

Равич Ирина Григорьевна

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ НАХОДОК ИЗ ЦВЕТНОГО МЕТАЛЛА (ИСТОРИОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Обзор посвящен металлографическому анализу и особенностям его использования при изучении древнего металла. Цель работы - представить историю развития металлографического метода и основных направлений исследований в этой области. Автором подробно проанализированы публикации отечественных и зарубежных ученых, представляющих ведущие исследовательские центры. Одним из главных итогов предлагаемого обзора является введение в научный оборот новых библиографических источников, которые представляют развитие металлографического анализа археологических находок на современном этапе.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/3/2017/12-1/40.html

Источник

Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики

Тамбов: Грамота, 2017. № 12(86): в 5-ти ч. Ч. 1. С. 157-163. ISSN 1997-292X.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/3.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/3/2017/12-1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net
Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: hist@gramota.net

15. **Dodenhoeft S.** "Last mich nach Russland heim". Russische Emigranten in Deutschland von 1918 bis 1945. Frankfurt am Main: Lang, 1993. 338 S.
16. **Volkman H. E.** Die russische Emigration in Deutschland. 1919-1929. Würzburg, 1966. 386 S.
17. **Williams R. C.** Culture in Exile: Russian Emigrés in Germany, 1881-1941. L.: Cornell University Press, 1972. 404 p.

THE RUSSIAN DIASPORA IN GERMANY (1921-1923): NUMBER, COMPOSITION AND MATERIAL STATUS

Popov Maksim Evgen'evich
Gorno-Altai State University
mr.popov1234@list.ru

The article sets out the tasks to determine the social composition, material status and number of the Russian diaspora in 1921-1923 in Germany, which was one of the main centres of the Russian emigration at the beginning of the 1920s. The study of these issues makes it possible to reveal the characteristic features of the Russian socio-cultural environment abroad and to assess the degree of its influence on the Western culture. In addition, the experience of the adaptation of the Russian emigrants abroad can be useful in modern conditions. The author makes an attempt to generalize separate data illustrating the nature of the Russian socio-cultural environment in a foreign country.

Key words and phrases: Russian diaspora; Germany; Russian emigrants; Berlin; Russian intelligentsia.

УДК 7.025.4

Исторические науки и археология

Обзор посвящен металлографическому анализу и особенностям его использования при изучении древнего металла. Цель работы – представить историю развития металлографического метода и основных направлений исследований в этой области. Автором подробно проанализированы публикации отечественных и зарубежных ученых, представляющих ведущие исследовательские центры. Одним из главных итогов предлагаемого обзора является введение в научный оборот новых библиографических источников, которые представляют развитие металлографического анализа археологических находок на современном этапе.

Ключевые слова и фразы: древний металл; история; археология; металлография; методы исследования.

Равич Ирина Григорьевна, к.т.н.

Государственный научно-исследовательский институт реставрации, г. Москва
info@gosniir.ru

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ НАХОДОК ИЗ ЦВЕТНОГО МЕТАЛЛА (ИСТОРИОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Одной из актуальных проблем современной археологической науки является разработка физико-химических методов исследования древних находок, в том числе изделий из металла. Металлографический анализ, который широко используют специалисты, изучающие древние металлические находки, входит в группу подобных методов. В данном обзоре прослеживается развитие применения металлографического анализа, начиная от первых единичных примеров его использования и вплоть до создания обширных монографий и возникновения работающих в различных странах научных школ. Эти исследования представляют интерес и в наши дни, т.к. в них заложены основы металлографического изучения археологического металла.

Ввиду обширности материала мы сконцентрировали основное внимание на публикациях, посвященных цветному металлу, изучение которого входит в круг интересов ученых, работающих во многих исследовательских центрах.

Определение метода металлографического анализа и история его возникновения описаны Г. А. Кашенко в учебнике «Металловедение» [6, с. 6-7, 11-16]. Ниже мы приводим наиболее существенные для данного обзора сведения. Металлографический анализ подразумевает изучение макро- и микроструктуры металлов и сплавов с помощью визуального наблюдения при различных увеличениях, это комплекс оптических исследований, инструментом которых является металлографический микроскоп. Рассматриваемый метод – это составная часть металлографии – науки, изучающей связи между составом, строением и свойствами металлов и сплавов, а также закономерности их изменения при тепловых, механических, физико-химических и других видах воздействия.

Металлография возникла во второй половине XIX века, обособившись в качестве самостоятельной дисциплины от теоретической металлургии, когда исследователями были разработаны методы структурного анализа металлов, установлена техника наблюдения макро- и микроструктуры и дано научное объяснение наблюдаемому под микроскопом картинам строения металла, обусловленного его составом и состоянием. В 1920 г. в Германии был введен термин «металловедение», включающий изучение металла с помощью различных

методов (рентгеноструктурный анализ, механические испытания, физико-химический анализ, позднее – электронная микроскопия), а термин «металлография» было предложено сохранить только для учения о макро- и микроструктурах металлов и сплавов. Тем не менее, этот термин, наряду с понятием «металловедение», иногда используют и в настоящее время в его первоначальном смысле.

