



Абсолютная хронология синташтинской эпохи

Станислав Аркадьевич Григорьев

Институт истории и археологии УрО РАН, Челябинск, Россия

E-mail: stgrig@mail.ru

Аннотация. Существует известная разница между радиоуглеродными датами, и датами, основанными на исторической хронологии, и сегодня повсеместно принятыми являются именно радиоуглеродные даты несмотря на то, что исторические даты подтверждаются дендрохронологией. Имеется представление о том, что по мере увеличения количества современных AMS дат и совершенствования метода его недостатки будут преодолены. В настоящее время наиболее хорошо датированной культурой Северной Евразии является синташтинская, чей радиоуглеродный интервал составляет 2040–1740 гг. до н.э. Однако в системе Средней хронологии Месопотамии она датируется в пределах 1740–1600 гг. до н.э., не попадая даже в этот вероятностный интервал, и это провоцирует недоверие к интервалу, построенному на исторической хронологии. Для решения проблемы была показана система иных культур этого периода (доно-волжская абашевская, раннесрубная, срубная, алакульская, сейминско-турбинские комплексы) и последовательность событий, приводивших к тем или иным культурным трансформациям. Эти события были привязаны к 11 независимым друг от друга источникам, которые можно использовать для построения хронологии: гляциохронологиям Гренландии и Антарктиды, дендрохронологиям юго-запада США, Северной Европы, Альпийской зоны, Анатолии и Ямала, историческим хронологиям Египта, Месопотамии и Китая, а также байесовской статистике AMS дат. Все они хорошо согласуются друг с другом и позволяют построить хорошо сбалансированную хронологическую систему, в которой каждый этап начинается с определенного хорошо датированного события: около 1740 г. до н.э. – формирование синташтинской культуры, 1654/1650 г. до н.э. – распространение сейминско-турбинской традиции в Центральную Европу, 1628 г. до н.э. – формирование доно-волжской абашевской культуры, около 1600 г. до н.э. – начало раннесрубной культуры, 1560 г. до н.э. – формирование классических этапов срубной и алакульской культур. Причиной удревления радиоуглеродных интервалов является формирование вулканических стратосферных аэрозолей, препятствующих образованию изотопа ^{14}C в верхних слоях атмосферы.

Ключевые слова: бронзовый век, Евразия, дендрохронология, историческая хронология, извержения, миграции

Цитирование. Григорьев С.А., 2026. Абсолютная хронология синташтинской эпохи, *Уфимский археологический вестник*, т. 26, №2, с. 293–311. <https://doi.org/10.31833/uav/2026.26.2.017>

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств субсидии на финансовое обеспечение выполнения гос. задания ИИиА УрО РАН; тема «Культурное пространство Урала: археологические и этнологические исследования», рег. номер 124032100052–6

Absolute chronology of the Sintashta Era

Stanislav A. Grigoriev

Institute of History and archeology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Chelyabinsk, Russia

E-mail: stgrig@mail.ru

Abstract. There is a well-known difference between radiocarbon dates and dates based on historical chronology. Today radiocarbon dates are generally accepted, although historical dates are supported by dendrochronology. There is a belief that as the number of modern AMS dates increases and the method is refined, its shortcomings will be overcome. At present, the best-dated culture of northern Eurasia is Sintashta, whose radiocarbon interval is 2040–1740 BC. However, in the Middle Chronology of Mesopotamia it is dated within 1740–1600 BC, not even falling within this probable interval, and this provokes mistrust of the interval based on historical chronology. To solve the problem, the research demonstrates a system of synchronous cultures of this period (Don-Volga Abashevo, Early Srubnaya, Srubnaya, Alakul, Seima-Turbino complexes) and a sequence of events leading to certain cultural transformations. These events are tied to 11 independent sources for constructing

