарием была одновременная, иногда чересполосная эксплуатация меднорудных источников одного ГМЦ горняками и металлургами разных культур. Такую ситуацию наглядно иллюстрируют, в частности, материалы степного Приуральского ГМЦ на развитом этапе позднего бронзового века (ПБВ), когда часть горнорудных объектов использовалась носителями срубной археологической культуры, а другая группа рудников уверенно ассоциируется с металлопроизводственной деятельностью представителей западноалакульской культурной группы. Это выводит нас на проблему необходимости внесения более тонких территориальных градаций в структуру ГМЦ.

В пределах ГМЦ древние рудники располагаются крайне неравномерно, они образуют компактные группы, что связано с особенностями медного оруднения. Обособленные участки компактной локализации древних рудников и связанных с ними археологических памятников в составе ГМЦ предложено называть “горно-металлургическими районами” (ГМР). Благодаря широкомасштабным рекогносцировочным исследованиям, ориентированным на детальное изучение исторических медных рудников, такие районы выделены в настоящее время в Приуральском и Уральско-Мугоджарском ГМЦ (Ткачев, 2014а. Ил. 1; Богданов, 2017. Рис. 1; Богданов и др., 2018) (рис. 2). Введение нового историко-металлургического таксона имеет под собой объективные основания как геолого-географического, так и историко-культурного характера. Обычно они соответствуют обособленным физико-географическим подразделениям и ландшафтным структурам, а также довольно строго соотносятся с определенным культурно-хронологическим контекстом археологических памятников, расположенных в их территориальных пределах.

С незначительными оговорками можно признать, что изучение корпуса источников, относимых к числу геоархеологических производственных объектов, связанных с добычей и первичной переработкой рудных материалов, относится к компетенции горной археологии. Конечно, древние рудники сами по себе — сложные в структурном отношении объекты. Крайне разнообразны горные выработки как открытого (карьеры, разnosы, траншеи, канавы, разрезы и др.), так и закрытого (шахты, шурфы, штольни, квершлагы, штреки, камеры, ниши и др.) типов. Структурные элементы рудников — отвалы (вскрышные, сортировочные, рудные),

производственные обогатительные площадки, а иногда и целые горно-перерабатывающие комплексы (ГПК), включавшие теплотехнические сооружения для пиротехнического обогащения и декрипитации рудных материалов, шламовые отвалы с остатками обогащенных рудных концентратов. Но систематизация подобного рода горно-технических и других терминов представляет собой самостоятельную задачу и здесь не рассматривается.

В целом геоархеологический аспект может быть представлен в историко-металлургических исследованиях следующим таксономическим рядом: рудник — горно-металлургический район — горно-металлургический центр — горно-металлургическая область. По той причине, что большая часть рудников и, соответственно, горно-металлургических районов и центров функционировала в различные исторические периоды и была связана с разными очагами металлопроизводства, неизбежно внесение уточнений хронологического порядка.

Археометаллургический аспект. Обсуждавшийся выше перечень историко-металлургических терминов и дефиниций характеризует преимущественно минерально-сырьевую базу с акцентуацией на горнодобывающем (включая поиск и разведку полезного ископаемого) и горно-обогатительном циклах технологической цепи при явно подчиненном значении следующих стадий горно-металлургического производства. Это имеет вполне рациональное объяснение, поскольку районы концентрации минерально-сырьевых источников составляют лишь небольшую часть огромных территорий, занятых в разные периоды ЭРМ грандиозными историко-металлургическими системами — металлургическими провинциями, объединявшими в соответствии с лаконичным определением группы родственных очагов металлургии и металлообработки, ограничивавшихся географическими и хронологическими рамками (Черных, 1967. С. 299—301; 1970. С. 13; 1976. С. 166—168; 1978. С. 53, 54. Рис. 1).

Для систематизации колоссального массива источников, связанных с металлопроизводством ЭРМ, определения технологических алгоритмов и конкретно-исторических форм его организации, направлений трафика металла и решения других вопросов, выводящих уже на уровень масштабных историко-культурных реконструкций, краеугольным камнем служит опорное археометаллургическое понятие — “очаг металлопроизводства”.

