

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ТЮМЕНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

ВЕСТНИК АРХЕОЛОГИИ, АНТРОПОЛОГИИ И ЭТНОГРАФИИ

Сетевое издание

**№ 2 (57)
2022**

ISSN 2071-0437 (online)

Выходит 4 раза в год

Главный редактор:

Багашев А.Н., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН

Редакционный совет:

Молодин В.И. (председатель), акад. РАН, д.и.н., Ин-т археологии и этнографии СО РАН;
Бужилова А.П., акад. РАН, д.и.н., НИИ и музей антропологии МГУ им М.В. Ломоносова;
Головнев А.В., чл.-кор. РАН, д.и.н., Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН (Кунсткамера);
Бороффка Н., PhD, Германский археологический ин-т, Берлин (Германия);
Васильев С.В., д.и.н., Ин-т этнологии и антропологии РАН; Лахельма А., PhD, ун-т Хельсинки (Финляндия);
Рындина О.М., д.и.н., Томский госуниверситет; Томилов Н.А., д.и.н., Омский госуниверситет;
Хлахула И., Dr. hab., университет им. Адама Мицкевича в Познани (Польша);
Хэнкс Б., PhD, ун-т Питтсбурга (США); Чиндина Л.А., д.и.н., Томский госуниверситет;
Чистов Ю.К., д.и.н., Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого РАН (Кунсткамера)

Редакционная коллегия:

Агапов М.Г., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Адаев В.Н., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Аношко О.М., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Валь Й., PhD, Общ-во охраны памятников Штутгарта (Германия);
Дегтярева А.Д., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Зах В.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Зими́на О.Ю. (зам. главного редактора), к.и.н., ТюмНЦ СО РАН; Ключева В.П., к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Крийска А., PhD, ун-т Тарту (Эстония); Крубези Э., PhD, ун-т Тулузы, проф. (Франция);
Кузьминых С.В., к.и.н., Ин-т археологии РАН; Лискевич Н.А. (ответ. секретарь), к.и.н., ТюмНЦ СО РАН;
Печенкина К., PhD, ун-т Нью-Йорка (США); Пинхаси Р., PhD, ун-т Дублина (Ирландия);
Пошехонова О.Е., ТюмНЦ СО РАН; Рябогина Н.Е., к.г.-м.н., ТюмНЦ СО РАН;
Ткачев А.А., д.и.н., ТюмНЦ СО РАН

Утвержден к печати Ученым советом ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН

Сетевое издание «Вестник археологии, антропологии и этнографии»
зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций; регистрационный номер: серия Эл № ФС77-82071 от 05 октября 2021 г.

Адрес: 625026, Тюмень, ул. Малыгина, д. 86, телефон: (345-2) 406-360, e-mail: vestnik.ipos@inbox.ru

Адрес страницы сайта: <http://www.ipdn.ru>

© ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2022

**FEDERAL STATE INSTITUTION
FEDERAL RESEARCH CENTRE
TYUMEN SCIENTIFIC CENTRE
OF SIBERIAN BRANCH
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

VESTNIK ARHEOLOGII, ANTROPOLOGII I ETNOGRAFII

ONLINE MEDIA

**№ 2 (57)
2022**

ISSN 2071-0437 (online)

There are 4 numbers a year

Editor-in-Chief

Bagashev A.N., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS

Editorial board members:

- Molodin V.I. (chairman), member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of History, Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Buzhilova A.P., member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of History, Institute and Museum Anthropology University of Moscow
Golovnev A.V., corresponding member of the RAS, Doctor of History, Museum of Anthropology and Ethnography RAS Kunstkamera
Boroffka N., PhD, Professor, Deutsches Archäologisches Institut, Germany
Chindina L.A., Doctor of History, Professor, University of Tomsk
Chistov Yu.K., Doctor of History, Museum of Anthropology and Ethnography RAS Kunstkamera
Chlachula J., Doctor hab., Professor, Adam Mickiewicz University in Poznan (Poland)
Hanks B., PhD, Professor, University of Pittsburgh, USA
Lahelma A., PhD, Professor, University of Helsinki, Finland
Ryndina O.M., Doctor of History, Professor, University of Tomsk
Tomilov N.A., Doctor of History, Professor, University of Omsk
Vasilyev S.V., Doctor of History, Institute of Ethnology and Anthropology RAS

Editorial staff:

- Agapov M.G., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Adaev V.N., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Anoshko O.M., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Crubezy E., PhD, Professor, University of Toulouse, France
Degtyareva A.D., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Kluyeva V.P., Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Kriiska A., PhD, Professor, University of Tartu, Estonia
Kuzminykh S.V., Candidate of History, Institute of Archaeology RAS
Liskevich N.A. (senior secretary), Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Pechenkina K., PhD, Professor, City University of New York, USA
Pinhasi R. PhD, Professor, University College Dublin, Ireland
Poshekhonova O.E., Tyumen Scientific Centre SB RAS
Ryabogina N.Ye., Candidate of Geology, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Tkachev A.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Wahl J., PhD, Regierungspräsidium Stuttgart Landesamt für Denkmalpflege, Germany
Zakh V.A., Doctor of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS
Zimina O.Yu. (sub-editor-in-chief), Candidate of History, Tyumen Scientific Centre SB RAS

Address: Malygin St., 86, Tyumen, 625026, Russian Federation; mail: vestnik.ipos@inbox.ru
URL: <http://www.ipdn.ru>

Григорьев С.А.

Институт истории и археологии УрО РАН
ул. С. Ковалевской, 16, Екатеринбург, 620108
E-mail: stgrig@mail.ru

РАЗВИТИЕ МЕТАЛЛУРГИИ МЕДИ И МЕДНЫХ СПЛАВОВ В КИТАЕ ВО II ТЫС. ДО Н.Э.

В Китае известны редкие находки металла эпохи неолита. В начале II тыс. до н.э. в провинции Ганьсу заимствуется технология плавки руды с легированием мышьяком, изредка оловом. Эта технология распространяется на восток, присутствуя в Эрлитоу II. В начале фазы Эрлитоу III на Хуанхэ проникает технология плавки сульфидов и легирования оловом. Эта традиция начинает распространяться в остальные районы Китая. На западе и севере в позднешанский период наблюдается также проникновение карасукской традиции мышьяковых сплавов.

Ключевые слова: бронзовый век, металлургия, Китай, сплавы, технологии плавки.

Введение

В древней металлургии везде наблюдается последовательная смена использования меди сплавами с мышьяком, а затем с оловом. Первый переход связан с началом плавки руды с породой, в которой содержался мышьяк, а второй — с ростом производства и началом использования тугоплавких руд, что вело к окислительной атмосфере, высоким температурам и возгонке мышьяка. Но в Китае отмечается переход от редкого использования чистой меди к оловянным бронзам, что стимулировало идеи о самобытности китайской металлургии (см.: [Jin Zh., 2000, p. 61; Mei et al., 2012, p. 37, 38; 2015; Liu R. et al., 2015, p. 1–5]). Это хорошо укладывалось в старые идеи о непосредственном переходе от чистой меди к оловянным бронзам, основанные на изучении технологий литья или находках раннего металла (напр.: [Barnard, 1961; Ho, 1975]). Впрочем, всегда существовали и представления о западных импульсах в формировании цивилизации и металлургии в Китае (см., напр.: [Loehr, 1956; Васильев, 1976]). Естественно, наиболее вероятным источником технологических заимствований в этом случае могла быть степная Евразия, где для II тыс. до н.э. была выделена Евразийская металлургическая провинция, ранняя фаза которой характеризовалась медно-мышьяковыми сплавами, а с распространением сейминско-турбинской металлообработки начинают доминировать оловянные бронзы [Черных, Кузьминых, 1989; Chernykh, 1992]. Учет этих работ и заставлял искать параллели этой евразийской ситуации при моделировании западных влияний на формирование китайской металлургии. Поэтому после выявления мышьяковых сплавов в дошанских комплексах Цицзя и Сыба в Ганьсу, попадавших в общеевразийский тренд, и выявления типологических параллелей этим комплексам в андроновских и сейминско-турбинских бронзах гипотеза о западных импульсах стала доминирующей [Fitzgerald-Huber, 1995; Mei, 2003, p. 14–16; Mei et al., 2012, p. 43; Li Sh., 2011, p. 133, 138]. Проблема этой гипотезы в том, что мышьяковые сплавы для данных сибирских культур не характерны, подавляющее большинство параллелей некорректно (они карасукские), а сейминско-турбинское влияние в Китае наблюдается в начале шанского времени, и распространялось оно с севера [Григорьев, 2021a, b]. Поэтому в настоящей работе мы ставим задачу проанализировать факты использования типов сплавов в Китае и сопоставить их с информацией о технологиях получения металла, что позволит выявить зависимость между типами руды и сплавов, которая наблюдается в иных ареалах.