a chronology: glaciochronology of Greenland and Antarctica, dendrochronologies of the southwestern United States, Northern Europe, the Alpine zone, Anatolia and Yamal, historical chronologies of Egypt, Mesopotamia and China. As a result, all of them are in alignment with each other and allow constructing a well-balanced chronological system. Within the system each stage begins with a certain well-dated event: ca. 1740 BC – Sintashta formation, 1654/1650 BC – spread of the Seima-Turbino tradition to Central Europe, 1628 BC – formation of the Don-Volga Abashevo culture, ca. 1600 BC – beginning of the Early Srubnaya culture, 1560 BC – formation of the classical stages of the Srubnaya and Alakul cultures. The reason for the older radiocarbon intervals is volcanic stratospheric aerosols which prevent ^{14}C isotope from forming in the upper layers of the atmosphere.

Keywords: Bronze Age, Eurasia, dendrochronology, historical chronology, eruptions, migrations

Citation. Grigoriev, S.A., 2026, "Absolute chronology of the Sintashta Era", *Ufa Archaeological Herald*, vol. 26, no. 2, pp. 293–311. (In Russ.) <https://doi.org/10.31833/uav/2026.26.2.017>

Funding. The study was done with the financial support of the state assignment of the Institute of Archaeology and Archaeology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; "The Cultural Space of the Urals: Archaeological and Ethnological Research," registration number 124032100052–6.

Введение

Хронологическая позиция той или иной культуры является базовой для понимания культурогенеза и иных проблем, изучаемых археологией. В настоящее время основой хронологических исследований является радиоуглеродный метод. К сожалению, интервалы дат, полученных ранее на основе LSC метода, очень удревлены и крайне широки, что вызывает неоправданное стремление использовать более короткие интервалы, рассчитанные с низкой вероятностью 68,2%. Поэтому их было бы благоразумнее не приводить вовсе. Современные AMS анализы, сделанные на ускорительной технике, дают более молодые и короткие диапазоны дат, но это лишь вероятностные интервалы, в которые период существования той или иной культуры должен попадать. Тем не менее, это формирует надежду на то, что со временем эта проблемная ситуация будет преодолена. Точное совпадение исторических хронологий Китая, Месопотамии, Египта с дендрохронологией различных регионов и с гляциохронологией указывает на то, что эти хронологические системы корректны, а радиоуглеродный анализ дает удревленные интервалы [Grigoriev, 2023a]. Результаты последнего станут достоверными лишь тогда, когда они совпадут или максимально приблизятся к перечисленным выше хронологическим системам.

На первый взгляд, надежды на это есть. Этот дрейф происходит по мере совершенствования калибровочной шкалы и резкого увеличения современных дат с высоким разрешением. Но это происходит лишь в тех случаях, когда мы имеем относительно крутой отрезок калибровочной кривой. В иных ситуациях, особенно в случае наличия «плато» калибровочной кривой, ситуация менее оптимистична. Ярким примером этому является хронология синташтинской культуры, поскольку она обеспечена самым большим для Северной Евразии количеством современных радиоуглеродных дат, при этом очень качественно отобранных (с удалением недостоверных дат) и обработанных