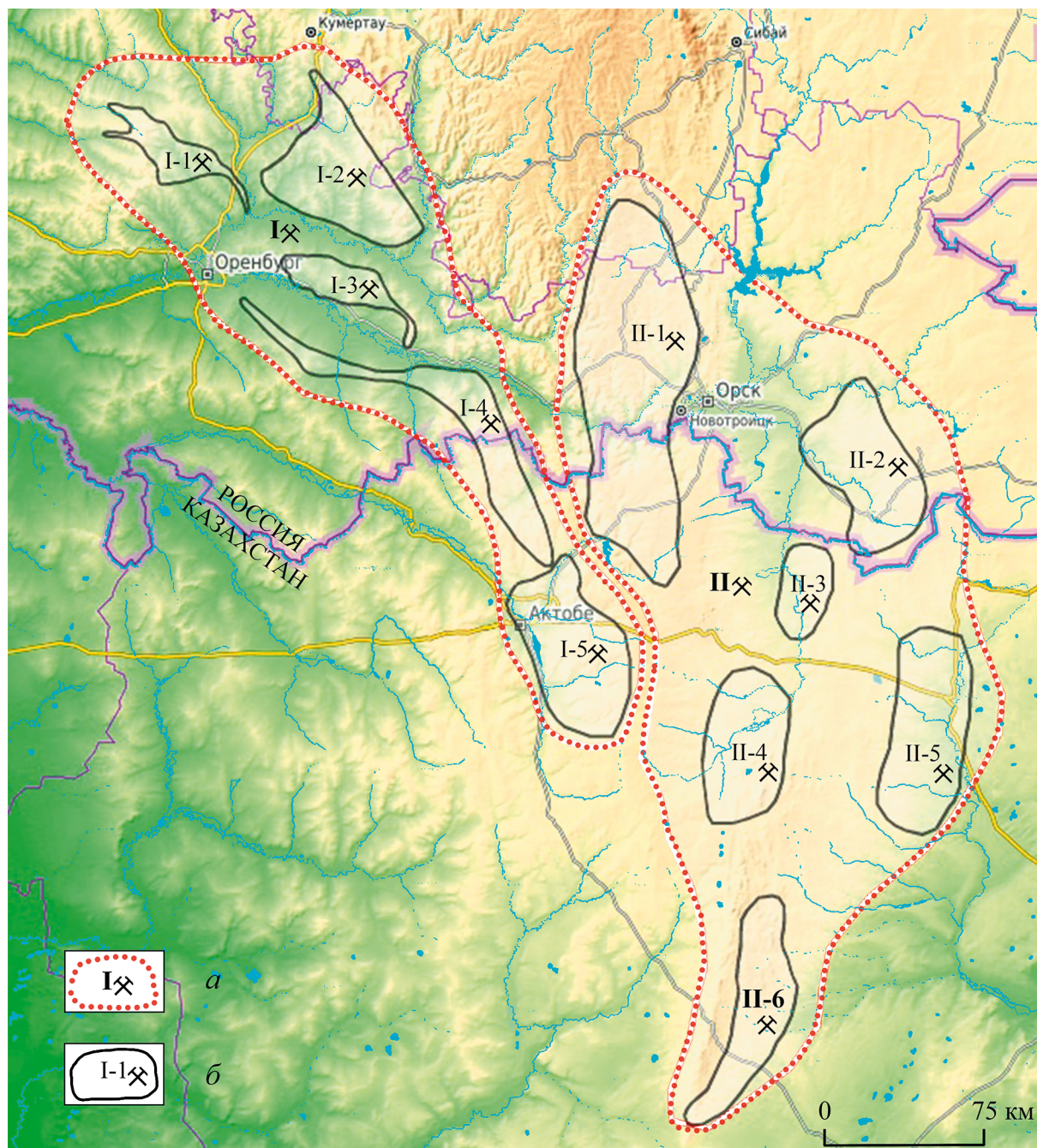


Рис. 2. Карта ареалов горно-металлургических центров (ГМЦ) и районов на южной оконечности Уральской горно-равнинной страны. I – Приуральский ГМЦ, II – Уральско-Мугоджарский ГМЦ. Горно-металлургические районы (ГМР) Приуральского ГМЦ: I-1 – Каргалинский, I-2 – Сакмаро-Юшатырский, I-3 – Урало-Сакмарский, I-4 – Уральский левобережный, I-5 – Верхнеилекский; горно-металлургические районы (ГМР) Уральско-Мугоджарского ГМЦ: II-1 – Центрально-Приобноуральский, II-2 – Домбаровский, II-3 – Средне-Орский, II-4 – Верхне-Орский, II-5 – Восточно-Мугоджарский, II-6 – Южно-Мугоджарский (Берчогурский). Условные обозначения: *a* – границы горно-металлургических центров; *б* – границы горно-металлургических районов.

Fig. 2. Map of the areas of mining and metallurgical centres and districts at the southern boundary of the Ural mountain-plain country

Признаки очагов, описанные в приведенных выше работах Е.Н. Черных, такие как единокультурность населения, наличие собственного металлопроизводства, установленные хронологические

и географические границы распространения продукции, своеобразие типологического состава металлического инвентаря и технологических приемов его изготовления, в целом выдержали

проверку временем, поэтому в данном случае нет необходимости останавливаться на них подробно. Автор, на первый взгляд, справедливо выделяет очаги металлургии и металлообработки, различающиеся очевидным присутствием в первом случае полного цикла горно-металлургического производства, а во втором — упрощенной производственной структуры, наличием только заключительных технологических операций, связанных с изготовлением изделий из привозного металла. Забегая вперед, также отметим, что Е.Н. Черных еще в середине 1970-х годов высоко оценил трактовку В.С. Бочкаревым очага металлопроизводства как фракции археологической культуры, что довольно точно, по его мнению, отражает место и положение металлургического производства в общей системе материальной культуры (Черных, 1976. С. 167, 168). К сожалению, впоследствии этот сюжет не получил развития в работах исследователя.

Между тем такой подход представляется весьма перспективным для дальнейшей разработки. Возможно, согласование историко-металлургических подходов Е.Н. Черных и концепции очагов культурогенеза В.С. Бочкарева, предполагающей формирование блоков культур и сопряженной с разработанной и детально аргументированной периодизационной схемой развития металлопроизводства ПБВ на юге Восточной Европы, основанной на объективных технологических критериях (см., например: Бочкарев, 1995а; 2017), и может быть ключом к пониманию механизмов глобальных трансформаций в ЭРМ. Но сначала нужно договориться о терминах...

Представляется, что содержание ключевых археометаллургических терминов “очаг металлургии” и “очаг металлообработки” в свете новых открытий требует корректировки и дополнения. Первое, на что хотелось бы обратить внимание, это некоторая условность такого разделения. Все без исключения очаги металлургии неизменно включают в себя в полном объеме характеристики очагов металлообработки. Последние, в свою очередь, нередко отмечены присутствием признака, являющегося главной отличительной чертой очагов металлургии, — свидетельствами операций восстановления и рафинирования меди, на что указывают находки металлургических печей отражательного типа, геохимические характеристики шлаков и др. Это обусловлено тем, что на территории, лишенные собственных сырьевых ресурсов, из связанных с ними ГМЦ нередко поступали не слитки меди, скрапы, лом и пр., а обогащенные рудные концентраты, поэтому

операции по восстановлению меди и ее рафинированию проводились на месте.

