

С.А. Комиссаров^{1, 2✉}, А.И. Соловьев¹

¹Институт археологии и этнографии СО РАН,
Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет,
Новосибирск, Россия
E-mail: sergai@mail.ru

Новые данные по вооружению терракотовой армии (технологический аспект)

В статье представлены итоги работы по изучению способов предохранения от коррозии бронзового оружия, найденного на территории Мавзолея Цинь Шихуанди. Еще в ходе первого сезона раскопок были обнаружены хорошо сохранившиеся предметы вооружения со следами хрома на поверхности. На основании этих находок было выдвинуто предположение о том, что циньские ремесленники уже знали процесс хромирования, когда защитная пленка наносилась путем погружения бронзового изделия в емкость с раствором солей хромовой кислоты. Однако подобная технология очень сложна, полностью ее освоить смогли лишь в начале XX в. Причем в качестве свидетельств существования такой технологии уже в период Цинь (конец II в. до н.э.) приводилось менее десятка единиц вооружения, что недостаточно для столь масштабных выводов. Поэтому уже в наши дни к поиску решения данной проблемы обратилась международная команда ученых под руководством Маркоса Мартинон-Торреса, профессора отделения археологии Кембриджского университета. В итоге проведенного мультидисциплинарного исследования было установлено, что следы хрома на поверхности оружия не связаны прямо с его сохранностью. Частицы этого металла содержались в лаковой гарнитуре (ножнях, накладках на рукоять и т.п.), откуда они проникали в состав бронзы. А в составе лака ионы хрома появились за счет обработки хромовыми квасцами, хорошо известными циньским мастерам-кожевникам, которые также могли применить их для ускорения полимеризации сока лакового дерева. Что же касается действительно хорошей сохранности найденного в раскопах бронзового оружия, то оно объясняется, в первую очередь, характеристиками почвы в районе Мавзолея (низкий уровень кислотности, мелкодисперсность, малое количество органики).

Ключевые слова: Мавзолей Цинь Шихуанди, терракотовая армия, бронзовое оружие, древние технологии.

S.A. Komissarov^{1,2✉}, A.I. Solovyev¹

¹Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State University
Novosibirsk, Russia
E-mail: sergai@mail.ru

New Data on the Weaponry of the Terracotta Army (Technological Aspect)

This article presents the results of studying protection methods against corrosion in bronze weapons which were found in the Mausoleum of Qin Shihuangdi. Even during the first season of excavations, well-preserved weapons with traces of chromium on the surface were discovered. Based on these findings, it was suggested that the Qin artisans knew the chromium plating process, when protective film was applied by immersing a bronze item in a container with solution of chromic acid salts. However, this technology is very complicated; it was fully mastered only in the early 20th century. Moreover, less than a dozen weapons were presented as examples of such a technology already in the Qin period (late 2nd century BC), which is not enough for such large-scale conclusions. Therefore, nowadays, an international team of scholars led by M. Martín-Torres attempted to find a solution to this problem. As a result of their multidisciplinary studies, it has been established that traces of chromium on the surface of weapons are not directly associated with its good preservation. Particles of this metal

were contained in lacquered fittings (scabbard, overlays on the handle, etc.), from where they penetrated into the composition of bronze. In the composition of lacquer, chromium ions appeared from treatment with chrome alum, well known to the Qin leatherworkers who could also use it for accelerating polymerization of lacquer tree sap. As far as really good preservation of bronze weapons found in the excavations is concerned, it was explained primarily by specific features of soil in the Mausoleum area (low acidity, fine dispersion, small amount of organic matter, etc.).

Keywords: *Mausoleum of Qin Shihuangdi, terracotta army, bronze weapons, ancient technologies.*

Мавзолей императора Цинь Шихуанди представляет собой уникальный по богатству археологический памятник, с неисчерпаемым источниковедческим потенциалом [Чжунго каогусюэ., 2010, с. 76–109]. Совместное нахождение самых различных объектов дает возможность для их комплексного мультидисциплинарного изучения, причем все чаще они исследуются в аспекте реконструкции древних технологий.