Развитие металлографии началось с изучения железа и стали, в частности загадок булатной стали. Одними из первых использовали микроскоп русские ученые П. П. Аносов (1831) и Д. К. Чернов (1868), а также английский исследователь Г. К. Сорби (1863), который исследовал метеоритное железо и сталь. Работы Д. К. Чернова получили всемирное признание, иностранные ученые назвали его «отцом металлографии».

Изучение древнего металла методами металлографического анализа называют археометаллографией. Она является частью той области знаний, которая носит название «археометаллургия» и связана с реконструкцией истории древней металлургии, т.е. способов получения металла из руд в различных районах древнего мира, состава этих руд, устройства древних печей, состава тиглей, шлаков, выплавленного металла и т.п. Использование металлографического анализа всегда сопровождает эти исследования, поэтому археометаллография – это неотъемлемая часть археометаллургии, и ее развитие шло параллельно с изучением древней металлургии. В связи с этим в данном обзоре мы приводим фундаментальные работы, связанные и с проблемами археометаллургии. В целом то направление знаний, которое посвящено изучению древних объектов с помощью методов естественных наук, получило в настоящее время общее название «археометрия». Этот термин был введен в 1958 году, когда в археологической лаборатории в Оксфорде был опубликован первый том журнала “*Archaeometry*” [42, p. 232].

Археометаллография включает широкий круг проблем, связанных с изучением способов изготовления древних изделий (литье,ковка, термообработка, особенности нанесения покрытий и т.д.), причин их разрушения, специфики коррозии. Анализируя большие группы находок можно выявить характерные технологические традиции и проследить пути распространения технических знаний, т.е. получить сведения исторического характера о контактах различных регионов древности. Благодаря технологическим исследованиям древнейших металлических находок разрабатываются периодические схемы освоения и обработки металла в различных регионах древнего мира [14, с. 115-120]. Особое актуальное направление археометаллографии связано с изучением древних технологий с помощью моделирования, существенным этапом которого является исследование на модельных образцах зависимостей между составом, структурой и свойствами металла или сплава. Это обусловлено тем, что в современных справочниках не представлены подобные сведения, поскольку многие сплавы и обработки, применявшиеся в древности, не используются в настоящее время. Отсутствие необходимых данных зачастую не позволяет объяснить микроструктуры археологических находок и реконструировать древний технологический процесс.

Обращаясь к понятию «микроструктура археологических находок», нельзя не задаться вопросом: сохраняет ли она свой первоначальный вид и не происходит ли ее изменение в течение длительного пребывания изделий в захоронении, насколько достоверно микроструктура отражает технологию изготовления изделия? Опыт, накопленный исследователями в процессе более чем столетнего изучения древних сплавов различного состава, позволил установить, что изменения микроструктуры происходят, но они не меняют принципиально ее характер. Эти изменения, которые будут рассмотрены ниже, связаны с процессами коррозии – межкристаллитной или сопровождающейся образованием новых фаз и изменением цвета поверхности изделий, – а также с охрупчиванием металла вследствие естественного старения и выделения дисперсных фаз по границам зерен. В своей недавно вышедшей книге, посвященной металлографическому анализу древних находок, американский металлург Д. Скотт отмечает, что, «несмотря на проявление коррозии, превращения на границах зерен и охрупчивание, микроструктуры древних находок сохраняют для нас документ о производстве и обработке сплавов, которые различные культуры использовали в разные периоды своего существования» [44, p. 7].

Важно также отметить, что широкое использование металлографического анализа в исторических исследованиях было обусловлено дешевизной этого метода, простотой изготовления образцов для анализа и отсутствием сложности в проведении самого анализа. Это преимущество метода сохраняется и в наши дни, несмотря на появление новых возможностей изучения микроструктуры на современных электронных микроскопах. Ограничением метода металлографии является необходимость вырезания из изделия образца для проведения анализа. Однако часто исследование можно осуществлять на самом изделии или ограничиться вырезанием образца очень малого размера. Способы отбора подобных образцов описаны в монографии Д. Скотта [46, p. 61].

Подробный обзор истории применения металлографии в археологии приведен в монографии Н. В. Рындиной, вышедшей в 1971 году, в которой рассмотрены первые публикации, посвященные изучению цветного металла, и дана характеристика исследовательских центров, решавших исторические задачи с помощью металлографии [15, с. 19-23]. Ниже мы приводим некоторые работы, проанализированные в этой монографии, дополняя их публикациями, которые появились после 1971 г.