Исследовательская база и хронология

Из-за региональных различий материалы Китая нельзя анализировать в целом. Существует два основных региона в бассейнах Хуанхэ и Янцзы, где формировалась китайская цивилизация, а также западная и северная периферии с тенденциями, более сопоставимые со степной Евразией. Синьцзян (кроме его восточной части) в этот период нельзя назвать даже периферией Китая. Но понимание специфики каждого ареала и динамики технологических изменений требует достаточного числа анализов. К сожалению, их количество в китайской археометаллургии пока мало. До недавнего времени число опубликованных химических анализов для всего

бронзового века составляло лишь 3300, а изотопных — 1300 [Liu R. et al., 2015, p. 6]. Эти анализы сделаны на разном оборудовании, что затрудняет их сопоставление, и наблюдаются отклонения при повторных тестах [Liu R. et al., 2019, p. 407, 408]. Кроме того, порой публикуются анализы поверхности образца портативными XRF-приборами. Это приводит, например, к высоким содержаниям мышьяка, который при заливке может концентрироваться у поверхности.

Возникают еще две проблемы. Первая связана с надежностью контекста и правомерностью хронологической интерпретации. Это касается в первую очередь старых раскопок, кроме того, отнесение многих бронз Ганьсу к дошанскому времени сомнительно [Варенов, 1985, с. 349, 350; Григорьев, 2021а, с. 111–113]. Относительно металла культуры Сыба об этом тоже писали российские исследователи [Молодин и др., 2016, с. 505]. То, что называется андроновским металлом, в большинстве случаев, за исключением района Или-Тачэн на западе Синьцзяна, относится к финальной бронзе [Mei, 2000, p. 14; Григорьев, 2021а, с. 114–115]. Следует учитывать и разницу в критериях легированного металла, поскольку в качестве порога сплавов принят не 1, а 2 % [Jin Zh., 2000, p. 56; Chen et al., 2009, p. 2110]. Например, для комплексов долины Или 18 объектов определены как медные, а 6 как бронзовые. Но, судя по таблице [Wang L. et al., 2019, tab. 7], все изделия эпохи бронзы выплавлены из бронзы, и значительная часть изделий раннего железного века тоже. Для мышьяковой меди этот порог приводит к искаженному пониманию ситуации. Дело в том, что при получении и переплавках мышьяковой меди содержание мышьяка снижается. При анализе металла синташтинской культуры порогом для мышьяковой меди было принято 0,3 % [Grigoriev, 2015, p. 152, 153]. Анализ технологий затруднен тем обстоятельством, что число исследованных мест плавок и анализов руды и шлака мало. Поэтому следующее обсуждение намечает лишь основные тенденции.

Проанализированный металл датируется периодом в 1000 лет. В основе китайской хронологии лежат представления о смене трех династий — Ся, Шан и Чжоу. В археологической терминологии на Хуанхэ мы можем обсуждать неолит, его позднюю фазу Таосы, периоды Эрлитоу, Эрлиган и аняньский. Считается, что династия Ся начинается около 2070 г. до н.э. Начало Шан ранее сопоставлялось с началом Эрлиган (около 1550 г. до н.э.), но в данном случае исторические даты идентифицированы с радиоуглеродными. В действительности есть основания для идентификации начала Шан с периодом III Эрлитоу, когда появляется дворцовая архитектура. В исторических датах это около 1560 г. до н.э., а в радиоуглеродных — около 1610 г. до н.э. Фаза IV на этом памятнике, начинающаяся между 1565 и 1530 г. до н.э. в радиоуглеродной хронологии, в культурном плане является уже Эрлиган. Фаза I (с 1750 г. до н.э.) близка поздней фазе неолита Луншань. Аняньский период начинается около 1250 г. до н.э. (в исторической хронологии), надежно идентифицируется с поздним Шан и сменяется периодом Западного Чжоу около 1050 или 1045 г. до н.э. [Lee, 2002, p. 18; Thorp, 2005, p. 27; Zhang et al., 2008, p. 197–210; Campbell, 2014, p. 19, 72, 129; Bagley, 2018, p. 68]. Обсуждаемые культуры Ганьсу имеют следующие радиоуглеродные даты: Цицзя — 2000–1600 г. до н.э., Сыба — 1900–1600 г. до н.э. [Linduff et al., 2017, p. 45, 46]. Одновременно с Цицзя в Ганьсу существует культура Сичэнью (2000–1700 г. до н.э.) [Zhang et al., 2017, p. 93]. Но проблема Цицзя в том, что в ней явно объединены разновременные комплексы, от начала II тыс. до н.э. до позднешанского времени включительно. Эти материалы можно разделить на два типа, ранний Дахэчжуан и поздний Циньвэйцзя, и подавляющая часть металла культуры связана именно с поздним комплексом [Варенов, 1981, с. 55; 1985, с. 349, 350]. Археология Китая, как и любого другого региона, имеет ряд существенных хронологических проблем. Для ориентации я составил таблицу периодизации культур, упоминаемых в тексте. Но необходимо понимать существенную разницу между исторической и радиоуглеродной хронологиями, а также между датами, полученными на ускорительной технике (AMS), и обычными (LCS). Относительно надежная историческая хронология появляется в Китае лишь с позднешанского периода. Даты периодов Эрлитоу и Эрлиган основаны преимущественно на AMS-методе, даты культур Цицзя и Сыба в провинции Ганьсу — на обычном радиоуглеродном анализе, а культуры Сичэнью — на AMS-датах. С этим связаны существенные различия и иных публикуемых дат. Например, неолитическая культура Луншань в бассейне Хуанхэ может датироваться 2600–2000 г. до н.э. [Yang, 2004, p. 107], но иногда она синхронизируется с неолитическими культурами Цюцзялин и Шицзяхэ бассейна Янцзы и датируется в пределах всего III тыс. до н.э. [Chang, 1986, p. 107, 287; Li M., 2018, p. 37, 63, 82]. Но около 2300 г. до н.э. в результате серьезных климатических изменений по всему бассейну Хуанхэ начинаются преобразования с формированием культуры Мацзяяо-Мачан (возможно, несколько раньше,

Развитие металлургии меди и медных сплавов в Китае во II тыс. до н.э.

около XXV в. до н.э.) в верхнем течении и фазы Таосы на среднем Хуанхэ [Zhang et al., 2017, p. 93; Li M., 2018, p. 73–76]. Хронология культур Нижней Хуанхэ этого времени тоже не слишком определенная. Культуру Юэши датируют диапазоном 2000–1600 гг. до н.э., а культуру Нижнего слоя Сяцзядянь — в течение всего III тыс. до н.э. [Thorp, 2005, p. 54]. Вероятно, под этим термином, как и в случае с культурой Цицзя, объединены разные материалы.

Те же проблемы возникают при попытке сопоставить эти китайские комплексы с евразийскими. В таблицу данные по евразийским культурам внесены из обобщающей работы [Молодин и др., 2014], в которой афанасьевская культура датирована интервалом 3700–2500 гг. до н.э., окуневская — 2200–1900 гг. до н.э., чемурчекская — 2250–1800 гг. до н.э., адроновская — 1900–1500 гг. до н.э., а саргаринская — 1400–1050 гг. до н.э. Даты сейминско-турбинских комплексов на тот момент были разбросаны чрезвычайно широко, но недавно они были сужены до диапазона XXII–XX вв. до н.э. [Marchenko et al., 2017, p. 10–12]. Однако наиболее хорошо датированная AMS-методом синташтинская культура имеет даты в диапазоне 1960–1770 гг. до н.э. [Епимахов, 2020], а абашевская металлургия начинает формироваться в досейминское время, хотя синташтинские комплексы (в оригинальном тексте они объединены с уральскими абашевскими в баланбашские) относятся к сейминскому времени [Черных, 1970, с. 94–97]. Это подтверждается и некоторыми находками СТ изделий в синташтинских комплексах (мог. Халвай 3), вместе с синташтинскими изделиями (Ростовка) или в мог. Шайтанка, который датируется синташтинским временем [Черных, Кузьминых, 1989, с. 65, 101; Логвин, Шевнина, 2014, с. 228, 229; Корочкова и др., 2020, с. 109, 113, 116, 120]. Мы можем допускать более раннее существование СТ комплексов в Сибири, но все же не ранее начала Синташты. И верхний интервал СТ бронз тоже относится к более позднему времени, так как синхронизируется с раннесрубной покровской культурой. Поэтому проблемы хронологии далеки от своего разрешения, но очевидно то, что СТ традиция предшествует Шан, Цицзя и Сыба. Окуневские и чемурчекские комплексы тоже предшествуют культуре Цицзя. Евразийские комплексы финальной бронзы (карасукские и саргаринские) в целом синхронны позднему Шан, начинаются раньше, но необходимо помнить о разнице дат, так как для них использована радиоуглеродная хронология, а для позднего Шан — историческая.