Важнейшее место среди многочисленных сооружений на территории мавзолея занимают три раскопа, заполненные терракотовыми статуями солдат и лошадей (некоторые подробности см.: [Комиссаров, Соловьев, 2020, с. 65–70]). Эта захороненная армия была вооружена реальным бронзовым оружием (см. рисунок). В ходе первых двух периодов раскопок обнаружено четыре клевца, наконечник копья (возможно, верхнее острие составного трезубца/*цзи*), 31 моргенштерн/*шу*, 16 ассагаев/*ни*, 24 меча, 158 спусковых механизмов для арбалетов и более 38 тыс. наконечников стрел (280 контейнеров по 100 стрел в каждом, плюс свыше 10 тыс. отдельных находок) [Юань Чжунъи, 2003, с. 66–77].

Такая диспропорция в составе оружейного набора объясняется, вероятно, тем, что, как указывал еще Сыма Цянь в «Исторических записках», мавзолей был ограблен повстанческой армией Сун Юя. Очевидно, повстанцы вытаскивали древковое и поясное оружие из-под верхних и средних слоев рухнувших перекрытий, но редко добирались до нижних, где осталась большая часть дистанционного оружия (арбалеты в положении «к ноге», с запасными контейнерами, которые лежали рядом, и отдельными стрелами, возможно, воткнутыми наконечником в землю перед стрелком, что способствовало скорострельности; во всяком случае, именно так показаны стрелы перед лучниками в батальных сценах, изображенных на знаменитом бронзовом сосуде из Шаньбяочжэнь). Возможно, по той же причине обнаружено сравнительно много (более 80) бронзовых втоков, надевавшихся на нижний конец древка клевцов и моргенштернов. В то же время, немалое количество оружия не крепилось к терракотовым статуям, а, вероятно, просто сбрасывалось вниз – ввиду чрезвычайной спешки, когда строители стремились выполнить хотя бы количественное насыщение траншей терракотой и брон-

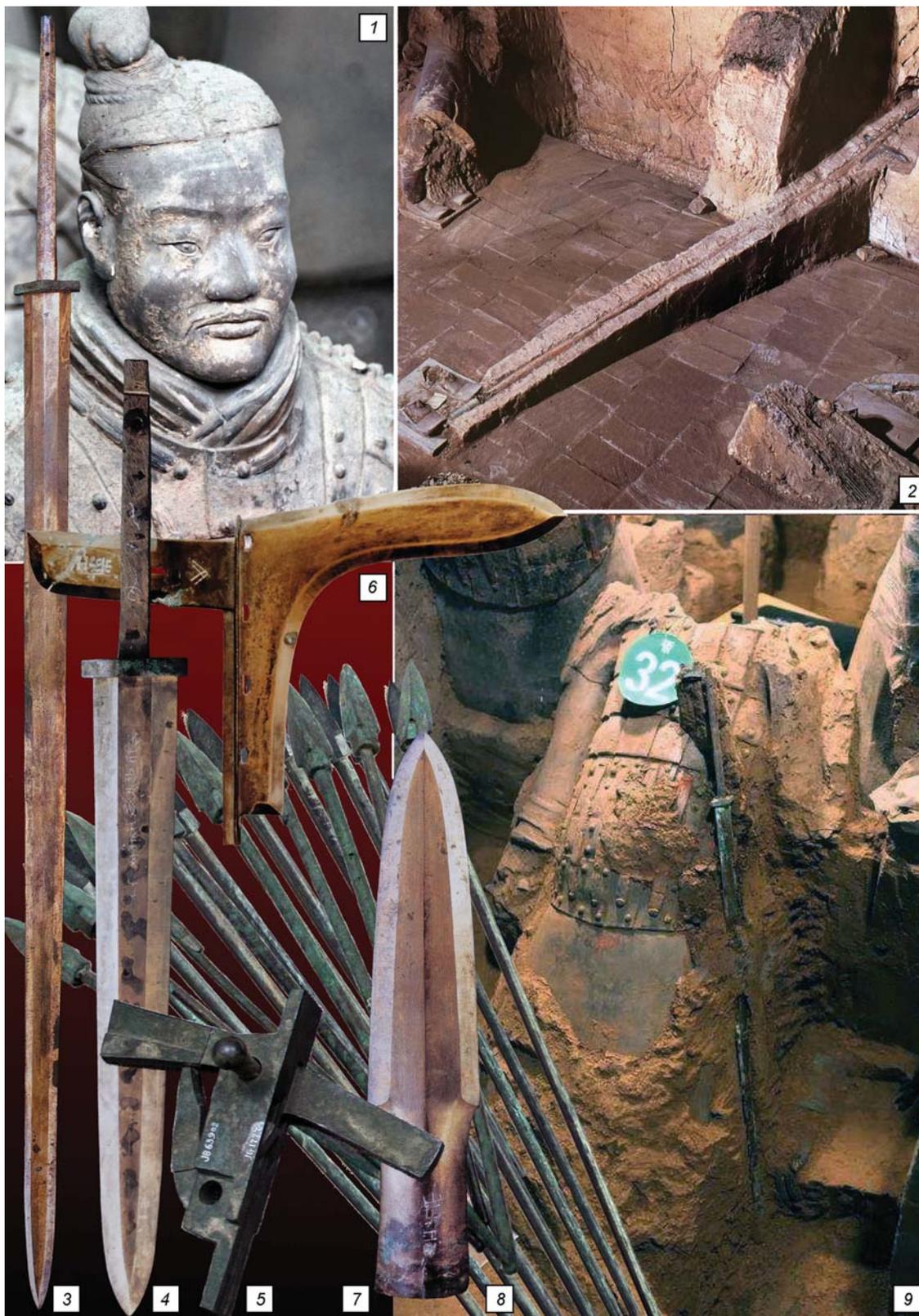
зой, нисколько не заботясь о качестве (подробнее см.: [Соловьев, Комиссаров, 2020, с. 33–34]).