Другое обстоятельство, которое невозможно проигнорировать, состоит в следующем. Технологические алгоритмы и типологическая номенклатура металлических изделий во всех археологических культурах ЭРМ, независимо от масштабов их географических ареалов, порой охватывающих различные ландшафтные зоны, что определяет различия адаптационных стратегий и хозяйственно-культурных моделей, отличаются предельной унификацией. По этой причине данный признак — не дифференцирующий, а интегрирующий, что лишь оттеняет единую культуру населения.

Выходом из этой ситуации может стать признание за металлопроизводственным очагом статуса фракции археологической культуры (субкультуры), что обсуждалось выше. В таком случае каждой археологической культуре будет соответствовать один, как правило, одноименный очаг металлопроизводства при сохранении всех перечисленных признаков этого таксономического разряда. Здесь уместно отметить, что к близкой трактовке термина склонялся и В.С. Бочкарев, специально рассматривавший этот вопрос в контексте сравнительного анализа культурологической модели Д. Кларка и историко-металлургической модели Е.Н. Черных (Бочкарев, 1995б. С. 114–118).

В этой связи уместно сказать еще об одном интересном явлении в сфере металлопроизводства ЭРМ, позволяющем привести дополнительные аргументы в пользу предлагаемого решения. Речь идет о металлопроизводственных зонах, объединяющих два–четыре наиболее тесно связанных между собой очага в структуре металлургических провинций или контактных зонах на трансграничной территории между двумя провинциями (Черных, 1976. С. 167; Бочкарев, 1995б. С. 120–123). Пожалуй, одна из наиболее ярких иллюстраций такого рода явлений — срубно-алакульская зона металлопроизводства в пределах Западноазиатской (Евразийской) металлургической провинции, развернутая характеристика которой содержится в специальной работе В.С. Бочкарева (2013). Рассматривая историко-металлургическую (по Е.Н. Черных) и культурно-историческую (по В.С. Бочкареву) таксономию в таком ракурсе, можно констатировать их поразительную корреляцию: очаги металлопроизводства соответствуют археологическим культурам, а металлопроизводственные зоны — блокам культур.

Но археологические культуры ЭРМ нередко занимали громадные территории, и металлопроизводственные структуры в различных частях их ареалов, естественно, проявляли себя по-разному. В пределах горно-металлургических областей и центров фиксируется полный технологический цикл — от поиска и добычи рудных материалов, их сухого и пиротехнического обогащения до восстановления черновой меди из обогащенных рудных концентратов, ее рафинирования, легирования и отливки орудий с последующей кузнечно-слесарной обработкой. Но даже в этих случаях на разных территориях зачастую отмечается некоторое типологическое своеобразие и существенные различия геохимических характеристик металла, что объясняется особенностями рудных источников.

В районах, не располагавших собственной минерально-сырьевой базой, но обычно занимавших гораздо более обширные территории, наблюдается усеченная технологическая схема металлопроизводства с явным превалированием операций металлообрабатывающего цикла. Показательными примерами последних могут служить в эпоху бронзы обширные безрудные районы в ареалах ямной и катакомбных археологических культур в северной зоне Циркумпонтийской металлургической провинции (ЦМП), большая часть территории срубной и некоторые анклавы алакульской культуры (лесостепное Притоболье и др.) на западном фланге Западноазиатской (Евразийской) металлургической провинции (ЗАМП).

Таким образом, в составе очагов могут быть выделены территориальные центры металлопроизводства (ТЦМ), под которыми следует понимать достаточно крупные, но относительно обособленные в физико-географическом отношении районы концентрации памятников соответствующей культуры, содержащих свидетельства металлопроизводственной деятельности и отличающихся некоторым локальным своеобразием. В пределах очагов и, соответственно, ареалов археологических культур отмечается высокая степень интеграции населения в сфере металлопроизводства. Территориальные подразделения в структуре очагов могут носить характер центров металлургии или металлообработки, но последние всегда ориентированы на горно-металлургические центры или районы (обычно наиболее близкие или имеющие удобные пути коммуникации для организации трафика металла) в пределах которых функционируют ТЦМ с полным циклом металлопроизводства.

Как показывает практика археологических исследований, существует серьезная проблема определения культурно-хронологической позиции рудников, далеко не на каждом поселении обнаруживаются объекты, сообщающие о металлопроизводственной деятельности населения, а в погребальных памятниках и вовсе в единичных случаях отмечается манифестация производственной специализации горняков, металлургов и литейщиков ЭРМ. В этих условиях вполне оправданно введение еще одного, пожалуй, исходного археометаллургического таксона — “локальный центр металлопроизводства” (ЛЦМ). Как правило, такие центры представляют собой компактные археологические микрорайоны (АМР), объединяющие селитебные и погребальные памятники, культовые и мемориальные комплексы, а также местонахождения керамики и пр., не образующие культурного слоя и интерпретируемые как пункты регулярных посещений родственных групп населения, сконцентрированные в окрестностях древних рудников, являвшихся производственной доминантой. Такие микрорайоны автором, вслед за А.Т. Синюком (1990), рассматриваются в качестве устойчивых хозяйственных структур отдельных социальных единиц. Ранее автор предлагал такие объекты называть “горно-металлургическими комплексами” и рассматривать в качестве локальных центров металлопроизводства (Ткачев, 2009, 2014б).

В пределах Уральско-Мугоджарского ГМЦ проведены комплексные ландшафтно-археологические исследования серии АМР, приуроченных к древним медным рудникам, которые можно расценивать как локальные центры металлопроизводства. К их числу относятся Ишкининский, Еленовский, Ушкаттинский, Камсакский, Шаншарский, Шуулдакский, Сарлыбайский АМР и др. (Ткачев, 2017) (рис. 3). Горно-металлургическая производственная специализация оставивших их групп населения ПБВ (кожумбердынская культурная группа алакульской линии развития) не вызывает сомнения, о чем сигнализируют многочисленные свидетельства металлопроизводственной деятельности. Аналогичная картина наблюдается практически повсеместно, где надежно установлены факты функционирования рудников в эпоху палеометалла, что предполагает наличие полного цикла металлопроизводства в пределах таких локальных центров. Мобильный характер скотоводческого хозяйства, активный обмен продукцией, включая трафик легирующих компонентов для бронзолитейного производства,

определяли разветвленную систему связей в границах соответствующего территориального центра и за его пределами.