современными статистическими методами. В результате, для этой культуры был получен интервал 2040–1740 гг. до н.э. (95,4% вероятности) [Епимахов, 2020. С. 55, 56]. Но она не могла существовать 300 лет. Все ее поселения хорошо известны, и на многих производились раскопки. Они показали, что на поселениях имели место максимум две или три перестройки. В аналогично устроенных жилищах культуры Террамар в Северной Италии перестройки и капитальные ремонты производились каждые 35 лет, что надежно установлено дендрохронологией [Vanzetti, 2013. P. 271]. Соответственно, длительность существования синташтинских городищ (если брать лишь собственно синташтинскую фазу) может оцениваться в пределах 100–140 лет. Применение байесовской статистики к датам двух городищ, Устье и Каменный Амбар, показало, что длительность их существования укладывается в периоды соответственно 100 и 40–90 лет [Чечушков, Молчанова, Епимахов, 2020. С. 14, 15; Чечушков, Епимахов, 2021. С. 47, 54]. Учитывая, что радиоуглеродный интервал 2040–1740 гг. до н.э. является лишь общей рамкой, куда должен попадать реальный интервал культуры, мы можем предположить, что последний должен соответствовать какой-то его части, возможно более молодой, и реальная дата будет, например, 1880–1740 гг. до н.э. Однако привязки к месопотамской и микенской (а через нее к египетской) хронологии показывают, что интервалом существования культуры является 1740–1600 гг. до н.э. [Григорьев, 2015. С. 145], соответственно, ее нижняя дата располагается там, где в самом комплементарном для радиоуглеродной хронологии варианте располагается ее верхняя дата. Это может спровоцировать подозрение в том, что некорректной является именно дата, основанная на исторической хронологии. Поэтому задача данной статьи – показать основания этой датировки синташтинской культуры, но на более широком фоне, с датировками в той же системе иных синхронных комплексов, что позволит избежать случайных совпадений и выводов, основанных на единичных параллелях.

Методика установления связи с абсолютной хронологией для комплексов, удаленных от регионов с данными по исторической хронологии и дендрохронологии

Возможность привязать материалы Волго-Уральского региона к материалам регионов, где хронология основана на исторических данных или годовых кольцах деревьев, возможна лишь на основе типологических сопоставлений. Однако эти регионы очень удалены. Кроме того, отдельные типы артефактов могут иметь разную продолжительность существования даже в сопредельных регионах. Поэтому их использование будет давать нам тоже вероятностные хронологические интервалы разной длительности для каждого частного случая. Единственным точным репером является время первого появления какого-то нового типа в результате миграции. Миграции всегда были вынужденным процессом, стимулированным какими-то климатическими или политическими событиями. Для решения проблем хронологии наиболее важны миграции, которые происходят одновременно в разных регионах Евразии, будучи вызваны резкими разовыми климатическими изменениями глобального характера. Таковыми, как правило, были крупные вулканические извержения плинианского типа, когда изверженные продукты достигали стратосферы, провоцируя эффект вулканической зимы продолжительностью от двух до четырех лет. Они обязательно вызывали культурные трансформации и/или миграции в разных регионах планеты. В частности, для последних 2500 лет вулканические сигналы в ледяных кернах

были синхронизированы с дендрохронологией, и было показано, что наиболее крупные миграции периода Великого переселения народов совпадают с бурной вулканической активностью [Sigl et al., 2015]. Синхронизация этих событий на основе типологического анализа позволяет установить точную дату той или иной культурной трансформации, связанную с абсолютной хронологией вулканического события (см. подробнее: [Григорьев, 2024]).

Извержения подобного масштаба довольно редки, не всегда надежно датированы, но для рассматриваемого периода установлены и хорошо привязаны к дендрохронологии и гляциохронологии Гренландии и Антарктиды три вулканических события: извержения неизвестного вулкана в 1654 г. до н.э., вулкана Аниакчак II на Аляске в 1628 г. до н.э. и Санторина в 1560 г. до н.э. (рис. 1). Извержение Санторина было самым значимым по выбросу пепла, но первые два отличались наибольшей эмиссией серы [Pearson et al., 2022]. Из вулканических продуктов на археологических памятниках можно установить лишь отложение пепла, которое происходит в сравнительно ограниченном регионе, так как его частицы не поднимаются очень высоко. Основные климатические проблемы создают сульфатные аэрозоли в стратосфере (а именно они ответственны за формирование аэрозольного экрана, задерживающего солнечные лучи), которые, в принципе, могут оседать на поверхность, но будут неизбежно промываться. Некоторые химические элементы в древесных кольцах тоже могут указывать на связь с тем или иным извержением [Pearson et al., 2005; 2020]. По-