Некоторые из предметов (мечи, наконечники стрел) выделялись своей прекрасной сохранностью, без малейших намеков на коррозию. Известно, что проблемы саморазрушения материала от взаимодействия с окружающей средой и борьбы с этими процессами возникли практически одновременно с переходом человечества в эпоху палеометалла. Поскольку первым металлом, получившим широкое распространение, была бронза (в разных вариантах), то именно на ее примере древние цивилизации изучали различные виды «болезней» этого сплава, способов их устранения и профилактики. Очень рано стали применяться разнообразные покрытия (масло, жир, лак, краска) [Walker, 1980]. Надежной защитой была так называемая «благородная патина» – многослойная поверхностная пленка, состоящая в основном из оксидов и карбонатов меди, а также олова и реже – других металлов, содержащихся в сплаве [Дронова, Портнов, 2017, с. 14–15].

Все эти средства были хорошо известны и ремесленникам Древнего Китая. Но в данном случае некоторые китайские археологи предположили использование нового способа защиты – хромирования [Ван Сюэли, 1980; 2008; Цун цинь юн., 2014]. На мече и наконечнике стрелы из траншеи № 1 выявили слой оксидов хрома толщиной ок. 10 мкм. Такой же слой был обнаружен на бронзовых наконечниках из ханьской могилы в Маньчэн. Как считал Ван Сюэли, хромовую руду (хромит железа) могли отжигать вместе с калиевой селитрой при температуре 800–1000 °С; таким образом экстрагировали хроматы и дихроматы, которые наносили на поверхность изделия.

Вывод ученых о том, что в борьбе с коррозией китайские ремесленники очередной раз более чем на 2 000 лет опередили западные технологии, вызвал немалый энтузиазм в научных и, особенно, околонучных кругах. Один журналист написал даже, что хромирование в Цинь осуществлялось с применением электрического тока [Су И, 2009]; но он не вспомнил, что для этого надо найти где-то рядом хотя бы небольшую электростанцию.

Другой автор опубликовал рассказ о таинственном методе химического хромирования бронзы,



Вооружение, найденное в раскопе № 1 в составе Мавзолея Цинь Шихуанди.