Сравнительная хронология культур Северной Евразии и Китая, упоминаемых в тексте (интервалы даны в гг. до н.э.; в столбце исторической хронологии указан год начала периода)

Comparative chronology of the cultures of Northern Eurasia and China, mentioned in the text
(intervals are given in BC; the column of historical chronology indicates the year of the beginning of the period)

Евразия	Ганьсу	Хуанхэ	Внутренняя Монголия, Нижняя Хуанхэ	Династии Китая	Исторические даты (гг. до н.э.)
Карасукская, саргаринская (1400–1050)	Поздние Цицзя, Сыба?	Западное Чжоу		Западное Чжоу	1050
		Аньян		Поздний Шан	1250
		Эрлиган		Средний Шан	
Адроновская (1900–1500)		Эрлиган, Эрлитоу IV (с 1565–1530) Эрлитоу III (с 1610)		Средний Шан Ранний Шан	1560
Сейма-Турбино (XXII–XX вв. до н.э.) Елунинская (2200–1800) Синташтинская (1960–1770)	Сыба (1900–1600) Цицзя, Сичэньи 2000–1700	Эрлитоу I, II (1750–1600)	Ниж. Сяцзядянь (II тыс. до н.э.) Юэши (2000–1600)	Ся	
Окуневская (2200–1900) Чемурчекская (2250–1800)	Мацзяяо-Мачан (2450–1900)	Таосы — после 2300	Луншань	Ся	2070
Афанасьевская (3700–2500)	Луншань — после 3000	Луншань — после 3000	Луншань — после 3000		

Производство на Хуанхэ

Неолитические находки медных изделий редки, и большая часть относится к финальному неолиту [An, 1982–83, p. 69]. Рост производства наблюдается в Эрлитоу. В фазах I и II количество металла невелико, и большинство относится к III и IV фазам (2 % в фазе I, 6 % в фазе II, 42 % в фазе III, 50 % в фазе IV) [Campbell, 2014, p. 30]. Показательно начало литья в фазе III характерных для шанской металлургии сосудов из оловянной бронзы с примесью свинца [Jin Zh., 2000, p. 62; Linduff et al., 2017, p. 61; Li M., 2018, p. 202]. Изделия фазы II выполнены из чистой

или мышьяковой меди, хотя обнаружены и капли оловянной бронзы. В этой фазе встречаются литые изделия, но выполнены они из меди, крайне редко из оловянной бронзы. В III и IV фазах оловянные бронзы доминируют, изделия из чистой и мышьяковой меди редки. Сплавы с оловом и свинцом типичны с фазы IV, но сплавы с содержанием свинца менее 1,5 % встречаются в фазах II и III. Это позволило сделать вывод о внутренней эволюции производства [Jin Zh., 2000, p. 56–58]. Но к началу III фазы на Центральной равнине появляются изделия сейминско-турбинской традиции, для которой характерны сплавы с оловом, и есть бронзы с примесями свинца [Григорьев, 2021]. Поэтому описанную ситуацию можно трактовать и так: традиция появляется в конце II фазы Эрлитоу, стимулируя появление оловянных бронз и сложного литья. В пределах IV фазы, с ростом производства бронзовых сосудов, происходит совершенствование литья с увеличением содержания свинца в сплаве. Можно допускать и ситуацию с двумя импульсами. Присутствие во II фазе Эрлитоу мышьяковой меди и капель оловянной бронзы может отражать технологию легирования мышьяковыми, реже оловянными минералами в руду (см. далее).

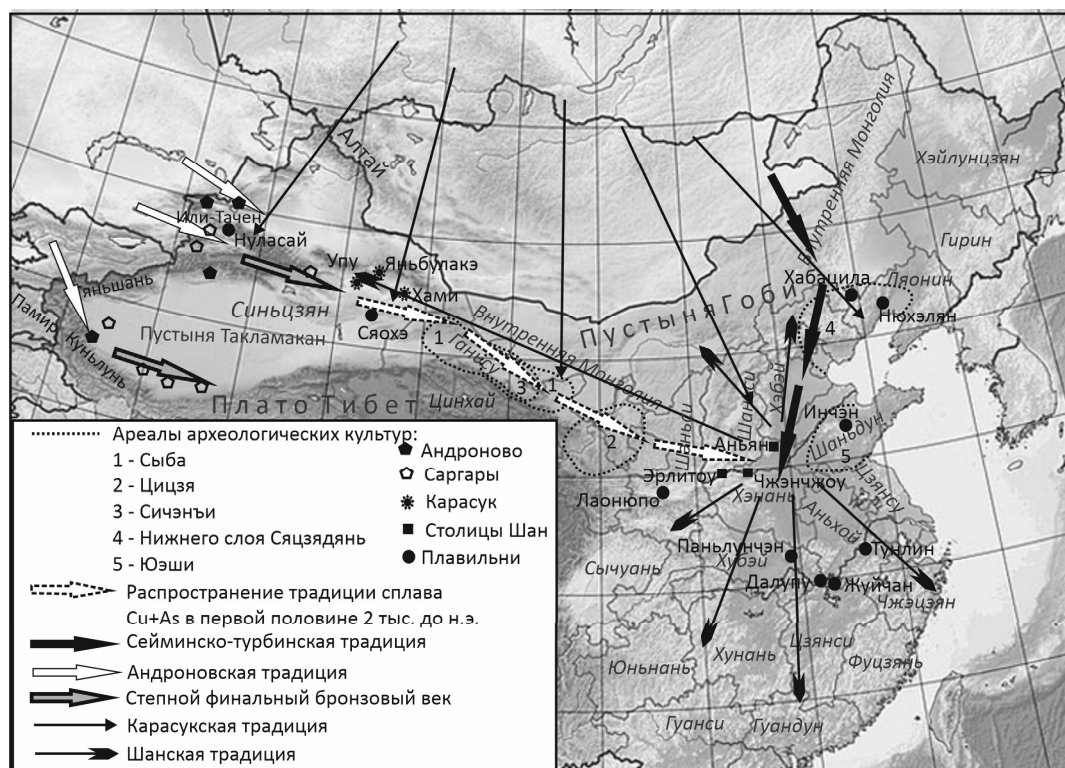


Рис. Границы культур, памятники, упомянутые в тексте и схематические направления технологических импульсов.

Fig. Borders of cultures, sites mentioned in the text and schematic directions of technological impulses.

В Эрлитоу известны литейные мастерские, печи, малахит, но рудный шлак не обнаружен, и данных о горном деле нет [Jin Zh., 2000, p. 58; Campbell, 2014, p. 30, 61; Li M., 2018, p. 202]. Большинство изделий II и III фаз Эрлитоу относится к одной группе, выделенной на основе соотношения изотопов, а IV фазы — к другой. Во II и III фазах металл этой второй группы присутствует, но это единичные изделия [Jin Zh., 2000, p. 58]. В III и IV фазах происходит смена источников: схожие характеристики имеют руды в Шаньдуне и восточном Ляонине, в ареале культуры Юэши. Поэтому предполагается, что культура «династии Ся» достигла этого ареала. С IV фазы из-за увеличения производства начинает эксплуатироваться новый источник [Jin Zh., 2000, p. 60]. Однако многие китайские авторы полагают, что корни династии Шан находятся на востоке. Поэтому не исключено, что изменение рудной базы в III и IV фазах отражает этот процесс.

Оловянные и оловянно-свинцовые сплавы становятся типичны для китайской металлургии периодов Эрлиган, позднего Шан и Западного Чжоу [Thorp, 2005, p. 98, 168; Wang, Mei, 2009, p. 383]. В шанских центрах разных периодов Янши, Чжэнчжоу и Аньян исследованы литейные мастерские, но плавки руд не зафиксированы [Chang, 1980, p. 233; Thorp, 2005, p. 92, 142;

Campbell, 2014, p. 74, 77, 137; Li M., 2018, p. 241]. Последний процесс осуществлялся у рудников, откуда металл поступал в мастерские в центральном ареале Шан. Не исключено, что доставлялся и штейн. На поселении Чжэнхань, к югу от Шанской столицы периода Эрлиган в Чжэнчжоу, исследованы шлаки от плавки олова, от получения меди и переплавки меди с получением бронзы. Шлаки медной плавки имеют низкую вязкость и образовались при температурах в пределах 1200–1350 °С. Вероятно, они отражают плавку не окисленных руд, а штейна [Li Y. et al., 2012, p. 126, 130]. Таким образом, для этого времени можно реконструировать классическую схему развитого производства: плавку медных сульфидов в районе месторождений, транспортировку штейна и меди, выплавку штейна на медь и легирование оловом.

Как и большинство исследователей, полагаю, что распространение сложного литья из оловянных сплавов было связано с проникновением в Китай сейминско-турбинской традиции. Это датируется началом фазы III Эрлитоу, но единичные находки этого сплава относятся к более раннему времени, как и находки мышьяковых сплавов. Более того, сейминско-турбинская традиция, проникнув в Хэнань, сталкивается с существовавшей уже там традицией мышьяковых сплавов [Григорьев, 2021b, с. 11, 12].