Как отмечает Н. В. Рындина, использование металлографического анализа археологических находок из цветного и черного металла относится к началу XX века, к периоду 1911-1916 гг. Это были в основном исследования единичных находок или их небольших серий, осуществленные в различных странах. Изделия из цветного металла впервые начали изучать итальянский металлург Ф. Джиолитти [36], который провел микроструктурный анализ нескольких бронзовых топоров, английский ученый Х. Гарланд, изучавший древнеегипетские орудия [35], американские ученые К. Матьюсон [37], а также Х. В. Фут и В. Х. Бьюэл [33], которые исследовали перуанские бронзы. Х. Гарланд в своей работе сосредоточил внимание и на физических

изменениях, происходящих в металлах и сплавах при их длительном пребывании в культурном слое, и пришел к выводу, что этот процесс не влияет существенно на микроструктуру.

Первая мировая война прервала эти исследования, и они возобновились лишь в 1930-е годы. Английская исследовательница С. Ф. Илам [32] провела металлографический анализ греческих серебряных монет и на основании разницы в их микроструктурах выявила поддельные экземпляры. В дискуссии по поводу полученных ею результатов доктор С. Смит задал вопрос: не произошло ли изменение структуры греческих монет в течение длительного времени их существования? По мнению С. Илам, структура некоторых монет свидетельствует о том, что они были получены из подвергшейся значительной деформации заготовки. Тот факт, что подобная структура не претерпела изменений за две тысячи лет, подтверждает точку зрения исследовательницы об отсутствии превращений в археологическом металле.

В 1931 году опубликовано исследование В. Ф. Коллинза, посвященное коррозии древних китайских бронз [30]. Наряду с определением их состава и анализа продуктов коррозии в статье приведены результаты металлографического исследования строения патины и впервые отмечено, что в ряде случаев расположение продуктов коррозии фиксирует первоначальную структуру сплава.

В России первое металлографическое исследование древнего изделия осуществлено в 1932 году в Ленинграде в Институте археологической технологии, возникшем при Академии материальной культуры. Металлографический анализ использовали российский археолог А. Ф. Гущина в содружестве с металловедом П. Я. Сальдау при изучении технологии изготовления кавказской булавки II тыс. до н.э. [19].

Широкое применение металлографии в исторических исследованиях было невозможно без развития методов изучения состава металла, история которых подробно рассмотрена в публикации И. Р. Селимханова [21, с. 20-23] и представляет самостоятельный интерес.

В XIX и начале XX века состав металла определяли с помощью мокрого химического анализа, который сопровождался взятием пробы, наносившей ущерб древним изделиям, т.к. ее вес составлял не менее 2 г. В 1930-х годах в немецком институте минералогии в г. Галле осваивают количественный спектральный анализ, который позволяет определить состав металла с минимальным ущербом для изделия, т.к. навеска, необходимая для анализа, составляет сотые доли грамма. Одновременно спектральный анализ дает возможность заметить присутствие в металле большого количества элементов, концентрация которых составляет сотые и тысячные доли процента. Результаты фиксируют на фотопластинке, т.е. в случае необходимости полученные данные можно изучать повторно. Качественный спектральный анализ возникает также в 1933 году в Институте археологической технологии в Ленинграде.

В 1935 году немецкий химик В. Виттер провел первые опыты количественного спектрального анализа древнейших сплавов на медной основе. Несколько позднее, в 1942-1943 гг., появляется состоящий из двух томов фундаментальный труд А. Ольдеберга, посвященный истории цветных металлов и сплавов Скандинавии, в работе широко используются спектральный анализ и металлография [38]. Изучение обширных коллекций оружия, орудий труда, украшений позволило автору выявить технологии изготовления, характерные для каждой группы, их хронологическое распределение и взаимодействие с металлургическими центрами древней Германии.

Основные исследования древнего металла начали развиваться после Второй мировой войны, особенно в 1950-1960-е годы, когда происходит широкое внедрение методов спектрального анализа и металлографии в практику работы научно-исследовательских центров различных стран. В этот период появляются монографии, в которых на основе изучения указанных характеристик применительно к большим группам древних металлических находок дается картина развития металлургии и металлообработки в определенные хронологические периоды.

Среди них важное место занимает труд немецких ученых В. Виттера и Г. Отто, в котором рассмотрены особенности металлургии Средней Европы в бронзовом веке [52]. Четвертая глава этой книги посвящена металлографическому изучению изделий из меди и бронзы, начальный этап обработки которых был связан с ковкой самородной меди.

Свидетельством возрастающего интереса к истории обработки различных материалов в древности является публикация книги работавшего в Голландии химика Р. Дж. Форбса «Исследования древней технологии». Она состоит из 9 томов, последовательно выпущенных в период с 1955 по 1964 год. Тома 8 и 9 этого издания посвящены древней металлургии, причем Р. Дж. Форбс обращает особое внимание на применение металлографического анализа при изучении истории древних производств, в частности железных и стальных изделий [34].

В Англии в 1945 году был создан Комитет по древнему горному делу и металлургии при королевском Антропологическом институте, а при оксфордском музее археологии и антропологии *Pitt Rivers* возникла специальная техническая лаборатория, возглавляемая И. Алленом.