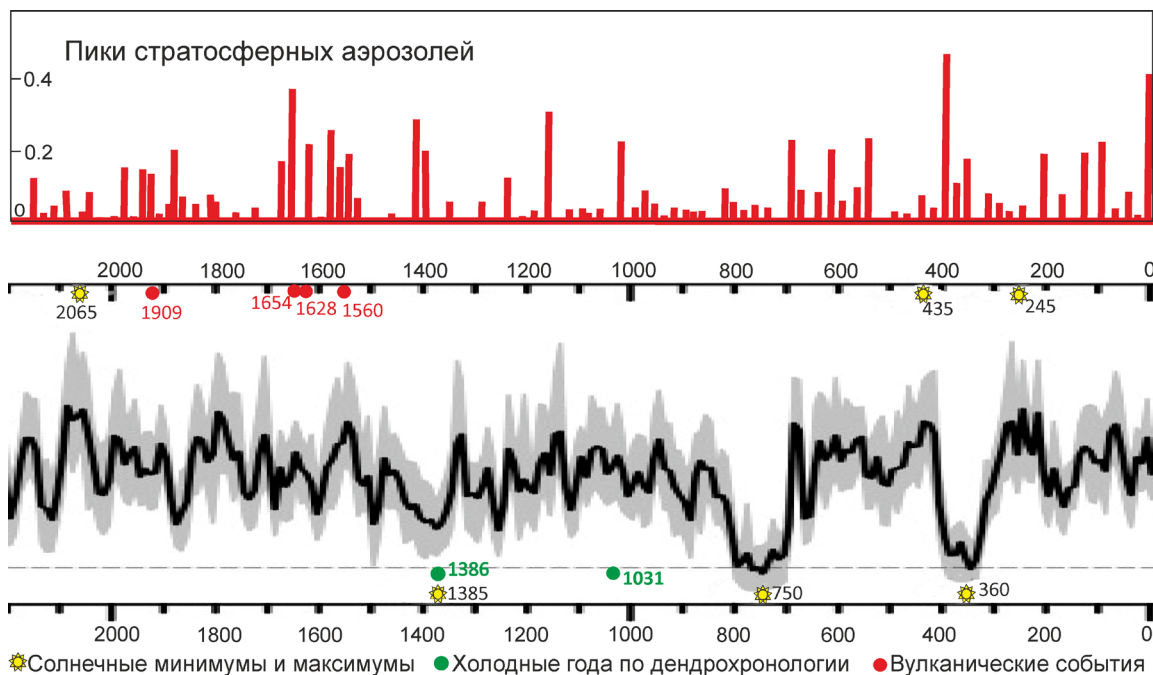


Рис. 1. Солнечная активность, солярные минимумы и максимумы во II–I тыс. до н.э. Глобальная среднегодовая оптическая толщина отложений стратосферных аэрозолей (SAOD) (по: [Grigoriev, 2024. Fig. 2])
Fig. 1. Solar activity, solar minima and maxima in II–I millennia BC. Stratospheric aerosol optical depth (SAOD) (acc. to: [Grigoriev, 2024. Fig. 2])

тенциально это можно использовать при анализе дерева из синташтинских колодцев, но подобные исследования пока не проводились.

В данном анализе мы используем стандартный археологический подход: установление относительной периодизации культурных комплексов на основе типологических и стратиграфических данных, синхронизация культурных трансформаций в разных регионах и установление их связи с приведенными выше вулканическими событиями.

Относительная хронология синташтинской культуры

Подавляющая часть синташтинских культурных черт имеет параллели в Сиро-Анатолийском регионе (рис. 2; 3), что обусловлено миграцией создателей этой культуры оттуда. Это позволяет привязаться к исторической хронологии Месопотамии. Существует три хронологии Месопотамии: короткая, средняя и длинная. Однако в последние