Шэньси

К западу (юго-запад Шэньси) бронзовая посуда и иные изделия отлиты из шанских сплавов с высоким содержанием олова и примесями свинца. В них зафиксированы сульфиды и высокое содержание железа, что отражает использование медно-железных сульфидных руд [Liu J. et al., 2015]. Это укладывается в шанские технологические традиции. Вместе с тем специфические местные изделия сделаны из меди, сплавов с мышьяком, мышьяком и никелем или с сурьмой, что отражает местные технологии [Mei et al., 2015, p. 224, 225]. Для конца среднешанского и позднешанского периода соотношение этих сплавов на разных памятниках колеблется, иногда доля мышьяковых бронз минимальна, а доля оловянных составляет 20–50 % [Chen et al., 2009, p. 2110, 2114, 2116; 2016, p. 669, 674]. Но низкая доля мышьяковых сплавов объясняется тем, что в качестве порога легирования приняты 2 %, поэтому в действительности мышьякового металла больше, а чистой меди меньше. На поселении Лаонюпо в центральной Шэньси (рис.) изучено место плавки мышьяковой меди этого времени (с датами 1415–1295 гг. до н.э.). Ее получали путем плавки окисленной руды с примесью вторичных сульфидов (малахит и ковеллин) из кварцевых пород, которые смешивались с мышьяковыми минералами [Chen et al., 2017]. Кorni этой технологии можно проследить в более ранних памятниках в Ганьсу.

Ганьсу

Длительное сочетание мышьяковых и оловянных сплавов отмечено и западнее в Ганьсу [Li Y. et al., 2018, p. 140]. На поселениях Сичэнъи и Ситугоу культуры Сичэнъи (рис.) (первая половина II тыс. до н.э.), предшествовавшей на западе Ганьсу культуре Сыба и синхронной культуре Цицзя, выявлены литейные формы, руды, шлаки, фрагменты тиглей и печей, в которых плавляли окисленные руды с примесью сульфидов из кварцевых пород с целью получения медно-мышьяковых сплавов. На поселении Ситугоу мышьяк в руде отсутствовал, и предполагается переплавка полученного продукта с мышьяковыми минералами. Большинство шлака (60 %) отражает плавку чистой меди и 40 % — плавку мышьяковой меди. На поселении Сичэнъи часть руды содержала мышьяк. Помимо этого, в шлаке выявлены включения сплава меди с оловом, а также с оловом и свинцом, отсутствовавших в руде. Иногда сплавы с мышьяком и оловом присутствуют в одних образцах шлака, это позволило предполагать, что легирующие минералы доставляли с одного месторождения. В шлаке встречены включения сплава меди с сурьмой, результат легирования мышьяковыми минералами, идущими в ассоциации с сурьмой. В прилегающих горах много медных месторождений, но нет оловянных. Поэтому минералы для легирования везли из иного региона. Исследования металлических изделий выявили чистую медь, оловянную бронзу, сурьмяную и мышьяковую медь [Li Y. et al., 2015, p. 119, 123–127; 2018, p. 131, 132, 136, 137, 140]. Двухфазовый процесс, когда сначала плавляли руду, а затем переплавляли полученный продукт вместе с мышьяковыми минералами, здесь объясняется не плавкой на штейн, а тем, что руда окисленная и происходит из кварцевых пород, что требовало высоких температур, при которых мышьяк испаряется. Это целенаправленное получение мышьяковой меди с пониманием особенностей этого процесса. Появление сплавов с оловом не позволяет говорить о влиянии из Южной Сибири, поскольку эти сплавы производились добавками минералов на стадии плавки руды. На елунических памятниках Алтая олово в шлаке не отмечено, что характеризует все шлаки ПИБ

Северной Евразии и резко контрастирует с присутствием олова в металле [Grigoriev, 2015, p. 477–479, 538]. Это означает, что бронзы получали добавками олова в металл. С последующей шанской технологией легирования эта технология Ганьсу тоже не имеет ничего общего.

Таким образом, исследования фиксируют существование технологии получения мышьяковой меди добавлением мышьяковых минералов в черновую медь. Таким же образом получали оловянную бронзу, и это была не отдельная технология, а разновидность первой. Но данных о появлении классического оловянного легирования в металл в материалах этих памятников нет. Возможно, это объясняет присутствие мышьяковых и более редких оловянных сплавов в дошанских слоях Эрлитоу.

Культуру Цицзя на востоке провинции рассматривают как дошанскую, но в ней присутствует металл с карасукскими параллелями, что указывает на то, что часть этих комплексов относится к позднешанскому времени, и металл в основном относится к этому периоду [Варенов, 1985, с. 349, 350]. Поэтому не удивительно, что в ней доминирует шанский сплав $Cu+Sn$, иногда $Cu+Sn+Pb$, лишь отдельные изделия выполнены из мышьяковых сплавов $Cu+Sn+As$ или $Cu+As$, отражающих местную традицию [Mei et al., 2012, p. 40–44]. Следует отметить, что для карасукской культуры характерна смена андроновской традиции оловянных сплавов на мышьяковые [Бобров и др., 1997, с. 52–54]. Поэтому часть этого металла может отражать какие-то ранние традиции мышьяковых сплавов, часть — карасукские влияния, а сплавы с оловом и свинцом — шанские.

Культура Сыба возникает чуть позже в восточной части Ганьсу, сосуществуя затем с Цицзя. Но приписываемый ей металл в значительной степени относится к позднешанскому периоду. Эта неопределенность и продолжительность существования культуры подчеркивается различиями металла. Основными сплавами являются $Cu+Sn$, $Cu+Pb$, $Cu+Pb+Sn$ [Linduff et al., 2017, p. 46]. Но в могильнике Дунхуйшань доминируют мышьяковые сплавы, а в могильнике Ганьгуя — оловянные, при большой доле мышьяковых, с примесью олово-мышьяковых сплавов и чистой меди [Mei, 2000, p. 46, 47]. Присутствие мышьяковых сплавов объясняют спецификой местных руд [Linduff et al., 2017, p. 47]. Но не исключено, что они являются карасукской традицией. Понять это можно лишь путем детальной корреляции морфологических и химических типов.

Синьцзян

Количество анализов в Синьцзяне невелико. Эти материалы разнокультурны, разбросаны на огромной территории. На востоке пустыни Такламакан в мог. Сяохэ (первая половина II тыс. до н.э.) единичные анализы выявили сплавы с оловом и свинцом, отдельные — с примесью мышьяка [Mei et al., 2012, p. 32]. Этот сплав отличен от сейминско-турбинских и андроновских, но выше мы обсуждали существование подобных комбинаций в синхронных памятниках Ганьсу.

На западе, в районе Или-Тачэн, доминируют оловянные сплавы, и металлургия Тачэна связана с андроновской (федоровской) культурой [Mei, 2000, p. 41, 48; Wang L. et al. 2019, tab. 7]. И еще, на мой взгляд, со степными комплексами финальной бронзы. В меди обнаружены сульфиды, из чего делается вывод, что в плавку поступали сульфидные руды [Mei, 2000, p. 48, 49]. Таким образом, мы наблюдаем классическое сочетание использования сульфидных руд и легирование оловом полученного металла.

Памятники в районе Хами, к югу от восточных отрогов Алтая, с металлом карасукского облика, содержат мышьяковую медь (Упу), оловянные бронзы и оловянно-свинцовые бронзы (Яньбулакэ) (рис.). На Фучжисуаньчан, датируемом около 1000 г. до н.э., выявлена мышьяковая медь с примесью свинца. Два зеркала из Хами содержат высокие концентрации олова (22–23 %) и примесь свинца, что трактуется как влияние с Центральной равнины [Mei, 2000, p. 38, 48]. Вся ситуация отражает контакт двух металлургических традиций — карасукской и Центральной равнины, что с позднешанского времени характерно для северной периферии шанской цивилизации.

Северная периферия

В дошанское время (в первой половине II тыс. до н.э.) на севере небольшие металлические изделия известны в культуре нижнего слоя Сяцзядянь (от Внутренней Монголии до запада Ляонина) [Thorp, 2005, p. 54]. Большинство сделано из меди, но встречается и бронза с содержанием олова до 10 % [Linduff et al., 2017, p. 64]. На мог. Дадяньцзы (около 1500 г. до н.э.) изделия изготовлены в основном из оловянных бронз, но изредка встречается мышьяковая медь [Li Ch. et al., 2019, p. 9]. Эти данные трудно интерпретировать, поскольку культура существовала долго, через этот район шло проникновение сейминско-турбинской традиции, а потом были контакты с шанской цивилизацией, и источником оловянных сплавов мог быть любой из этих процессов.

Развитие металлургии меди и медных сплавов в Китае во II тыс. до н.э.

Данные о плавке руды относятся к позднему периоду. На пос. Нюхэлян в Ляонине были исследованы фрагменты печи второй половины II тыс. до н.э. В плавку поступали окисленные руды из легкоплавких ультраосновных серпентинизированных пород. Плавка велась в небольшой печи при температуре 1115–1240 °С [Li Y. et al., 1999]. Эта руда и условия идеальны для получения мышьяковой меди на стадии плавки руды, но примеси мышьяка в шлаке не выявлены. Другая мастерская XIII–XI вв. до н.э. обнаружена в Хабацила, между Внутренней Монголией и Ляонином. Реконструирована плавка полиметаллических руд с получением оловянных бронз и мышьяковой меди. В шлаке обнаружена медь с мышьяком и в одном случае с оловом, которые присутствуют и в руде. Руда представлена борнитом и купритом. Но здесь же выявлена плавка оловянной руды для получения олова [Li et al., 2019, p. 1, 5, 8, 10].