Работы Комитета по древнему горному делу и металлургии были основаны на массовом спектроаналитическом исследовании металлических находок и их металлографическом анализе. В работе Комитета принимали участие металлурги и металловеды, работавшие в различных научных центрах Англии. Среди них доктор Х. Коглен, начавший работы в области древней металлургии и металлообработки уже в 1930-х годах; профессор Р. Ф. Тайлкот, получивший одновременно и археологическое образование и участвовавший во многих экспедициях; доктора Е. Воук, М. Кук, Т. Томпсон и др.

В 1951 году выходит в свет известная монография Х. Коглена «Очерки по древней металлургии меди и бронзы в Старом Свете», в которой третья глава посвящена изучению состава и микроструктуры металлов с помощью металлографии [29]. Профессор Р. Ф. Тайлкот с начала 1950-х годов начинает курс лекций по археометаллургии в лондонском археологическом институте, в 1962 году выходит его книга «Металлургия в археологии» [49], в этом труде он обращает большое внимание на особенности техники металлографического анализа в археологии. В это же время Р. Ф. Тайлкот совместно с Дж. Р. Муртоном создает группу по истории металлургии, и выходит первый бюллетень ее трудов. Группа стала в дальнейшем Обществом по истории металлургии, а бюллетень – журналом «Историческая металлургия», который издается до настоящего времени.

Во Франции при лотарингском музее быта *Lorrian* в Нанси была создана металлографическая лаборатория, где провели исследования техники изготовления изделий эпохи Меровингов. В Италии микроструктурное изучение древнего металла было начато в научно-исследовательском центре в Варезе и в лаборатории итальянской металлургической ассоциации в Милане. Одной из важных публикаций этого центра является работа металлургов С. Пансери и М. Леони (1957), которые впервые описали технологию изготовления этрусских зеркал [39].

В Лондоне в 1960 году была опубликована книга металлурга Л. Атчинсона «История металлов» [27].

Исследования коллекций археологической меди и бронзы с помощью металлографии проводятся начиная с 1950-х годов в Грузии в лаборатории при Научно-исследовательском институте металлургии и в химико-реставрационной лаборатории музея Грузии. Металлург, академик Ф. Н. Тавадзе в содружестве с археологом Т. Н. Сакварелидзе издали монографию, посвященную бронзам древней Грузии, в которой значительное место занимают металлографические анализы [22].

В 1953 году в Институте истории Азербайджанской ССР в Баку химик И. Р. Селимханов начал использование количественного спектрального анализа для изучения древнего металла Кавказа. Применение этого метода позволило ему установить, что первой бронзой, которую научились выплавлять в раннем бронзовом веке, был сплав меди с мышьяком – мышьяковая бронза.

В России в эти же годы начинает работать металлург и археолог Б. А. Колчин, по праву считающийся, наряду с английскими учеными, одним из основоположников исследования древнего металла с помощью методов металлографии [1]. Первые работы Б. А. Колчина относятся еще к 40-м годам прошлого века и связаны с изучением истории древнего кузнечного ремесла. В итоге многолетних исследований, нашедших продолжение после войны, Б. А. Колчиным была воссоздана картина металлургии и металлообработки средневековой Руси, которая во многом базировалась на сотнях металлографических анализов черного металла. В 1953 году выходит его монография, посвященная этой проблеме [7].

В 1954 году Б. А. Колчин вместе с М. Н. Кисловым принял участие в создании лаборатории спектрального и структурного анализов на базе кафедры археологии МГУ, где он читал курс лекций по теме «Новые методы в археологии», выделив 5 блоков, связанных с внедрением методик естественных наук в исторические исследования. Одним из важных направлений Б. А. Колчин считал изучение истории древних технологий, выделив в этой проблеме этап металлографических исследований, необходимый при трактовке микроструктур древних сплавов. Как пишет в своих воспоминаниях Н. В. Рындина, он обозначил его следующим образом: «Создание атласа эталонных структур – вот единственный путь, по которому рано или поздно должен идти историк металлургии» [18, с. 4-11]. Благодаря стараниям Б. А. Колчина в Институте археологии РАН в 1959-1960 гг. также было организовано несколько научных направлений – спектральный анализ, металлография, дендрохронология, а в 1966 году была создана лаборатория естественнонаучных методов, которой он руководил. Для развития новых направлений в археологии Б. А. Колчин широко привлекал молодых ученых, которые затем возглавили созданные им научные школы.

Среди его учеников – Е. Н. Черных, доктор исторических наук, член корреспондент РАН, ныне заведующий лабораторией естественнонаучных методов Института археологии РАН; сотрудники этой лаборатории кандидаты исторических наук Р. С. Розанова и Н. Н. Терехова; профессор кафедры археологии МГУ, доктор исторических наук Н. В. Рындина, сотрудник отдела естественнонаучных методов Института археологии Украины Г. А. Вознесенская и др.

Е. Н. Черных, С. В. Кузьминых и др. на базе массовых серий спектральных анализов осуществили исследования, в которых прослежено развитие цветной металлургии на обширной территории от Восточной Европы до Урала и Сибири, и ввели в научный оборот понятие «металлургическая провинция».