1 – воин терракотовой армии; 2 – бронзовый клевец с деревянной рукоятью; 3 – бронзовый меч; 4 – бронзовый ассагай-*ни*; 5 – бронзовый спусковой механизм для арбалета; 6 – бронзовый клевец; 7 – наконечник копья из бронзы; 8 – бронзовые стрелы (болты) для арбалетов; 9 – терракотовая фигура офицера императорской армии с бронзовым мечом в процессе расчистки.

Приводится по: 1 – раскоп № 1 Музея мавзолея Цинь Шихуанди, г. Сиань, фото А.И. Соловьева; 2, 4, 7 – [Цинь шихуан лин..., 2013, с. 97, 100, 102]; 3, 6 – [Ци цзи., 2002, с. 110, 108]; 5, 8 – экспозиция Исторического музея пров. Шэньси, г. Сиань, фото А.И. Соловьева; 9 – депозитарий еженедельника «Чжунго вэнь бао». Таблицу подготовил к печати А.И. Соловьев.

открытого циньскими оружейниками, но впоследствии утраченном, поскольку бронзовое оружие было вытеснено железным [Шицзешан., 2018].

Но, по сути, тот же процесс пытались реконструировать и в научных публикациях. Было выдвинуто предположение, что пленка наносилась путем погружения бронзового изделия (меча или наконечника стрелы) в емкость с раствором солей хромовой кислоты. Однако данный процесс, известный под названием хроматное конверсионное покрытие, обладает довольно сложной технологией. Современная промышленность освоила его в начале XX в., когда потребовалась особая защита для медно-алюминиевого сплава, востребованного в авиастроении, поскольку медь заметно снижала сопротивляемость этого сплава к природной коррозии. Хроматы и дихроматы активно применялись для создания защитной пленки во время Второй мировой войны, поскольку применение авиации на просторах океана и в тропическом климате создавало дополнительные сложности в борьбе с разрушением металла. Толщина получаемой пленки первоначально составляла порядка 6 мкм, впоследствии была доведена до 1 мкм. В настоящее время в промышленности повсеместно отказываются от применения хроматов и дихроматов из-за их высокой токсичности [Buchheit, 2002, p. 430–431; Pokorny, Tej, Szelag, 2016].

И хотя многие китайские археологи искренне считали, что их далекие предки уже знали столь сложную технологию, но в научном сообществе в целом формировалось убеждение о необходимости проверки этой гипотезы. Такая работа была выполнена большим коллективом британских, китайских и кипрских ученых под руководством Маркоса Мартинон-Торреса, профессора отделения археологии Кембриджского университета [Martínón-Torres et al., 2019].

Прежде всего, эта команда существенно увеличила количество изученных образцов. Ранее, помимо меча, было исследовано 10 экз. оружия из Мавзолея, покрытых пленкой, причем только у одного наконечника стрелы выявлено высокое содержание хрома (см.: [Комиссаров, Хачатурян, 2010, с. 28–29]). Сейчас же ученые изучили 464 экз. оружия и его частей (в основном это были наконечники стрел и арбалетные болты, но также мечи, втоки и спусковые механизмы арбалетов) и только на 37 предметах выявили следы хрома. Причем, во-первых, наличие хрома на поверхности не коррелировало с хорошим состоянием находки; во-вторых, концентрация следов хрома приходилась на те части оружия, которые соприкасались с деревянными деталями, покрытыми лаком (накладки на рукоять, ножны, ложа арбалетов). Вероятно, хром

попал на поверхность металла из лакового покрытия. Известно, что для получения покрытия с оптимальными свойствами необходимо насыщение сока лакового дерева ионами металлов – таких, как медь, железо, марганец. «Его достигали, выдерживая сок в металлических сосудах либо перемешивая его металлической палочкой» [Новикова, Степанова, Хаврин, 2013, с. 118]. Однако ионы хрома, скорее всего, попали в состав лака другим путем – за счет обработки хромовыми квасцами $KCr(SO_4)_2$. Их широко применяли при обработке кожи в качестве дубильного реагента, и циньские ремесленники вполне могли воспользоваться ими для ускорения полимеризации сока лакового дерева. И хотя, по выражению Роберта Муровчика, директора Центра азиатских исследований Бостонского университета, сама по себе идея о намеренном добавлении хрома в бронзовые изделия для предотвращения коррозии не является столь уж дикой (см.: [Pinkowski, 2019]), но с учетом новых данных от нее приходится отказаться.