Важным является то, что в позднешанский период в Ляонине распространяются изделия карасукского типа, предполагается проникновение этого населения и контакт карасукской и шанской металлургических традиций [Guo, 1995, p. 203; Bagley, 1999, p. 222, 223; Wu, 2004, p. 206, 207]. Таким образом, в этом районе сначала появляется плавка окисленных легкоплавких руд с производством чистой меди и легированием оловом, и источник этих технологий не ясен. В позднешанский период на регион оказывает влияние карасукская традиция, распространяются плавка руды с примесями мышьяка и изготовление мышьяковых сплавов. Традиция оловянного легирования сохраняется.

В Шаньдуне в дошанское время некоторое количество медных изделий обнаружено в культуре Юэши (2000–1600 гг. до н. э.) [Thorp, 2005, p. 54]. Для времени позднего Шан или Чжоу исследованы три образца из Инчэн в районе Лайу, на западе Шаньдуна, и реконструирована плавка окисленной руды, затем переплавка меди с добавлением мышьякового минерала [Li et al., 2013, p. 4, 6]. Это несколько отличается от вышеописанной технологической схемы и сходно с ранними способами получения мышьяковой меди в Ганьсу. Но мы можем допускать вариативность технологических приемов в зависимости от исходной руды.

Янцзы

Заметное производство на юге возникает поздно, с проникновением культуры и технологии с севера после II фазы Эрлитоу или в начале Эрлиган [Li M., 2018, p. 219; Campbell, 2018, p. 66, 67; Liu R. et al., 2019, p. 395, 415]. В Хубэе формируется новый центр Паньлунчэн, который играл важную роль в обеспечении и контроле поставок металла в Шан [Campbell, 2018, p. 66, 67, 85, 86]. Его раскопки выявили руду и шлак [Chang, 1980, p. 303]. Вероятно, медно-железные сульфиды не использовались; из-за сернистых газов их проблематично плавить на поселениях. Поэтому эти плавки не могли быть источником меди для севера.

На пос. Далупу выявлены шлак, руда, фрагменты печей, наковальни и молотки времени от позднего Шан до начала периода Весен и Осеней (722–481 гг. до н.э.). Состав шлака ультраосновной, руда представлена малахитом из кварцевых пород и скарнов, с примесями окислов железа. Поэтому вероятно ее тщательная сортировка или добавки железных флюсов. Плавка велась в восстановительной атмосфере с получением черновой меди, а также штейна. Потери меди не превышают 1–3 % (при первоначальном содержании в руде 1,5–40 %) [Li Y., Li J., 2013a, b; Cultural Sites..., 2013, p. 875]. Плавки этого типа не ориентированы на массовую продукцию. Сомнительно, чтобы они могли быть источником для шанской металлургии, и скорее всего, осуществлялись для удовлетворения местных потребностей. Вероятно, следует искать места плавки медно-железных сульфидов на месторождениях. В районе Жуйчан, в Цзянси, обнаружено 29 шахт шанского времени. На памятнике Тунлин, юг провинции Аньхой в нижнем течении Янцзы, найдены шлаковые кучи площадью 200 000 м², а также около 100 шахт, вертикальных ям и галерей. Неподалеку, в провинции Хубэй, располагался крупный горный центр Тунлушань с большим количеством шлака. Предполагается, что именно здесь медная руда выплавлялась, а затем медь транспортировалась на север и в верховья Янцзы [Thorp, 2005, p. 92, 216].

Заключение

Приведенные данные недостаточны для уверенных суждений об истории соотношения сплавов и технологий плавки в китайской металлургии. До начала II тыс. до н.э. китайская металлургия была развита слабо. Есть редкие находки металла, преимущественно в финальном периоде неолита. На рубеже III и II тыс. до н.э. в Ганьсу появляются плавка окисленных руд и вторичных сульфидов из кварцевых пород и переплавка полученного продукта с мышьяковыми минералами. В случае самостоятельного возникновения этого производства этому должно бы-

ло предшествовать несколько стадий (ковка самородной меди — переплавка самородной меди — плавка относительно чистой окисленной руды без получения шлака — использование легкоплавких окисленных руд из ультраосновных и основных пород с получением шлака), которые отсутствуют. Следовательно, технология была привнесена. В степной Евразии медно-мышьяковые сплавы, характерные для абашевской и синташтинской металлургии [Черных, 1970; Дегтярева, 2010], связаны именно с этой последней стадией, и получались они путем добавления мышьяковых минералов в рамках одноступенчатой плавки руды [Grigoriev, 2015, p. 146, 155]. Но эти плавки в Ганьсу от данной схемы принципиально отличаются. При переходе на более тугоплавкие руды из кварцевых пород повышается температура плавки, формируется окисленная атмосфера, мышьяк переходит в триоксид и испаряется. Поэтому легирование осуществлялось мышьяковыми минералами в полученный черновой продукт, а не в руду. Данная стадия в развитии производства медно-мышьяковых сплавов в Северной Евразии пока не выявлена. Поэтому, хотя существуют предположения о западных корнях мышьяковой меди Ганьсу [Mei, 2005, p. 37], связь здесь не просматривается. Единственным видимым источником является окуневская культура, но фактов, подтверждающих это, нет. Для этой культуры характерны именно мышьяковая медь и некоторая примесь оловянных бронз, но анализов окуневского металла мало, а данные о технологиях плавки руды и легирования отсутствуют [Хаврин, 1997, 2008]. Поэтому возможен какой-то иной источник этой технологии, но определить его пока невозможно. Вероятно, эта же традиция проникает на восток Такламакан (Сяохэ), а из Ганьсу — на юго-запад Шэньси. Иногда в качестве легирующего компонента используются оловянные минералы, чем объясняется некоторое количество оловянных сплавов. Поэтому присутствие мышьяковых и редких оловянных сплавов во II фазе Эрлитоу позволяет допускать импульс из Ганьсу на восток. Но эта технология не могла быть основой формирования шанской традиции плавки медно-железных сульфидов и легирования меди металлическим оловом. Проникновение этих традиций совпадает с началом Эрлитоу III и проникновением сейминско-турбинской традиции через Шаньси и запад Ляонина. Одновременно на запад Синьцзяна проникает сходная андроновская традиция.

С укреплением Шанской державы технологии плавки сульфидов и оловянных сплавов распространяются в разных направлениях. Около середины II тыс. до н.э. эти технологии появляются на Янцзы, а во второй половине II тыс. до н.э. изделия и сплавы шанского типа распространяются на север (до Внутренней Монголии и Ляонина), запад (до Восточного Синьцзяна) и юго-запад (до юго-запада Шэньси). Во всех этих регионах, кроме Янцзы, мы видим сочетание оловянных и мышьяковых сплавов. Но в Шэньси это обусловлено сохранением старой традиции, пришедшей из Ганьсу, а на западе и севере — влияниями карасукской традиции. Эти влияния распространялись по всей западной и северной периферии.

Таким образом, в формировании и развитии китайской металлургии нет ничего необычного. Везде рост потребности в металле вызывал переход на все более богатые сырьевые источники (самородная медь — чистая окисленная руда — руда с рудомещающей породой — сульфидные руды), а это стимулировало переход на новые типы сплавов (чистая медь — мышьяковая медь — оловянная бронза). На западе, в Ганьсу, эти типологические ряды присутствуют, за исключением ранних стадий, что объясняется заимствованием технологии. В других районах мы этого не видим. В Синьцзяне возникновение металлургии обусловлено продвижением степных племен бронзового века, в результате сразу формируются развитые технологии. Что-то похожее происходит и на Хуанхэ, где после появления в неолите металлургия оказалась не востребована до фундаментальных социальных изменений, совпавших с проникновением из Сибири технологий плавки сульфидов и легирования оловом.

Следовательно, развитие металлургии в Китае в целом подчинялось тем же законам, что и в иных регионах Евразии, но было подвержено ряду внешних воздействий.

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта, поддержанного Центром Китайских Исследований (Тайбэй, Тайвань).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бобров В.В., Кузьминых С.В., Тенейшвили Т.О. Древняя металлургия Среднего Енисея: (Лугавская культура). Кемерово: Кузбассвуиздат, 1997. 99 с.

Варенов А.В. О датировании сибирских древностей по хронологической шкале Восточной Азии // Сибирь в прошлом, настоящем и будущем. Вып. III: История и культура народов Сибири: Тезисы докладов и

Развитие металлургии меди и медных сплавов в Китае во II тыс. до н.э.

сообщений Всесоюзной научной конференции (13–15 окт. 1981 г.). Новосибирск: Ротапринт Управления Делами СО АН СССР, 1981. С. 54–55.

Варенов А.В. Северо-Западный Китай и истоки иньской металлургии // Рериховские чтения. 1984 год: Материалы конф. Новосибирск: Типография ГПНТБ, 1985. С. 345–351.