Однако чрезвычайно выразительные, порой достаточно неожиданные в силу своей масштабности и разнообразия проявлений, свидетельства металлопроизводства довольно часто обнаруживаются на территориях, отстоящих на сотни, а иногда и тысячи километров от основных горно-металлургических областей и центров. В этом плане достаточно сослаться на материалы Мосоловского поселения срубной археологической

культуры в Среднем Подонье (Пряхин, 1996). Производственные мастерские этого выдающегося памятника ожидаемо демонстрируют преимущественно осуществление операций металлообрабатывающего цикла, и, тем не менее, данный объект, безусловно, может претендовать на статус локального центра металлопроизводства. Как и в ситуации с территориальными центрами металлопроизводства можно говорить о центре металлообработки, в данном случае локальном.

Таким образом, в настоящее время таксономический ряд определений, отражающий

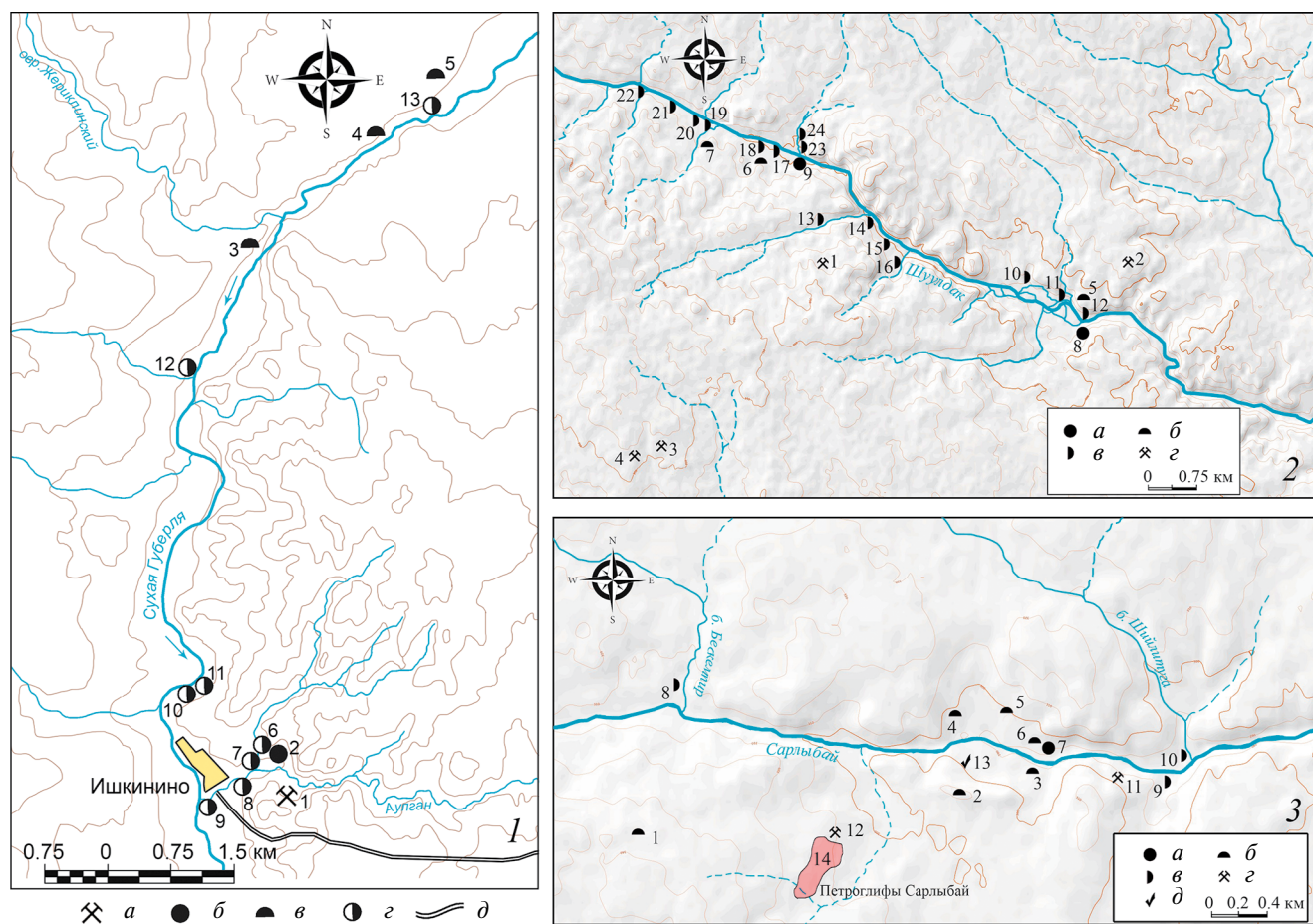


Рис. 3. Локальные центры металлопроизводства Уральско-Мугоджарского ГМЦ: 1 – Ишкининский археологический микрорайон (АМР): 1 – Ишкининский рудник; 2 – Ишкиновка (пос.); 3 – Ишкиновка I (мог.); 4 – Ишкиновка II (мог.); 5 – Ишкиновка III (мог.); 6 – Аулган I; 7 – Аулган II; 8 – Аулган III; 9 – Аулган IV; 10 – Сухая Губерля I; 11 – Сухая Губерля II; 12 – Сухая Губерля III; 13 – Сухая Губерля IV. 2 – Шуулдакский АМР: 1 – Шуулдак (руд.); 2 – Актогай (руд.); 3 – Мысказган (руд.); 4 – Жангана (руд.); 5 – Актогай I (мог.); 6 – Шуулдак I (мог.); 7 – Шуулдак II (курган); 8 – Актогай IV (пос.); 9 – Шуулдак V (пос.); 10 – Актогай I; 11 – Актогай II; 12 – Актогай III; 13 – Шуулдак I; 14 – Шуулдак II; 15 – Шуулдак III; 16 – Шуулдак IV; 17 – Шуулдак VI; 18 – Шуулдак VII; 19 – Шуулдак VIII (пос.); 20 – Шуулдак IX; 21 – Шуулдак X; 22 – Шуулдак XI; 23 – Шуулдак XII; 24 – Шуулдак XIII. 3 – Сарлыбайский АМР: 1 – Сарлыбай I (курган); 2 – Сарлыбай II (мог.); 3 – Сарлыбай III (мог.); 4 – Сарлыбай IV (мог.); 5 – Сарлыбай V (мог.); 6 – Сарлыбай VI (мог.); 7 – Сарлыбай III (пос.); 8 – Сарлыбай V; 9 – Сарлыбай I; 10 – Сарлыбай IV; 11 – Сарлыбай I (руд.); 12 – Сарлыбай II (руд.); 13 – Сарлыбай (менгир); 14 – Сарлыбай (святилище с петроглифами). Условные обозначения. 1: а – рудник; б – поселение; в – могильник; г – местонахождение артефактов; д – дорога. 2: а – поселения; б – могильники; в – местонахождения; г – рудники; д – менгир.

Fig. 3. Local centres of metal production within the Ural-Mugodzharsky mining and metallurgical centre

археометаллургический аспект историко-металлургической проблематики, может быть представлен в следующем виде: локальный центр металлопроизводства — территориальный центр металлопроизводства — очаг металлопроизводства — зона металлопроизводства — металлургическая провинция. Применительно к центрам, а в исключительных случаях и очагам металлопроизводства в зависимости от их локализации в пределах горно-металлургических областей или в районах, лишенных сырьевых ресурсов, а также с учетом характера фиксируемых свидетельств определенных производственных операций, возможно уточнение их металлургического или металлообрабатывающего статуса.

Итак, историко-металлургические исследования в настоящее время значительно расширили спектр решаемых задач, выйдя далеко за рамки изучения древних производств. Применительно к эпохе раннего металла (энеолит — бронзовый век) это тем более актуально, учитывая ключевую роль металлопроизводства в социально-экономическом развитии обществ указанного периода. При этом речь идет не только о передовых регионах, где произошло становление первых цивилизаций, но и об обширных пространствах Евразии, занимавших большую часть ойкумены, где общественные структуры так и не достигли этого уровня, хотя хозяйственно-культурные модели, как правило, были основаны на производящих формах экономики.