Сотрудники лаборатории естественнонаучных методов Института археологии РАН доктор исторических наук В. И. Завьялов, кандидаты исторических наук Л. С. Розанова, Н. Н. Терехова, М. М. Толмачева и др. продолжили металлографическое изучение цветного и черного металлов, начатое Б. А. Колчиным [23-25].

Профессор кафедры археологии МГУ, доктор исторических наук Н. В. Рындина возглавила направление, связанное с применением металлографии при изучении металлообработки цветных металлов. Ее основополагающие труды, посвященные древней металлообработке Восточной Европы, широко известны в России и за рубежом [16; 17].

Н. В. Рындина воспитала целое поколение археологов, успешно применяющих метод металлографии в своих исследованиях. Среди них – доктор исторических наук Л. В. Конькова, кандидаты исторических наук Е. И. Гак, А. Д. Дегтярева, С. В. Демиденко, Н. В. Ениосова, Т. Г. Сарачева и др. Их исследования посвящены металлообработке различных археологических культур, датированных широким хронологическим периодом от бронзового века до Средневековья [2-4; 5; 20].

В 1970-х гг. металлографический анализ цветного археологического металла стали внедрять в практику работы Отдела исследования, консервации и реставрации металла Государственного научно-исследовательского института реставрации. В отделе изучали технологию изготовления древних изделий, а также причины и особенности их коррозионного разрушения. Эти последние проблемы будут рассмотрены ниже в разделе обзора, посвященном работам по исследованию причин разрушения и коррозии цветного археологического металла.

Для изучения технологии изготовления древних изделий, полученных из мышьяковой и оловянной бронз, И. Г. Равич на базе лаборатории отдела были изготовлены образцы сравнения [9; 11]. Исследование с их помощью коллекции мышьяковых бронз майкопской культуры Северного Кавказа (совместно с профессором Н. В. Рындиной) показало, что уже в раннем бронзовом веке мастера умели получать орудия труда и оружие, используя сплавы оптимального состава [13].

Моделирование процессов обработки оловянных бронз создало базу для изучения древних зеркальных сплавов скифо-сарматской эпохи, выявило характерные технологии и пути их распространения [8; 41]. Изучение особенностей микроструктуры высокооловянной посуды кушанского времени, найденной в Центральной Азии, позволило М. С. Шемаханской реконструировать технологию ее изготовления и высказать предположение, что посуду получали из местной медно-оловянной руды – станина [26; 47].

Параллельно с изучением древних технологий металлографический анализ нашел широкое применение в исследовании причин разрушения археологического металла. В 1954 году появляется публикация Ф. С. Томсона и А. К. Чэттерджи, посвященная изучению причин хрупкости серебряных монет. Используя среди других методов и металлографический анализ, авторы продемонстрировали, что хрупкость обусловлена естественным старением серебра, которое сопровождается выделением примеси свинца по границам зерен металла [48]. Ф. Швайцер и П. Майерс описали разрушение хрупкого серебра, связанное с присутствием меди на границах кристаллов и появлением зон прерывистого распада [43]. Авторы полагают, что морфология распада может свидетельствовать о подлинности монет, однако эта проблема является дискуссионной и до сих пор не решена. А. Вернер, исследовавший причины хрупкости археологического серебра, высказал предположение, что это явление связано с межкристаллитной коррозией [51]. И. Г. Равич также наблюдала явление охрупчивания серебра, связанное с межкристаллитной коррозией, которая сопровождается образованием хлоридов меди и серебра и скоплением примесей на границах зерен. Установлено, что восстановление пластичности при отжиге объясняется коагуляцией хлоридов и образованием новой системы границ зерен. Отжиг меняет первоначальную структуру металла, поэтому его применение возможно лишь в случае отсутствия альтернативных методов реставрации [40]. Структурные исследования, посвященные современным представлениям о хрупкости серебра, суммированы в обзоре Дж. Р. Ванхилла [50].

Вопросам изучения коррозии древнего металла с применением различных методов, в том числе и металлографии, был посвящен семинар «Коррозия и металлические артефакты: диалог между реставраторами, археологами и специалистами в области коррозии», организованный в 1977 году в Вашингтоне под эгидой Национального бюро стандартов [31]. Программа семинара включала два раздела, в одном из которых рассматривался анализ продуктов коррозии на различных металлах, условия их образования, способы консервации. Также обсуждался вопрос о возможности отличить археологические находки от подделок с помощью изучения продуктов коррозии. В итоге дискуссии, в которой были представлены результаты работ многих исследователей, был сделан вывод, что наличие выявляемой с помощью металлографии межкристаллитной коррозии или других видов разрушения не может свидетельствовать о подлинности изделия. Рассмотренные виды разрушения можно создать искусственно.