Васильев Л.С. Проблемы генезиса китайской цивилизации. М.: Наука, 1976. 368 с.

Григорьев С.А. Проблема южносибирских контактов в формировании китайской металлургии Бронзового Века // Вестник Томского государственного университета. 2021а. № 471 С. 109–119.

Григорьев С.А. Проникновение сейминско-турбинской традиции в Китай и развитие технологии оловянного легирования // Мультидисциплинарные исследования в археологии. 2021б. № 1. С. 3–21.

Десярева А.Д. История металлопроизводства Южного Зауралья в эпоху бронзы. Новосибирск: Наука, 2010. 162 с.

Епимахов А.В. Радиоуглеродные аргументы абашевского происхождения синташтинских традиций Бронзового Века // УИВ. 2020. № 4 (69). С. 51–60.

Корочкова О.Н., Стефанов В.И., Спиридонов И.А. Святылище первых металлургов Среднего Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. 214 с.

Логвин А.А., Шевнина И.В. Погребения эпохи развитой бронзы кургана Халвай 3 // Prehistory studies. Pontic area. Mangalia: Gallasprint, 2014. С. 219–244.

Молодин В.И., Епимахов А.В., Марченко Ж.В. Радиоуглеродная хронология культур эпохи бронзы Урала и юга Западной Сибири: Принципы и подходы, достижения и проблемы // Вестник НГУ. Сер. История, филология. 2014. Т. 13. Вып. 3: Археология и этнография. С. 136–167.

Молодин В.И., Комиссаров С.А., Соловьев А.И. Культура Сыба // История Китая с древнейших времен до начала XXI века. Т. I: Древнейшая и древняя история (по археологическим данным): От палеолита до V в. до н.э. М.: Наука: Вост. лит., 2016. С. 502–506.

Черных Е.Н. Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. М.: Наука, 1970. 180 с.

Черных Е.Н., Кузьминых С.В. Древняя металлургия северной Евразии. М.: Наука, 1989. 320 с.

Хаврин С.В. Спектральный анализ окуневского металла // Окуневский сборник: Культура. Искусство. Антропология. СПб.: Петро-РИФ, 1997. С. 161–167.

Хаврин С.В. Древнейший металл Саяно-Алтая (энеолит — ранняя бронза) // Известия АлтГУ. Сер. История. 2008. Вып. 4/2 (60). С. 210–216.

An Zh. Some problems concerning China's early copper and bronze artifacts // Early China. 1982-83. № 8. P. 53–75.

Bagley R. Shang archaeology // The Cambridge History of ancient China: From the origins of civilization to 221 B.C. Cambridge: University press, 1999. P. 124–231.

Bagley R. The Bronze Age before the Zhou dynasty // Routledge handbook of early Chinese history. L.; N. Y.: Routledge, 2018. P. 61–83.

Barnard N. Bronze casting and bronze alloys in ancient China. Canberra: Australian National University and Monumenta Serica, 1961. 336 p.

Campbell R.B. Archaeology of the Chinese Bronze Age from Erlitou to Anyang. Los Angeles: The Cotsen Institute of Archaeology Press, 2014. 208 p.

Chang K.C. Shang Civilization. New Heaven and London: Yale University Press, 1980. 417 p.

Chang K.C. The archaeology of ancient China. New Haven: Yale University Press, 1986. 483 p.

Chen K., Liu S., Li Y., Mei J., Shao A., Yue L. Evidence of arsenical copper smelting in Bronze Age China: A study of metallurgical slag from the Laoniupo site, central Shaanxi // Journal of Archaeological Science. 2017. № 82. P. 31–39.

Chen K., Mei J., Rehren Th., Zhao C. Indigenous production and interregional exchange: Late second-millennium BC bronzes from the Hanzhong basin, China // Antiquity. 2016. 90 351. P. 665–678.

Chen K., Rehren Th., Mei J., Zhao C. Special alloys from remote frontiers of the Shang Kingdom: Scientific study of the Hanzhong bronzes from southwest Shaanxi, China // Journal of Archaeological Science 2009. № 36. P. 2108–2118.

Chernykh E. Ancient Mining and Metallurgy in the USSR. The Early Metal Age. Cambridge: University Press, 1992. 359 p.

Cultural Sites — Excavation Report — Yangxin County-Shangzhou Period IV [文化遗址发掘报告-阳新县-商周时代IV]. Beijing: Cultural Relics Press [北京: 文物出版社], 2013. 876 p. (China).

Fitzgerald-Huber L.G. Qijia and Erlitou: The question of contacts with distant cultures // Early China. 1995. № 20. P. 17–68.

Grigoriev S. Metallurgical Production in Northern Eurasia in the Bronze Age. Oxford: Archaeopress, 2015. 831 p.

Guo D.Sh. Northern-type bronze artifacts unearthed in the Liaoning region, and related issues // The archaeology of Northeast China. L.: Routledge, 1995. P. 182–205.

Ho P.-T. The Cradle of the East: An Inquiry into the Indigenous Origins of Techniques and Ideas of Neolithic and Early Historic China, 5000–1000 B.C. Chicago: University of Chicago Press, 1975. 440 p.

Jin Zh. Natural Science Research of Erlitou Bronze and Exploration of Xia Civilization // Cultural relics [文物]. 2000. № 1. P. 56–69. (China).

Lee Y.K. Building the Chronology of Early Chinese History // Asian Perspectives. 2002. № 41 (1). P. 15–42.

- Li Ch., Li Y., Wang L., Chen K., Liu S.* Primary research on the bronze technology of Lower Xiajiadian Culture in northeastern China // *Heritage Science*. 2019. P. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0314-6>
- Li M.* Social memory and state formation in Early China. Cambridge: University press, 2018. 570 p.
- Li Sh.* The Regional Characteristics and Interactions Between the Early Bronze Metallurgies of the Northwest and Central Plains // *Chinese Archaeology*. 2011. № 6. P. 132–139.
- Li Y., Chen G., Qian W., Wang H.* Research on the Smelting Relics of Zhangye Xichengyi Site // *Archaeology and Cultural Relics* [考古与文物]. 2015. № 2. P. 119–128. (China).
- Li Y., Chen G., Qian W., Chen Y., Wang H.* Research of the Metallurgical Remains in the Xitugou Site at Dunhuang [敦煌西沟遗址冶金遗物研究] // *Dunhuang Research*. 2018. № 2. P. 131–140. (China).
- Li Y., Du N., Gao Y.* A preliminary study on copper smelting slag unearthed from Ying City relics in Laiwu City, Shandong Province, China // *Science of conservation and archaeology* [文物保护与考古科学]. 2013. № 25(2). P. 1–6. (China).
- Li Y., Han R., Bao W., Chen T.* Research on the Remnants of Copper Furnace Wall in Niuheliang // *Zhang Wu* [文物]. 1999. № 21. P. 44–51. (China).
- Li Y., Li J.* Appendix I. Preliminary Study of Slag at the Site of Dalupu in Yangxin // *Cultural Sites-Excavation Report – Yangxin County – Shang and Zhou Period IV* [文化遗址发掘报告-阳新县-商周时代IV]. Beijing: Cultural Relics Press [—北京: 文物出版社], 2013a. P. 786–860. (China).
- Li Y., Li J.* Appendix II. Discovery and Analysis of Mining and Metallurgical Relics at Dalupu Site in Yangxin // *Cultural Sites-Excavation Report – Yangxin County – Shang and Zhou Period IV* [文化遗址发掘报告-阳新县-商周时代IV]. Beijing: Cultural Relics Press [—北京: 文物出版社], 2013b. P. 861–868. (China).
- Li Y., Liu H., Du N., Cai Q.* A Preliminary Research of Slag Excavated at Shuzhuangtai, Zhengnan Ancient City Site // *Journal of National Museum of China* [中国历史文物]. 2012. № 11. P. 126–131. (China).
- Linduff K.M., Sun Y., Cao W., Liu Y.* Ancient China and its Eurasian neighbors: Artifacts, Identity and Death in the Frontier, 3000–700 BCE. Cambridge: University Press, 2017. 288 p.
- Liu J., Mei J., Shao A., Qiao J., Ma M., Hao Zh.* Shang Dynasty Bronze Artifacts Unearthed in Zizhou County, Shaanxi Province: Scientific Analysis and Related Issues // *Chinese Cultural Relics*. 2015. № 3–4. P. 408–419.
- Liu R., Bray P., Pollard A.M., Hommel P.* Chemical analysis of ancient Chinese copper-based objects: Past, present and future // *Archaeological Research in Asia*. 2015. Vol. 3. P. 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ara.2015.04.002>
- Liu R., Pollard A.M., Rawson J., Tang X., Bray P., Zhang Ch.* Panlongcheng, Zhengzhou and the Movement of Metal in Early Bronze Age China // *Journal of World Prehistory*. 2019. № 32. P. 393–428.
- Loehr M.* Chinese Bronze Age Weapons: The Werner Jannings Collection in the Chinese National Palace Museum, Peking. Ann Arbor, Mich.: University of Michigan Press, 1956. 233 p.
- Marchenko Z.V., Svyatko S.V., Molodin V.I., Grishin A.E., Rykun M.P.* Radiocarbon chronology of complexes with Seima-Turbino type objects (Bronze Age) in Southwestern Siberia // *Radiocarbon*. 2017. P. 1–17. <https://doi.org/10.1017/RDC.2017.24>
- Mei J.* Copper and Bronze Metallurgy in Late Prehistoric Xinjiang: Its cultural context and relationship with neighbouring regions. BAR International Series 865. Oxford: Archaeopress, 2000. 202 p.
- Mei J.* Cultural Interaction between China and Central Asia during the Bronze Age // *Proceedings of the British Academy*. 2003. № 121. P. 1–39.
- Mei J., Wang P., Chen K., Wang L., Wang Y., Liu Y.* Archaeometallurgical studies in China: Some recent developments and challenging issues // *Journal of Archaeological Science*. 2015. № 56. P. 221–232.
- Mei J., Xu J., Chen K., Shen L., Wang H.* Recent research on Early Bronze Metallurgy in Northwest China // *Scientific Research on Ancient Asian Metallurgy*. Washington: Freer Gallery of Arts, 2012. P. 37–46.
- Thorp R.L.* China in the Early Bronze Age: Shang Civilization (Encounters with Asia). Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2005. 320 p.
- Wang L., Chen F., Wang Y., Qian W., Mei J., Martínón-Torres M., Chen K.* Copper metallurgy in prehistoric upper Ili Valley, Xinjiang, China // *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2019. № 11. P. 2407–2417.
- Wang Q., Mei J.* Some observations on recent studies of bronze casting technology in ancient China // *Metals and societies*. Bonn: Habelt, 2009. P. 383–394.
- Wu E.* Issues concerning Northern Bronze cultures in China // *New perspectives on China's past. Chinese archaeology in the twentieth century*. New Haven; London: Yale university press, 2004. P. 200–215.
- Yang X.* Urban revolution in late prehistoric China // *New perspectives on China's past. Chinese archaeology in the twentieth century*. New Haven; London: Yale university press, 2004. P. 98–143.
- Zhang Sh., Yang Y., Storozum M. J., Li H., Cui Y., Dong G.* Copper smelting and sediment pollution in Bronze Age China: A case study in the Hexi corridor, Northwest China // *Catena*. 2017. № 156. P. 92–101.
- Zhang X., Qiu Sh., Cai L., Bo G., Wang J., Zhong J.* Establishing and Refining the Archaeological Chronologies of Xinzhai, Erlitou and Erligang Cultures // *Chinese Archaeology*. 2008. Vol. 8. P. 197–210.