Конечно, современная историко-металлургическая проблематика ЭРМ отнюдь не исчерпывается комплексом затронутых в настоящей статье вопросов, только отчасти освещающих геоархеологический и археометаллургический аспекты на уровне основных дефиниций. К числу слабо разработанных относится проблема реконструкции социально-экономической структуры древнего металлопроизводства и форм обмена, включая особенности функционирования профессиональных объединений горняков, металлургов и кузнецов, а также соответствующих сложных магических и мифоритуальных практик (Черных, 1976. С. 159–174; 2007. С. 134–173; Бочкарев, 1995б. С. 115). В этом плане настоящей сенсацией стало недавнее открытие коптяковско-сейминского очага металлопроизводства ПБВ в горно-лесном Зауралье, отражающего парадоксальный факт распространения передовых технологических новаций в среде населения “присваивающего образа жизни” на территории, лишенной условий для производства пищи (Корочкова, 2019). Показательно, что подавляющее большинство металлических изделий

этого очага депонировалось в культовых объектах типа уникального святилища Шайтанское Озеро II, что указывает на их исключительную роль в плане специальной обрядово-ритуальной поддержки металлопроизводственной деятельности (Корочкова и др., 2020; Корочкова, 2023).

Другим актуальным историко-металлургическим дискурсом представляется изучение переломных технологических новаций, сыгравших революционную роль в развитии древнего металлопроизводства. Такие новации выступают своего рода технологическими критериями исторических эпох, таких как энеолит или бронзовый век. В частности, к обсуждению представлены технологические алгоритмы пастушеской модели металлопроизводства, определявшей характер горно-металлургического производства в степных регионах Евразии на протяжении эпохи бронзы (Богданов, 2020; Ткачев, Богданов, 2022), а также некоторые формы ее реализации (Tkachev, 2021).

Указанные новые сюжеты в историко-металлургической проблематике, равно как и развитие горной археологии, высокоточных методов аналитических исследований рудных материалов, продуктов металлургического процесса и древнего металла, конечно, требуют разработки собственного терминологического аппарата, но это может стать темой отдельного исследования.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-78-20015 “Технологии горно-металлургического производства бронзового века в эволюции культурно-исторического ландшафта Уральского региона” и госзадания № AAAA-A21-1210111900016-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анкушев М.Н., Артемьев Д.А., Блинов И.А. Условия образования металлургических шлаков бронзового века Южного Урала и Казахстана // Минералогия. 2020. Т. 6, № 3. С. 54–73.
- Берденов С.А. Казахстанские месторождения меди и олова и их разработка в бронзовом веке // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия общественных наук. 2008. № 1. С. 42–55.
- Блинов И.А., Таиров А.Д. Состав бронзовых изделий невоенного назначения могильника Кичигино I // Геоархеология и археологическая минералогия — 2021. Миасс; Челябинск: Южно-Уральский гос. гуманитар.-пед. ун-т, 2021. С. 150–155.
- Богданов С.В. Систематика комплексов древнейшей культуры востока Понто-Каспийских степей в контексте проблемы трансферта