Что же касается хорошей сохранности некоторых бронзовых изделий, то по мнению профессора Мартинон-Торреса и его коллег, причиной того стали особые характеристики почвы, в которой они находились. Почва в районе Мавзолея отличается очень низкой кислотностью (значение pH между 8,1 и 8,5), мелкодисперсностью, малым количеством органических веществ. Именно эти качества уменьшают уровень коррозии. Свою гипотезу авторский коллектив подтвердил экспериментально, помещая образцы бронзы с идентичным составом в почвы с разными характеристиками и сопоставляя результаты. Земля в районе траншеи № 1, как и ожидалось, способствовала отличной сохранности образцов.

Таким образом, ученым удалось предложить хорошо обоснованное решение одной из загадок Мавзолея Первого циньского императора. Добавим только: одной из многих загадок. Их решение – задача для будущих исследований. И в том числе – для проектов, требующих самостоятельного изучения: удивительной сохранности знаменитых минусинских бронз и изделий сейминско-турбинского круга, продуктивный анализ которых в наши дни приобретает особую актуальность не только в связи с использованием возможностей новых естественнонаучных методов, но и с учетом сопоставительного использования опыта зарубежных коллег.

Список литературы

Ван Сюэли. Цинь юн кэн цинтун цзянь хэ цинтун цзу (Бронзовые мечи из раскопа с циньскими терракотовыми

воинами и бронзовые наконечники стрел) // Сибэй да-сюэ сюэбао (чжэсюэ шэхуй кэсюэ бань). – 1980. – № 1. – С. 107 (на кит. яз.).

Ван Сюэли. Цинь хань каогу вэньсюань (Избр. статьи по археологии династий Цинь и Хань). – Сиань: Сань цинь чубаньшэ, 2008. – 431 с. (на кит. яз.).

Дронова Н.Д., Портнов А.М. Признаки древности китайских бронзовых сплавов // Природа. – 2017. – № 11. – С. 11–17.

Комиссаров С.А., Соловьев А.И. Пополнение для терракотовой армии Первого императора // Актуальные вопросы изучения истории, международных отношений и культур стран Востока. – Новосибирск: ИПЦ Новосибир. гос. ун-та, 2020. – С. 65–73.

Комиссаров С.А., Хачатурян О.А. Мавзолей императора Цинь Шихуанди: Учеб. пособие. – Новосибирск: ИПЦ Новосибир. гос. ун-та, 2010. – 216 с.

Новикова О.Г., Степанова Е.В., Хаврин С.В. Изделия с китайским лаком из пазырыкской коллекции Государственного Эрмитажа // Теория и практика археологических исследований. – 2013. – Т. 7, № 1. – С. 112–124. – doi:10.14258/tpai(2013)1(7).-07

Соловьев А.И., Комиссаров С.А. Была ли готова к небесным сражениям терракотовая армия Первого циньского императора? // Шелковый путь: историческое наследие и современное развитие. – Новосибирск: ИПЦ Новосибир. гос. ун-та, 2020. – С. 30–39.

Су И. Бинмаюн цинтун цзянь цзиньюн дяньцзы дугэ (Для бронзовых мечей терракотовой армии, оказывается, применяли хромирование электротоком) // Кэ хай гуши болань. – 2009. – № 17. – С. 13 (на кит. яз.).

Цинь шихуанди лин чжэньбао (Сокровища Мавзолея Цинь Шихуанди). – Сиань: Шэньси люйю чубаньшэ, 2013. – 152 с. (на кит. яз.).

Ци цзи: цинь шихуан лин*бинмаюн (Чудо Мавзолея Цинь Шихуана: терракотовые фигуры воинов и лошадей). – Сиань: Шэньси жэньминь чубаньшэ, 2002. – 160 с. (на кит. яз.).