В другом разделе семинара затрагивались вопросы структуры корродированных металлов, причины возникновения особой черной благородной патины на изделиях из высокооловянной бронзы, преимущественно на китайских зеркалах. Причины появления этой патины до сих пор вызывают дискуссию. В публикации В. Т. Чейза и У. М. Франклин высказывается мнение, что патину получали искусственно, для предохранения изделий от почвенной коррозии [28]. Исследованием черной благородной патины на миниатюрных сарматских зеркалах посвящена работа И. Г. Равич, проведенная совместно с Л. Б. Бер и Т. А. Мухиной [10]. Как полагают авторы, патина, присущая этим находкам, образуется вследствие коррозии, т.е. имеет естественное происхождение.

Обобщающей монографией в области изучения коррозии меди и ее сплавов, иллюстрированной множеством микрофотографий структур патин, является публикация Д. Скотта «Медь и бронза в искусстве» [45].

Мы очертили широкий круг проблем, которые решают ученые различных стран, работающие в области археометаллографии. Среди них изучение процесса производства древних изделий, особенностей их старения и коррозионного разрушения, определение причин хрупкости археологических находок, исследование природы патин и др. В совокупности с историческими данными, полученными при археологических раскопках, они свидетельствуют о технических достижениях древних обществ в области освоения металла, помогают определить пути распространения технических знаний. Сведения об особенностях разрушения различных изделий дают возможность выбрать методы их реставрации.

В настоящее время количество публикаций, посвященных применению металлографического анализа в археологии, чрезвычайно велико, и охватить их все не представляется возможным. Поэтому в заключительной части обзора мы ограничимся перечислением имен ведущих исследователей в области археометаллографии, в работах которых отражена вся совокупность рассмотренных выше проблем, и научных центров, где осуществляется их деятельность. О работах российских ученых мы уже писали выше.

Среди зарубежных коллег назовем имена таких известных исследователей, как П. Т. Крэддок, А. В. Одди, Н. Микс, С. Ла Ниис (Британский музей, отдел реставрации и научных исследований), П. Нортвер (Департамент материаловедения Оксфордского университета), Б. Оттавэй (Университет в Брэдфорде), К. С. Смит (Массачусетский технологический институт), В. Т. Чейз (Институт Смитсона в Вашингтоне и его галерея восточного искусства Фрир), Д. Скотт (музей и Институт консервации им. Поля Гетти в Калифорнии и Калифорнийский университет), П. Майерс (музей Каунти в Лос-Анджелесе), С. Ровира и П. Гомес (департамент консервации и исследовательский центр Музея Америки в Мадриде) и др.

Развитие металлографического анализа археологического металла на современном этапе сопровождается внедрением в практику работы перечисленных выше научных центров усовершенствованных и новых методов изучения микроструктуры. Они связаны с использованием современных металлографических микроскопов, оснащенных микроанализаторами для определения состава металла, компьютерами и цифровой фотоаппаратурой, а также с применением сканирующей электронной микроскопии и неразрушающих методов исследования (компьютерная томография, определение состава металла с помощью рентгенофлуоресцентного анализа и т.д.).

Переходя к заключительным выводам, которые следуют из данного обзора, важно отметить следующее. На основе анализа 52 научных публикаций мы показали, как развитие в XIX в. новой отрасли знаний о металлах и сплавах, первоначально названной металлографией, пробудило одновременный интерес археологов и металлургов различных стран к изучению древнего металла. Этот процесс продолжается до настоящего времени и сопровождается использованием новых современных методов исследования структуры металла.

Одним из важных выводов обзора является также иллюстрация того, как благодаря совместным усилиям археологов и металлургов воссоздана история развития древней металлообработки, существовавшей в различные исторические периоды в разных регионах мира. Имена и публикации ведущих ученых и научно-исследовательских центров, усилиями которых осуществлена эта работа, приведены в обзоре.

К существенным выводам можно отнести приведенные в обзоре сведения о коррозии, разрушении и старении различных металлов, пролежавших в земле многие сотни лет. Представляется полезным описание дискуссии о том, можно ли на основе этих сведений делать вывод о древнем происхождении предмета. Полученные данные также могут представлять интерес для реставраторов археологических находок и современных исследователей, изучающих процессы коррозии и изменения во времени свойств металлических изделий.