Grigoriev S.A.

Institute of History and Archaeology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences
S. Kovalevskoy st., 16, Ekaterinburg, 620108, Russian Federation
E-mail: stgrig@mail.ru

Development of metallurgy of copper and copper alloys in China in the 2nd millennium BC

The first rare metal finds in China are dated to the Neolithic period, but most of them belong to its final phase. For this period, pure copper is known, very rare arsenic alloys, probably smelted from ore with arsenic admixtures. At the beginning of the 2nd millennium BC, in Gansu, the technology of smelting ore with the following alloying with arsenic, occasionally tin minerals were borrowed from an unknown source. This technology spread to the east, and is present in the Erlitou II layer. At the beginning of the Erlitou III phase (which corresponds to the beginning of the Shang dynasty), the tradition of the Seima-Turbino metallurgy and the technology of smelting copper sulfide ores and alloying with tin penetrated into the Yellow River basin from the north (through Shanxi) from southern Siberia. This tradition soon spread to southern China, as well as the western and northern periphery of Chinese civilization. The penetration of the Karasuk tradition of arsenic alloys is also observed in the west and north in the late Shang period, and the Shang and Karasuk metallurgical traditions coexisted there. A special situation formed in Xinjiang, where the Andronovo tradition of smelting sulfide ores and tin alloys penetrated, but this penetration was limited to the west of the region. It did not affect the development of Chinese metallurgy. In general, in China, there is the same correspondence between the types of used ores and alloys as in the rest of Eurasia: native copper and malachite — pure copper, oxidized ores and secondary sulfides with gangue — arsenic copper, occasionally tin bronze, copper-iron sulfides — tin bronze. But in China, this sequence was driven by two technological impulses at the beginning of the 2nd millennium BC (from an unclear source) and at the end of the second half of the 2nd millennium BC from southern Siberia. In addition, during the late Shang period, the interaction of the Shang and Karasuk traditions occurred in the north and west.

Keywords: Bronze Age, metallurgy, China, alloys, smelting technologies.

Funding. This work was carried out as part of a project supported by the Center for Chinese Studies (Taipei, Taiwan).

REFERENCES

- An, Zh. (1982-83). Some problems concerning China's early copper and bronze artifacts. *Early China*, (8), 53–75.
- Bagley, R. (1999). Shang archaeology. In: M. Loewe, E.D. Shaughnessy (Eds.). *The Cambridge History of ancient China. From the origins of civilization to 221 B.C.* Cambridge: University press, 124–231.
- Bagley, R. (2018). The Bronze Age before the Zhou dynasty. In: P.R. Goldin (Ed.). *Routledge handbook of early Chinese history*. London; New York: Routledge, 61–83.
- Barnard, N. (1961). *Bronze casting and bronze alloys in ancient China*. Canberra: Australian National University and Monumenta Serica.
- Bobrov, V.V., Kuzminykh, S.V., Teneysvili, T.O. (1997). *Ancient metallurgy of the Middle Yenisei: (Lugavskaja culture)*. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat. (Rus.).
- Campbell, R.B. (2014). *Archaeology of the Chinese Bronze Age from Erlitou to Anyang*. Los Angeles: The Cotsen Institute of Archaeology Press.
- Chang, K.C. (1980). *Shang Civilization*. New Heaven and London: Yale University Press.
- Chang, K.C. (1986). *The archaeology of ancient China*. 4th ed. New Haven: Yale University Press.
- Chen, K., Liu, S., Li, Y., Mei, J., Shao, A., Yue, L. (2017). Evidence of arsenical copper smelting in Bronze Age China: A study of metallurgical slag from the Laoniupo site, central Shaanxi. *Journal of Archaeological Science*, (82), 31–39.
- Chen, K., Mei, J., Rehren, Th., Zhao, C. (2016). Indigenous production and interregional exchange: Late second-millennium BC bronzes from the Hanzhong basin, China. *Antiquity*, 90 351, 665–678.
- Chen, K., Rehren, Th., Mei, J., Zhao, C. (2009). Special alloys from remote frontiers of the Shang Kingdom: Scientific study of the Hanzhong bronzes from southwest Shaanxi, China. *Journal of Archaeological Science*, (36), 2108–2118.
- Chernykh, E.N. (1970). *The earliest metallurgy of the Urals and the Volga region*. Moscow: Nauka. (Rus.).
- Chernykh, E.N. (1992). *Ancient Mining and Metallurgy in the USSR. The Early Metal Age*. Cambridge: University Press.
- Chernykh, E.N., Kuzminykh, S.V. (1989). *Ancient metallurgy of Northern Eurasia*. Moscow: Nauka. (Rus.).
- Degtyareva, A.D. (2010). *History of metal production in the Southern Trans Urals in the Bronze Age*. Novosibirsk: Nauka. (Rus.).
- Epimakhov, A.V. (2020). Radiocarbon arguments for the Abashevo origin of the Sintashta traditions in the Bronze Age. *Ural'skiy istoricheskiy vestnik*, (4), 51–60. (Rus.).
- Fitzgerald-Huber, L.G. (1995). Qijia and Erlitou: the question of contacts with distant cultures. *Early China*, (20), 17–68.
- Grigoriev, S. (2015). *Metallurgical Production in Northern Eurasia in the Bronze Age*. Oxford: Archaeopress.