- горно-металлургических традиций в Северную Евразию // *Stratum plus*. 2017. № 2. С. 133–157.
- Богданов С.В.* Технологические алгоритмы пастушеской модели металлопроизводства бронзового века степных регионов Северной Евразии // *Уральский исторический вестник*. 2020. № 4 (69). С. 6–14.
- Богданов С.В., Ткачев В.В., Юминов А.М., Авраменко С.В.* Геоархеологическая система исторических медных рудников Приуральяского (Каргалинского) степного горно-металлургического центра // *Геоархеология и археологическая минералогия* – 2018. Миасс: Ин-т минералогии Уральского отд. РАН, 2018. С. 121–133.
- Бочкарев В.С.* Карпато-Дунайский и Волго-Уральский очаги культурогенеза эпохи бронзы (опыт сравнительной характеристики) // *Конвергенция и дивергенция в развитии культур эпохи энеолита – бронзы Средней и Восточной Европы: материалы конф.* (21–25 августа 1995 г.). Саратов; СПб., 1995а. С. 18–29.
- Бочкарев В.С.* Культурогенез и развитие металлопроизводства в эпоху поздней бронзы (По материалам южной половины Восточной Европы) // *Древние индоиранские культуры Волго-Уралья* (II тыс. до н.э.). Самара: Изд-во Самарского гос. пед. ун-та, 1995б. С. 114–123.
- Бочкарев В.С.* Срубно-алакульская зона металлопроизводства эпохи поздней бронзы // *Археология Восточно-Европейской степи*. Вып. 10 / Ред. В.А. Лопатин. Саратов: Саратовский гос. ун-т, 2013. С. 75–83.
- Бочкарев В.С.* Этапы развития металлопроизводства эпохи поздней бронзы на юге Восточной Европы // *Stratum plus*. 2017. № 2. С. 159–204.
- Бровендер Ю.М., Шубин Ю.П.* Горная археология: к вопросу о понятийном аппарате // *Збірник наукових праць Донбаського державного технічного університету*. 2014. № 2 (43). С. 53–66.
- Зайков В.В., Таиров А.Д., Зайкова Е.В.* Геоархеология благородных металлов Центральной Евразии // *Геоархеология и археологическая минералогия* – 2015. Миасс: Ин-т минералогии Уральского отд. РАН, 2015. С. 5–14.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Анкушев М.Н.* Рудная геоархеология меди в Центральной Евразии (обзор) // *Геоархеология и археологическая минералогия* – 2016. Миасс: Ин-т минералогии Уральского отд. РАН, 2016. С. 7–24.
- Корочкова О.Н.* Среднее Зауралье и таежное Приобье в системе связей Западноазиатской металлургической провинции // *Вестник Санкт-Петербургского университета. История*. 2019. Т. 64, № 2. С. 718–739.
- Корочкова О.Н.* Информационные ресурсы святилища эпохи бронзы в горно-лесном Зауралье // *XVI Бадеровские чтения: сб. науч. ст. по материалам Всерос. (с междунар. участием) науч. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения О.Н. Бадера* (г. Пермь, Пермский гос. нац. исслед. ун-т, 27 ноября – 1 декабря 2023 г.) / Отв. ред. М.Л. Перескоков, Е.В. Чуйкина. Пермь, 2023. С. 129–131.
- Корочкова О.Н., Стефанов В.И., Спиридонов И.А.* Святилище первых металлургов Среднего Урала. Екатеринбург: Уральский федерал. ун-т, 2020. 214 с.
- Куртомашев М.В.* К дискуссии о терминах и понятиях “горнометаллургическая область”, “металлургический центр”, “очаг металлургии” // *Северная Евразия в эпоху бронзы: пространство, время, культура*. Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2002. С. 174–176.
- Пряхин А.Д.* Мосоловское поселение металлургов-литейщиков эпохи поздней бронзы. Кн. 2. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 1996. 176 с.
- Синюк А.Т.* Археологический микрорайон: концепции и методологический аспект // *Археологическое изучение микрорайонов: итоги и перспективы: тез. докл. науч. конф.* (15–16 мая 1990 г.). Воронеж: Воронежский ун-т, 1990. С. 5–7.
- Ткачев В.В.* Горно-металлургические комплексы в системе археометаллургической таксономии // *Вестник Челябинского государственного университета. История*. 2009. Вып. 38, № 41 (179). С. 5–7.
- Ткачев В.В.* Горное дело и цветная металлургия на западном фланге андроновской общности // *Диалог культур Евразии в археологии Казахстана: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения выдающегося археолога К.А. Акишева* (22–24 апреля 2014 г., Астана). Астана: Сарыарка, 2014а. С. 665–678.
- Ткачев В.В.* Междисциплинарные исследования локальных центров металлопроизводства эпохи бронзы (по материалам Южного Урала и Мугоджар) // *Геоархеология и археологическая минералогия* – 2014. Миасс: Ин-т минералогии Уральского отд. РАН, 2014б. С. 98–103.
- Ткачев В.В.* Формирование культурного ландшафта Уральско-Мугоджарского региона в позднем бронзовом веке: освоение меднорудных ресурсов и стратегия адаптации к условиям горно-степной экосистемы // *Stratum plus*. 2017. № 2. С. 205–230.
- Ткачев В.В., Богданов С.В.* Назначение печей шахтного типа Западноазиатской металлургической провинции // *Уральский исторический вестник*. 2022. № 4 (77). С. 41–54. DOI 10.30759/1728-9718-2022-4(77)-41-54.
- Черных Е.Н.* О терминах “металлургический центр”, “очаг металлургии” и других // *Советская археология*. 1967. № 1. С. 295–301.
- Черных Е.Н.* Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. М.: Наука, 1970. 180 с.
- Черных Е.Н.* Древняя металлообработка на Юго-Западе СССР. М.: Наука, 1976. 302 с.
- Черных Е.Н.* Металлургические провинции и периодизация эпохи раннего металла на территории СССР // *Советская археология*. 1978. № 4. С. 53–82.
- Черных Е.Н.* Каргалы. Т. V. Каргалы: феномен и парадоксы развития; Каргалы в системе металлургических провинций; Потаенная (сакральная) жизнь архаичных горняков и металлургов. М.: Языки славянской культуры, 2007. 200 с.