Цун цинь юн чуту цзяньцзу кань циньдай цинтун чжужцао цзишу (Техника бронзового литья при династии Цинь рассмотренная [на материалах] наконечников стрел, раскопанных с циньскими терракотовыми фигурами) // Baidu wenku (свободный депозитарий текстов). – 27.05.2014. – С. 1–7. – URL:https://wenku.baidu.com/view/29917e1ead02de80d5d8402c.html (дата обращения: 01.09.2021) (на кит. яз.).

Чжунго каогусюэ: Цинь хань цзюань (Археология Китая: Периоды Цинь и Хань / Отв. ред. Лю Цинчжу, Бай Юньсян). – Пекин: Чжунго шэхуй кэсюэ чубаньшэ, 2010. – 1027 с. (на кит. яз.).

Шицзешан цзуйцаодэ дугэ цзишу: цинь юн цинтун бинци дугэ цзишу (Самая ранняя техника хромирования в мире: техника хромирования бронзового оружия циньских терракотовых воинов) // Центр новостей Всежит. информ. портала SINA. – 14.08.2018. – URL:http://k.sina.

com.cn/article_6515377819_18458c69b00100a916.html (дата обращения: 01.09.2021) (на кит. яз.).

Юань Чжуньи. Цинь бинмаюн кэн (Циньские ямы с терракотовыми воинами и лошадьми). – Пекин: Вэнью чубаньшэ, 2003. – 213 с. (на кит. яз.).

Buchheit R.G. Conversion coating science and technology – is it evolving or is it stuck? // *Corrosion Science: A Retrospective and Current Status in Honor of Robert P. Frankenthal: Proceedings of the International symposium.* – Pennington, NJ: The Electrochemical Society Inc., 2002. – P. 430–440. – (Electrochemical Society Proceedings. Vol. 13).

Martinón-Torres M., Li Xiuzhen, Xia Yin, Benzonelli A., Bevan A., Ma Shengtao, Huang Jianhua, Wang Liang, Lan Desheng, Liu Jiangwei, Liu Siran, Zhao Zhen, Zhao Kun, Rehren T. Surface chromium on Terracotta Army bronze weapons is neither an ancient anti-rust treatment nor the reason for their good preservation // *Scientific Reports.* – 2019. – Vol. 9, article number 5289. – P. 1–11. – doi:10.1038/s41598-019-40613-7

Pinkowski J. Ancient advanced weapon technology theory debunked by new research // *National Geographic* (online). – 04.04.2019. – URL:https://www.nationalgeographic.com/culture/article/ancient-terracotta-warrior-chrome-weapon-theory-debunked (дата обращения: 01.09.2021).

Pokorny P., Tej P., Szelag P. Chromate conversion coatings and their current application // *Metalurgija.* – 2016. – Vol. 55, no. 2. – P. 253–256.

Walker R. Corrosion and preservation of bronze artifacts // *Journal of Chemical Education.* – 1980. – Vol. 57, no. 4. – P. 277–280.

References

Buchheit R.G. Conversion coating science and technology – is it evolving or is it stuck? In *Corrosion Science: A Retrospective and Current Status in Honor of Robert P. Frankenthal: Proceedings of the International symposium.* Pennington, NJ: The Electrochemical Society Inc., 2002. P. 430–440. (Electrochemical Society Proceedings. Vol. 13).

Cong Qin yong chutu jianzu kan Qindai qingtong zhuzao jishu (Qin dynasty's technique of bronze casting as it seen on the arrowheads, excavated together with Qin terracotta figures). *Baidu wenku*, 27.05.2014. P. 1–7. URL:https://wenku.baidu.com/view/29917e1ead02de80d5d8402c.html (Accessed: 01.09.201). (In Chin.).

Dronova N.D., Portnov A.M. Priznaki drevnosti kitaiskikh bronzovykh splavov. *Priroda*, 2017, no. 11. P. 11–17. (In Russ.).

Komissarov S.A., Solovyev A.I. Popolnenie dlya terrakotovoï armii Pervogo imperatora. In *Aktual'nye voprosy izucheniya istorii, mezhdunarodnykh otnoshenii i kul'tur stran Vostoka.* Novosibirsk: Novosibirsk State Univ. Press, 2020. P. 65–73. (In Russ.).