Список источников

1. **Гайдук П. Г.** Наследие Б. А. Колчина. «Произведения прикладного искусства в археологии Новгорода» (Ненаписанная книга Б. А. Колчина) // Археология и естественнонаучные методы: сб. статей / ред. Е. Н. Черных, В. И. Завьялов. М.: Языки славянской культуры, 2005. С. 204-210.
2. **Гак Е. И.** Металлообработывающее производство катакомбных племен степного Предкавказья, Нижнего Дона и Северского Донца: автореф. дисс. ... к.и.н. М., 2005. 27 с.
3. **Дегтярева А. Д.** История металлопроизводства Южного Зауралья в эпоху бронзы. Новосибирск: Наука, 2010. 162 с.
4. **Демиденко С. В.** Бронзовые котлы древних племен Нижнего Поволжья и Южного Приуралья (V в. до н.э. – III в. н.э.). М.: ЛКИ, 2008. 328 с.
5. **Ениосова Н. В.** Ювелирное производство Гнездова (по материалам курганов и поселений): автореф. дисс. ... к.и.н. М., 1999. 20 с.
6. **Кашенко Г. А.** Основы металлургии. М.: Металлургия, 1949. 640 с.
7. **Колчин Б. А.** Черная металлургия и металлообработка в Древней Руси. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1953. 257 с.
8. **Равич И. Г.** Состав и технология изготовления редких форм зеркал из погребений ранних кочевников Южного Приуралья // Влияние ахеменидской культуры в Южном Приуралье (V-III вв. до н.э.): сб. статей / ред. М. Ю. Трейстер, Л. Т. Яблонский. М.: ТАУС, 2012. С. 247-252.
9. **Равич И. Г.** Эталоны микроструктур оловянной бронзы // Художественное наследие. 1983. № 8 (38). С. 136-143.
10. **Равич И. Г., Бер Л. Б., Мухина Т. А.** Особенности состава и структуры благородной черной патины на миниатюрных зеркалах сарматского времени, найденных на Северном Кавказе // Художественное наследие. 2004. № 21 (51). С. 27-44.
11. **Равич И. Г., Рындина Н. В.** Изучение свойств и микроструктуры сплавов медь-мышьяк в связи с их использованием в древности // Художественное наследие. 1984. № 9 (39). С. 114-124.
12. **Равич И. Г., Рындина Н. В.** Серебристые мышьяковые покрытия на изделиях майкопской культуры (по данным лабораторного моделирования) // Краткие сообщения Института археологии. 2015. № 235. С. 90-103.
13. **Равич И. Г., Рындина Н. В., Быстров С. В.** Происхождение и свойства мышьяково-никелевых бронз майкопской культуры Северного Кавказа (ранний бронзовый век) // Археология Кавказа и Ближнего Востока: сборник к 80-летию Р. М. Мунчаева / Ин-т археологии РАН; ред.-сост. Н. Я. Мерперт, С. Н. Корневский. М.: ТАУС, 2008. С. 196-221.
14. **Рындина Н. В.** Возможности металлографии в изучении древних изделий из меди и ее сплавов (эпоха раннего металла) // Археология и естественнонаучные методы: сб. статей / сост. Е. Н. Черных, В. И. Завьялов. М.: Языки славянской культуры, 2005. С. 114-138.
15. **Рындина Н. В.** Древнейшее металлообработывающее производство Восточной Европы. М.: Изд-во МГУ, 1971. 175 с.
16. **Рындина Н. В.** Древнейшее металлообработывающее производство Юго-Восточной Европы. М.: Эдиториал УРСС, 1998. 288 с.
17. **Рындина Н. В.** Технология производства новгородских ювелиров X-XV вв. // Материалы и исследования по археологии СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. Т. 117. С. 200-263.
18. **Рындина Н. В.** Уроки Колчина // Краткие сообщения Института археологии. 2006. Вып. 220. С. 3-20.
19. **Сальдау П. Я., Гущина А. Ф.** Применение металлографии в археологии // Сообщения Государственной академии истории материальной культуры. 1932. № 3-4. С. 49-59.