Tkachev V.V. Local versions realizing the pastoral model of metal production in conditions of the steppe eco-systems in the Urals-Mygodzhary region in the Late

Bronze Age // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 817: Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia". 012107.

HISTORICAL METALLURGICAL TAXONOMY: GEOARCHAEOLOGICAL AND ARCHAEOLOGICAL ASPECTS

Vitaly V. Tkachev

Orenburg Federal Research Centre, Ural Branch RAS, Orenburg, Russia

E-mail: vit-tkachev@yandex.ru

The article discusses the terminology of historical and metallurgical research of the early metal era (Chalcolithic – Bronze Age). The logic of the development of the historical and metallurgical research, as well as outstanding discoveries of recent years in this area urge the need not only to specify and clarify the meaning of some key terms, but also to introduce new taxonomic units that would contribute to a more comprehensive picture of ancient metal industries. The geoarchaeological aspect in historical and metallurgical research determines the following taxonomic series: mine – mining and metallurgical district – mining and metallurgical centre – mining and metallurgical region. In this case, it is necessary to specify the chronological position. The taxonomic series of concepts reflecting the archaeometallurgical aspect of historical and metallurgical problems can be presented in the following form: local centre of metal production – district centre of metal production – core area of metal production – zone of metal production – metallurgical province. For centres and core areas of metal production, it is possible to clarify their metallurgical or metalworking status. The core areas of metal production are fractions of culture (subcultures) and correlate with archaeological cultures, while metal production zones correlate with blocks of cultures. Such a correlation takes historical and metallurgical research beyond the study of ancient industries expanding research horizons.

Keywords: the Bronze Age, metal production, metallurgical provinces, mining and metallurgical districts, centres and regions, core areas, district and local centres of metal production.

REFERENCES

- Ankushev M.N., Artem'ev D.A., Blinov I.A.*, 2020. Conditions for the formation of Bronze Age smelter slags in the Southern Urals and Kazakhstan. *Mineralogiya [Mineralogy]*, vol. 6, no. 3, pp. 54–73. (In Russ.)
- Berdenov S.A.*, 2008. Kazakhstan copper and tin deposit sites and their development in the Bronze Age. *Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Respubliki Kazakhstan. Seriya obshchestvennykh nauk [News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Social Science Series]*, 1, pp. 42–55. (In Russ.)
- Blinov I.A., Tairov A.D.*, 2021. Composition of bronze non-military items from the Kichigino I burial ground. *Geoarkheologiya i arkheologicheskaya mineralogiya – 2021 [Geoarchaeology and archaeological mineralogy – 2021]*. Miass; Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skiy gosudarstvennyy humanitarno-pedagogicheskiy universitet, pp. 150–155. (In Russ.)
- Bochkarev V.S.*, 1995a. Carpathian-Danube and Volga-Ural centres of cultural genesis of the Bronze Age (an experience of comparative characteristics). *Konvergentsiya i divergentsiya v razvitii kul'tur epokhi eneolita – bronzy Sredney i Vostochnoy Evropy: materialy konferentsii [Convergence and divergence in the development of cultures of the Chalcolithic – Bronze Age in Central and Eastern Europe: Conference proceedings]*. Saratov; St. Petersburg, pp. 18–29. (In Russ.)
- Bochkarev V.S.*, 1995b. Cultural genesis and the development of metal production in the Late Bronze Age (based on materials from the southern part of Eastern Europe). *Drevnie indoiranskije kul'tury Volgo-Ural'ja (II tys. do n.e.) [Ancient Indo-Iranian cultures of the Volgo-Ural region (II millennium BC)]*. Samara: Izdatel'stvo Samarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, pp. 114–123. (In Russ.)
- Bochkarev V.S.*, 2013. Timbergrave-Alakul metal production zone of the Late Bronze Age. *Arkheologiya Vostochno-Evropejskoy stepi [Archaeology of the East European Steppe]*, 10. V.A. Lopatin, ed. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy universitet, pp. 75–83. (In Russ.)
- Bochkarev V.S.*, 2017. Stages of development of metal production in the Late Bronze Age in the south of Eastern Europe. *Stratum plus*, 2, pp. 159–204. (In Russ.)
- Bogdanov S.V.*, 2017. Systematics of the ancient Timbergrave culture complexes of the Eastern Pontic-Caspian steppes in the framework of transfer of ore mining and metallurgical traditions into Northern Eurasia. *Stratum plus*, 2, pp. 133–157. (In Russ.)
- Bogdanov S.V.*, 2020. Technological algorithms of the pastoral model of Bronze Age metal production in the steppe regions of Northern Eurasia. *Ural'skiy istoricheskij vestnik [Ural historical journal]*, 4 (69), pp. 6–14. (In Russ.)
- Bogdanov S.V., Tkachev V.V., Yuminov A.M., Avramenko S.V.*, 2018. Geoarchaeological system of historical copper mines of the Cis-Ural (Kargaly) steppe mining and metallurgical centre. *Geoarkheologiya i arkheologicheskaya mineralogiya – 2018 [Geoarchaeology*