- Grigoriev, S.A. (2021a). The Problem of South Siberian Contacts in the Formation of Chinese Metallurgy of the Bronze Age. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, (471), 109–119. (Rus.).
- Grigoriev, S.A. (2021b). Penetration of Seima-Turbino tradition in China and development of tin alloying technology. *Multidisciplinarnye issledovaniya v arheologii*, (1), 3–21. (Rus.).
- Guo, Da-shun (1995). Northern-type bronze artifacts unearthed in the Liaoning region, and related issues. In: S.M. Nelson (Ed.). *The archaeology of Northeast China*. London: Routledge, 182–205.
- Ho, P.-T. (1975). *The Cradle of the East: An Inquiry into the Indigenous Origins of Techniques and Ideas of Neolithic and Early Historic China, 5000–1000 B.C.* Chicago: University of Chicago Press.
- Jin Zh. (2000). Natural Science Research of Erlitou Bronze and Exploration of Xia Civilization. *Cultural relics [文物]*, (1), 56–69. (China).
- Khavrin, S.V. (1997). Spectral analysis of Okunevo metal. In: D.G. Savinov, M.L. Podol'skii (Eds.). *Okunevskii sbornik: Kul'tura. Iskusstvo. Antropologiya*. St. Peterburg: Petro-RIF, 161–167. (Rus.).
- Khavrin, S.V. (2008). The oldest metal of the Sayan-Altai (Eneolithic — Early Bronze Age). *Izvestiya Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Istoriya*, (4/2), 210–216. (Rus.).
- Korochkova, O.N. Stefanov, V.I. Spiridonov, I.A. (2020). *Sanctuary of the first metallurgists of the Middle Urals*. Ekaterinburg: Ural'skij universitet.
- Lee, Y.K. (2002). Building the Chronology of Early Chinese History. *Asian Perspectives*, 41(1), 15–42.
- Li, Ch., Li, Y., Wang, L., Chen, K., Liu, S. (2019). Primary research on the bronze technology of Lower Xiajadian Culture in northeastern China. *Heritage Science*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0314-6>
- Li, M. (2018). *Social memory and state formation in Early China*. Cambridge: University press.
- Li, Sh. (2011). The Regional Characteristics and Interactions Between the Early Bronze Metallurgies of the Northwest and Central Plains. *Chinese Archaeology*, (6), 132–139.
- Li, Y., Chen, G., Qian, W., Chen, J., Wang, H. (2018). Research of the Metallurgical Remains in the Xitugou Site at Dunhuang. *Dunhuang Research*, (2), 131–140. (China).
- Li, Y., Chen, G., Qian, W., Wang, H. (2015). Research on the Smelting Relics of Zhangye Xichengyi Site. *Archaeology and Cultural Relics [考古与文物]*, (2), 119–128. (China).
- Li, Y., Du, N., Gao, Y. (2013). A preliminary study on copper smelting slag unearthed from Ying City relics in Laiwu City, Shandong Province, China. *Science of conservation and archaeology [文物保护与考古科学]*, (25, 2), 1–6. (China).
- Li, Y., Han, R., Bao, W., Chen, T. (1999). Research on the Remnants of Copper Furnace Wall in Niuheliang. *Zhang Wu [文物]*, (21), 44–51. (China).
- Li, Y., Li, J. (2013). Appendix I. Preliminary Study of Slag at the Site of Dalupu in Yangxin. In: *Cultural Sites-Excavation Report — Yangxin County — Shang and Zhou Period IV [文化遗址发掘报告-阳新县-商周时代IV]*. Beijing: Cultural Relics Press [北京: 文物出版社], 786–860. (China).
- Li, Y., Li, J. (2013a). Appendix II. Discovery and Analysis of Mining and Metallurgical Relics at Dalupu Site in Yangxin. In: *Cultural Sites-Excavation Report — Yangxin County — Shang and Zhou Period IV [文化遗址发掘报告-阳新县-商周时代IV]*. Beijing: Cultural Relics Press [北京: 文物出版社], 861–868. (China).
- Li, Y., Liu, H., Du, N., Cai, Q. (2012). A Preliminary Research of Slag Excavated at Shuzhuangtai, Zhengnan Ancient City Site. *Journal of National Museum of China [中国历史文物]*, (11), 126–131. (China).
- Linduff, K.M., Sun, Y., Cao, W., Liu, Y. (2017). *Ancient China and its Eurasian neighbors: Artifacts, Identity and Death in the Frontier, 3000–700 BCE*. Cambridge: University Press.
- Liu, J., Mei, J., Shao, A., Qiao, J., Ma, M., Hao, Zh. (2015). Shang Dynasty Bronze Artifacts Unearthed in Zizhou County, Shaanxi Province: Scientific Analysis and Related Issues. *Chinese Cultural Relics*, (3–4), 408–419.
- Liu, R., Bray, P., Pollard, A. M., Hommel, P. (2015). Chemical analysis of ancient Chinese copper-based objects: Past, present and future. *Archaeological Research in Asia*, (3), 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ara.2015.04.002>
- Liu, R., Pollard, A.M., Rawson, J., Tang, X., Bray, P., Zhang, Ch. (2019). Panlongcheng, Zhengzhou and the Movement of Metal in Early Bronze Age China. *Journal of World Prehistory*, (32), 393–428.
- Logvin, A.A., Shevnina, I.V. (2014). Burials of the Advanced Bronze Age, Khalvay mound 3. *Prehistory studies. Pontic area*. Mangalia: Gallasprint, 219–244.
- Loehr, M. (1956). *Chinese Bronze Age Weapons: The Werner Jannings Collection in the Chinese National Palace Museum, Peking*. Ann Arbor, Mich.: University of Michigan Press.
- Marchenko, Z.V., Svyatko, S.V., Molodin, V.I., Grishin, A.E., Rykun, M.P. (2017). Radiocarbon chronology of complexes with Seima-Turbino type objects (Bronze Age) in Southwestern Siberia. *Radiocarbon*, 1–17. <https://doi.org/10.1017/RDC.2017.24>
- Mei, J. (2000). *Copper and Bronze Metallurgy in Late Prehistoric Xinjiang: Its cultural context and relationship with neighbouring regions*. BAR International Series 865. Oxford: Archaeopress.
- Mei, J. (2003). Cultural Interaction between China and Central Asia during the Bronze Age. *Proceedings of the British Academy*, (121), 1–39.
- Mei, J., Wang, P., Chen, K., Wang, L., Wang, Y., Liu, Y. (2015). Archaeometallurgical studies in China: Some recent developments and challenging issues. *Journal of Archaeological Science*, (56), 221–232.

Развитие металлургии меди и медных сплавов в Китае во II тыс. до н.э.

Mei, J., Xu, J., Chen, K., Shen, L., Wang, H. (2012). Recent research on Early Bronze Metallurgy in North-west China. In: P. Jett, B. McCarty, J.G. Douglas (Eds.). *Scientific Research on Ancient Asian Metallurgy*. Washington: Freer Gallery of Arts, 37–46.

Molodin, V.I., Epimakhov, A.V., Marchenko, Zh.V. (2014). Radiocarbon chronology of cultures of the Bronze Age of the Urals and the south of Western Siberia: principles and approaches, achievements and problems. *Vestnik Novosibirskogo universiteta. Seriya Istoriya. Filologiya*, 13(3), 136–167. (Rus.).

Molodin, V.I., Komissarov, S.A., Solov'ev, A.I. (2016). Syba culture. In: A.P. Derevyanko (Ed.). *Istoriya Kitaya s drevnejshih vremen do nachala XXI veka. T. I: Drevnejshaya i drevnyaya istoriya (po arheologicheskim dannym): ot paleolita do V v. do n.e.* Moscow: Nauka: Vostochnaya literatura, 502–506.

Thorp, R.L. (2005). *China in the Early Bronze Age: Shang Civilization (Encounters with Asia)*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

Wang, L., Chen, F., Wang, Y., Qian, W., Mei, J., Martínón-Torres, M., Chen, K. (2019). Copper metallurgy in prehistoric upper Ili Valley, Xinjiang, China. *Archaeological and Anthropological Sciences*, (11), 2407–2417.

Wang, Q., Mei, J. (2009). Some observations on recent studies of bronze casting technology in ancient China. In: T.L. Kienlin, B.W. Roberts (Eds.). *Metals and societies*. Bonn: Habelt, 383–394.

Varyonov, A.V. (1981). On the dating of Siberian antiquities according to the chronological scale of East Asia. In: *Sibir' v proshlom, nastoyashchem i budushchem. Vyp: III. Istoriya i kul'tura narodov Sibiri: Tezisy dokladov i soobshchenij Vsesoyuznoj nauchnoj konferencii (13–15 oktyabrya 1981 g.)*. Novosibirsk: Rotaprint Upravleniya Delami SO AN SSSR, 54–55.

Varyonov, A.V. (1985). North-West China and the origins of Yin metallurgy. In: *Rerihovskie chteniya. 1984 god: Materialy konferencii*. Novosibirsk: GPNTB, 345–351.

Vasiliev, L.S. (1976). *Problems of the genesis of Chinese civilization*. Moscow: Nauka. (Rus.).

Wu, E. (2004). Issues concerning Northern Bronze cultures in China. In: X. Yang (Ed.). *New perspectives on China's past. Chinese archaeology in the twentieth century*. New Haven; London: Yale university press, 200–215.

Yang, X. (2004). Urban revolution in late prehistoric China. In X. Yang (Ed.). *New perspectives on China's past. Chinese archaeology in the twentieth century*. New Haven; London: Yale university press, 98–143.

Zhang, Sh., Yang, Y., Storozum, M.J., Li, H., Cui, Y., Dong, G. (2017). Copper smelting and sediment pollution in Bronze Age China: A case study in the Hexi corridor, Northwest China. *Catena*, (156), 92–101.

Zhang, X., Qiu, Sh., Cai, L., Bo, G., Wang, J., Zhong, J. (2008). Establishing and Refining the Archaeological Chronologies of Xinzhai, Erlitou and Erligang Cultures. *Chinese Archaeology*, (8), 197–210.

Григорьев С.А., <https://orcid.org/0000-0001-6633-8686>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Accepted: 03.03.2022

Article is published: 15.06.2022