20. Сарачева Т. Г. Ювелирные изделия вятичей второй половины XI – первой половины XIII в.: автореф. дисс. ... к.и.н. М., 1999. 25 с.
21. Селимханов И. Р. Разгаданные секреты древней бронзы. М.: Наука, 1970. 79 с.
22. Тавадзе Ф. Н., Сакварелидзе Т. Н. Бронзы древней Грузии. Тбилиси: Изд-во Акад. наук Груз. ССР, 1959. 85 с.
23. Терехова Н. Н. Металлообрабатывающее производство у древнейших земледельцев Туркмении // Очерки технологии древнейших производств: сб. статей / ред. Б. А. Колчин. М.: Наука, 1975. С. 4-75.
24. Терехова Н. Н. Обработка металлов в древней Маргиане // Сарияниди В. И. Древности страны Маргуш. Ашхабад: Блым, 1990. С. 177-202.
25. Терехова Н. Н., Розанова Л. С., Завьялов В. И., Толмачева М. М. Очерки по истории древней железообработки в Восточной Европе. М.: Metallurgia, 1997. 320 с.
26. Шемаханская М. С. Феномен высокооловянистой бронзовой посуды – от древности до наших дней // Исследования в консервации культурного наследия: материалы международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию юбилею ГосНИИР. М.: Индрик, 2008. Вып. 2. С. 291-298.
27. Atchison L. History of Metals. L.: Macdonald & Evans, 1960. 647 p.
28. Chase W. T., Franklin U. M. Early Chinese Black mirrors and Pattern-Etched Weapons // Art Orientalis. 1979. № 11. P. 127-162.
29. Coghlan H. H. Notes of the Prehistoric Metallurgy of Copper and Bronze in Old World // Oxford: Pitt Rivers Museum. Occasional Papers on Technology. 1951. № 4. 131 p.
30. Collins W. F. The Corrosion of Early Chinese Bronzes // Journal of the Institute of Metals. 1931. № 1. Vol. XIV. P. 23-55.
31. Corrosion and Metal Artefacts: a Dialogue between Conservators and Archaeologists and Corrosion Scientists. Washington, D.C.: National Bureau of Standards, 1977. 244 p.
32. Elam C. F. An Investigation of the Microstructures of Fifteen Silver Greek Coins (500-300 BC) and Some Forgeries // Journal of the Institute of Metals. 1931. № 1. Vol. XIV. P. 57-69.
33. Foot H. V., Buel W. H. The Composition, Structure and Hardness of Some Peruvian Bronze Axes // American Journal of Science. 1915. Ser. 4. P. 128-132.
34. Forbes R. J. Metallurgy in Antiquity. A Notebook for Archaeologists and Technologists. Leiden: E. J. Brill, 1950. 489 p.
35. Garland H. Egyptian Metal Antiquities // Journal of the Institute of Metals. 1913. Vol. X. P. 329-343.
36. Giolitti F. Studi Metallografici sulle Armi Preistoriche // Atti della Accademia delle Scienze di Torino. 1911. № 46. P. 446-449.
37. Mathevson C. H. Metallographic Description of Bronzes from Machu Picchu // AJS. 1915. Ser. 4. Vol. 40. P. 525-602.
38. Oldeberg A. Metallteknik under Forhistorisk. Stokholm: Victor Peterson, Bockindustrie, 1942-1943. 282 p.
39. Pansery C., Leoni M. Sulla Technical della Fabricazione Degli Specci di Bronzo Etruschi // Studi Etruschi. 1957. № 25. P. 233-240.
40. Ravich I. G. Annealing of Brittle Archaeological Silver: Microstructural and Technological Study // 10th Triennial Meeting of the International Council of Museums Committee for Conservation, Preprints of the Seminar: II, Washington, D.C., 22-27 August 1993. Paris, 1993. P. 792-795.
41. Ravich I. G. Study of the Composition of Scythian and Sarmathian Mirrors and Technologies of their Manufacture // Bulletin of the Metals Museum. 1991. Vol. 16. P. 143-157.
42. Rehren T. H., Pernicka E. Coins, artefacts and isotopes – archaeometallurgy and archaeometry // Archaeometry – 50. 2008. № 2. P. 232-248.
43. Schweizer F., Meyers P. Structural changes in ancient silver alloys: the discontinuous precipitation of copper // ICOM Committee for Conservation, 5th Triennial Meeting, 1-8 october 1978, paper 78/23/5. Zagreb, 1978. Vol. 1-3.
44. Scott D. Ancient Metals: Microstructure and Metallurgy. Los Angeles: Conservation Science Press, 2011. Vol. I. 264 p.
45. Scott D. Copper and Bronze in Art. Corrosion, Colorants, Conservation. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2002. 532 p.
46. Scott D. Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals. Los Angeles: Oxford University Press, 1991. 176 p.
47. Shemakchanskaya M. S. New Aspect of the Origins of the Ancient Bronze // Bulletin of the Metals Museum. 1991. Vol. 16. P. 3-9.
48. Thomson F. C., Chatterjee A. K. The Age Embrittlement of Silver Coins // Studies in conservation. 1954. № 1. P. 115-125.
49. Tylecote R. F. Metallurgy in Archaeology. L.: E. Arnold, 1962. 368 p.
50. Wanhil J. R. Brittle Archaeological Silver: a Fracture Mechanisms and Mechanics Assessment // Archaeometrie. 2003. Vol. 45. Iss. 4. P. 625-636.
51. Werner A. E. Two problems in the Conservation of Antiquities: Corroded Lead and Brittle Silver // The Application of Science in the Examination of Works of Art. Proceedings of the seminar: September 7-16, 1965, conducted by the Research Laboratory, Museum of Fine Arts, Boston, Massachusetts. Boston: Museum of Fine Arts, 1967. P. 96-104.
52. Witter W., Otto H. Handbuch der Ältesten Vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa. Leipzig: J. A. Barth, 1952. 222 S.

METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF ARCHEOLOGICAL FINDINGS OF NON-FERROUS METAL (HISTORIOGRAPHICAL REVIEW)

Ravich Irina Grigor'evna, Ph. D. in Technical Sciences
State Research Institute for Restoration, Moscow
info@gosniir.ru

The review is devoted to a metallographic analysis and features of its use in the study of ancient metal. The objective of the work is to present the history of development of the metallographic method and the main directions of research in this field. The author analyzes in detail the publications of domestic and foreign scientists representing the leading research centers. One of the main results of the proposed review is the introduction into scientific use of new bibliographic sources that represent the development of the metallographic analysis of archaeological findings at the present stage.

Key words and phrases: ancient metal; history; archeology; metallography; research methods.