- and archaeological mineralogy – 2018]. Miass: Institut mineralogii Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, pp. 121–133. (In Russ.)
- Brovender Yu.M., Shubin Yu.P., 2014. Mining archaeology: on its the conceptual definitions. *Zbirnik naukovikh prats' Donbas'kogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu* [Collected works of Donbass State Technical University], 2 (43), pp. 53–66. (In Russ.)
- Chernykh E.N., 1967. On the terms “metallurgical centre”, “core area of metallurgy” and others. *Sovetskaya arkhеologiya* [Soviet archaeology], 1, pp. 295–301. (In Russ.)
- Chernykh E.N., 1970. Drevneyshaya metallurgiya Urala i Povolzh'ya [Earliest metallurgy of the Urals and Volga region]. Moscow: Nauka. 180 p.
- Chernykh E.N., 1976. Drevnyaya metalloobrabotka na Yugo-Zapade SSSR [Ancient metalworking in the South-West of the USSR]. Moscow: Nauka. 302 p.
- Chernykh E.N., 1978. Metallurgical provinces and periodization of the early metal period on the territory of the USSR. *Sovetskaya arkhеologiya* [Soviet archaeology], 4, pp. 53–82. (In Russ.)
- Chernykh E.N., 2007. Kargaly [Kargaly], V. Kargaly: fenomen i paradoksy razvitiya; Kargaly v sisteme metallurgicheskikh provintsiy; Potaennaya (sakral'naya) zhizn' arkhаichnykh gornyakov i metallurgov [Kargaly: phenomenon and paradoxes of development; Kargaly in the system of metallurgical provinces; The hidden (sacred) life of archaic miners and metal makers]. Moscow: Yazyki slavyanskoy kul'tury. 200 p.
- Korochkova O.N., 2019. Middle Trans-Urals and taiga area of the Ob region in the system of connections of the West Asian metallurgical province. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Istoriya* [Vestnik of Saint Petersburg University. History], vol. 64, no. 2, pp. 718–739. (In Russ.)
- Korochkova O.N., 2023. Information resources of the Bronze Age sanctuary in the mountain-forest Trans-Urals. *XVI Baderovskie chteniya: sbornik nauchnykh statey po materialam Vserossiyskoy (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 120-letiyu so dnya rozhdeniya O.N. Badera* [XVI Bader readings: Collected articles based on the Proceedings of the All-Russian (with international participation) scientific conference to the 120th anniversary of O.N. Bader]. M.L. Pereskokov, E.V. Chuykina, eds. Perm', pp. 129–131. (In Russ.)
- Korochkova O.N., Stefanov V.I., Spiridonov I.A., 2020. Svyatilishche pervykh metallurgov Srednego Urala [Sanctuary of the first metallurgists of the Middle Urals]. Ekaterinburg: Ural'skiy federal'nyy universitet. 214 p.
- Kurtomashev M.V., 2002. On the discussion about the terms and concepts “mining and metallurgical region”, “metallurgical centre”, “core area of metallurgy”. *Severnaya Evraziya v epokhu bronzy: prostranstvo, vremya, kul'tura* [Northern Eurasia in the Bronze Age: space, time, culture]. Barnaul: Izdatel'stvo Altayskogo universiteta, pp. 174–176. (In Russ.)
- Pryakhin A.D., 1996. Mosolovskoe poselenie metallurgov-liteyshchikov epokhi pozdney bronzy [Mosolovka settlement of metallurgists-foundry workers of the Late Bronze Age], 2. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet. 176 p.
- Sinyuk A.T., 1990. Archaeological microdistrict: concepts and methodological aspect. *Arkheologicheskoe izuchenie mikrorayonov: itogi i perspektivy: tezisy dokladov nauchnoy konferentsii* [Archaeological study of microdistricts: results and prospects: Abstracts of reports to the Scientific conference]. Voronezh: Voronezhskiy universitet, pp. 5–7. (In Russ.)
- Tkachev V.V., 2009. Mining and metallurgical complexes in the system of archaeometallurgical taxonomy. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriya* [Bulletin of Chelyabinsk State University. History], iss. 38, no. 41 (179), pp. 5–7. (In Russ.)
- Tkachev V.V., 2014a. Mining and non-ferrous metallurgy on the western flank of the Andronovo community. *Dialog kul'tur Evrazii v arkhеologii Kazakhstana: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya vydayushchegosya arkhеologa K.A. Akisheva* [Dialogue of Eurasian cultures in the archaeology of Kazakhstan: Proceedings of the International scientific conference to the 90th anniversary of the outstanding archaeologist K.A. Akishev]. Astana: Saryarka, pp. 665–678. (In Russ.)
- Tkachev V.V., 2014b. Interdisciplinary studies of local centres of metal production of the Bronze Age (based on materials from the Southern Urals and Mugodzhary). *Geoarkheologiya i arkhеologicheskaya mineralogiya – 2014* [Geoarchaeology and archaeological mineralogy – 2014]. Miass: Institut mineralogii Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, pp. 98–103. (In Russ.)
- Tkachev V.V., 2017. Cultural landscape formation within the Ural-Mugodzhary region in the Late Bronze Age: development of copper ore resources and a strategy of adaptation to the conditions of the mountain-steppe ecosystem. *Stratum plus*, 2, pp. 205–230. (In Russ.)
- Tkachev V.V., 2021. Local versions realizing the pastoral model of metal production in conditions of the steppe ecosystems in the Urals-Mygodzhary region in the Late Bronze Age. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 817: Ninth International Symposium “Steppes of Northern Eurasia”, 012107.
- Tkachev V.V., Bogdanov S.V., 2022. Purpose of shaft-type furnaces in the West Asian metallurgical province. *Ural'skiy istoricheskiy vestnik* [Ural historical journal], 4 (77), pp. 41–54. DOI 10.30759/1728-9718-2022-4(77)-41-54. (In Russ.)
- Zaykov V.V., Tairov A.D., Zaykova E.V., 2015. Geoarchaeology of precious metals of Central Eurasia. *Geoarkheologiya i arkhеologicheskaya mineralogiya – 2015* [Geoarchaeology and archaeological mineralogy – 2015]. Miass: Institut mineralogii Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, pp. 5–14. (In Russ.)
- Zaykov V.V., Yuminov A.M., Ankushev M.N., 2016. Ore geoarchaeology of copper in Central Eurasia (review). *Geoarkheologiya i arkhеologicheskaya mineralogiya – 2016* [Geoarchaeology and archaeological mineralogy – 2016]. Miass: Institut mineralogii Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, pp. 7–24. (In Russ.)