Komissarov S.A., Khachaturyan O.A. Mavzolei imperatora Qin Shihuangdi: Ucheb. posobie. Novosibirsk: Novosibirsk State Univ. Press, 2010, 216 p. (In Russ.).

Liu Qingzhu, BaiYunxiang (eds.). *Zhongguo kaoguxue: Qin Han quan (Chinese Archaeology: Qin and Han)*. Beijing: China Social Sciences Press, 2010, 1027 p. (In Chin.).

Martinón-Torres M., Li Xiuzhen, Xia Yin, Benzonelli A., Bevan A., Ma Shengtao, Huang Jianhua, Wang Liang, Lan Desheng, Liu Jiangwei, Liu Siran, Zhao Zhen, Zhao Kun, Rehren T. Surface chromium on Terracotta Army bronze weapons is neither an ancient anti-rust treatment nor the reason for their good preservation. *Scientific Reports*, 2019. Vol. 9, article number 5289. P. 1–11. doi:10.1038/s41598-019-40613-7

Novikova O.G., Stepanova E.V., Khavrin S.V. Izdeliya s kitaiskim lakom iz pazyrykskoi kollektzii Gosudarstvennogo Ermitazha. *Teoriya i praktika arheologicheskikh issledovaniy*, 2013. Vol. 7, no. 1. P. 112–124. (In Russ.) doi:10.14258/tpai(2013)1(7).-07

Pinkowski J. Ancient advanced weapon technology theory debunked by new research. *National Geographic (online)*, 04.04.2019. URL:https://www.nationalgeographic.com/culture/article/ancient-terracotta-warrior-chrome-weapon-theory-debunked (Accessed: 01.09.2021).

Pokorny P., Tej P., Szelag P. Chromate conversion coatings and their current application. *Metallurgija*, 2016. Vol. 55, no. 2. P. 253–256.

Qin Shihuangdi ling zhenbao (Treasures of the Mausoleum of the First Qin emperor). Xian: Shaanxi lüyouchubanshe, 2013, 152 p. (In Chin.).

Qi ji: Qin Shihuang ling*bingmayong (A great wonder: Emperor Qin Shihuang's mausoleum & its terra-cotta warriors and horses). Xian: Shaanxi renmin chubanshe, 2002, 160 p. (In Chin.).

Shijieshang zuizaode duge jishu: Qin yong qingtong bingqi duge jishu (The most ancient technique of chrome plating of the Qin terracotta warriors' bronze weapons) // *News Centre of All-China inform-portal SINA*, 14.08.2018. URL:http://k.sina.com.cn/article_6515377819_18458c69b00100a916.html (Accessed: 01.09.2021). (In Chin.).

Solovyev A.I., Komissarov S.A. Byla li gotova k nebesnym srazheniyam terrakotovaya armiya Pervogo tsin'skogo imperatora? In *Shelkovyi put': istoricheskoe nasledie i sovremennoe razvitie*. Novosibirsk: Novosibirsk State Univ. Press, 2020. P. 30–39. (In Russ.).

Su Yi. Bingmayong qingtong jian jinyong dianziduge (Electro chrome plating appeared to be used for bronze swords of terracotta army). *Ke hai gushi bolan*, 2009, no. 17. P. 13 (In Chin.).

Walker R. Corrosion and preservation of bronze artifacts. *Journal of Chemical Education*, 1980. Vol. 57, no. 4. P. 277–280.

Wang Xueli. Qin yong keng qingtong jian he qingtong zu [Bronze swords from the pit with Qin terracotta warriors and bronze arrowheads]. *Xibei daxue xuebao (zhixue shehui kexue ban)*, 1980, no. 1. P. 107. (In Chin.).

Wang Xueli. Qin han kaogu wenxuan [Selected papers on archaeology of Qin and Han Dynasties]. Xian: San Qin chubanshe, 2008, 431 p. (In Chin.).

Yuan Zhongyi. Qin bingmayong keng (Qin Dynasty's pits with terracotta warriors and horses). Beijing: Wenwu chubanshe, 2003, 213 p. (In Chin.).

Комиссаров С.А. <https://orcid.org/0000-0002-7657-054x>
Соловьев А.И. <https://orcid.org/0000-0003-3891-8944>