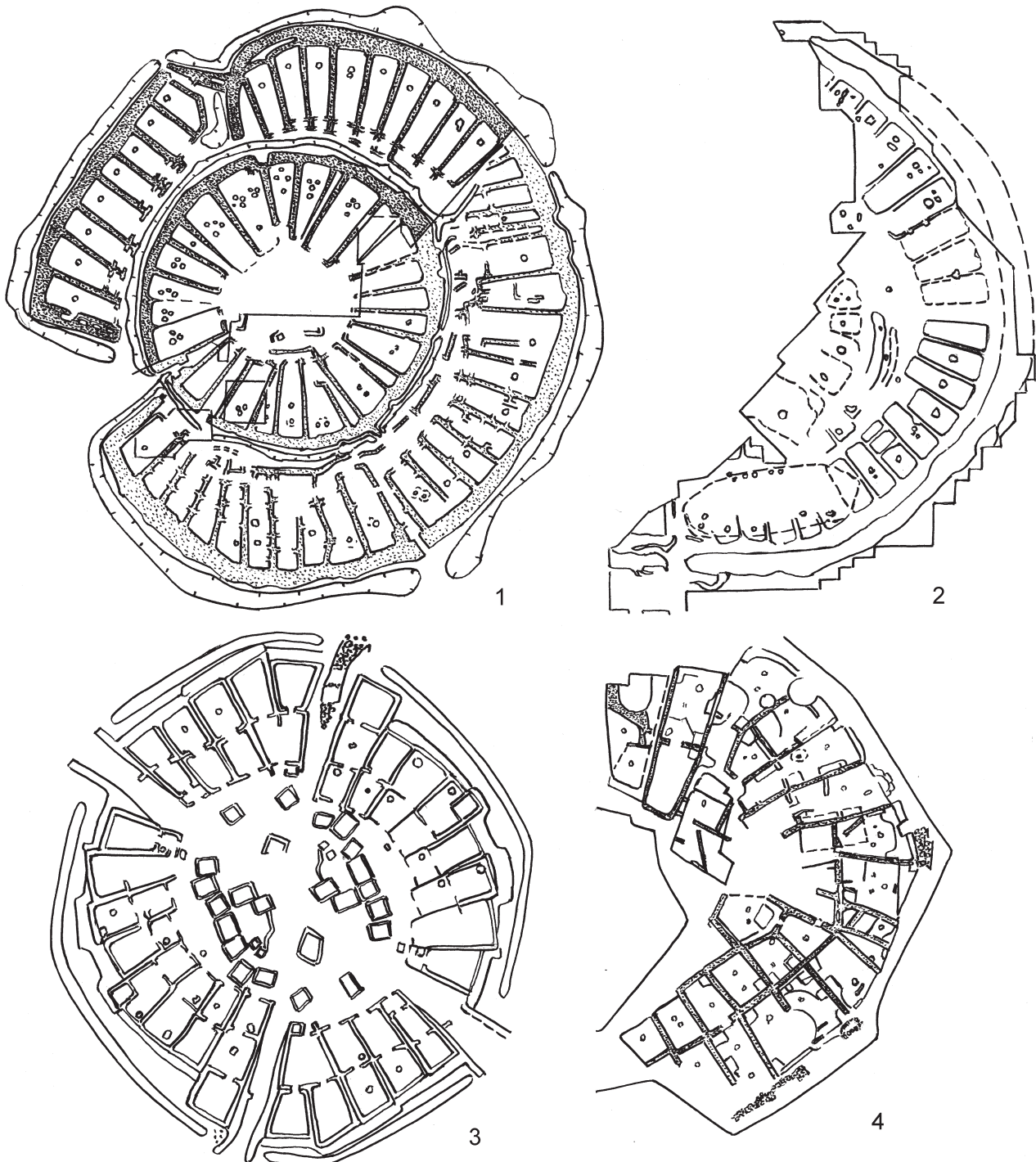


Рис. 2. Синташтинская архитектура (1, 2) и ее анатолийские аналоги (3, 4):
1 – Аркаим; 2 – Синташта; 3 – Демирчихёйюк; 4 – Пулур (по: [Grigoriev, 2021b])
Fig. 2. Sintashta architecture (1, 2) its Anatolian equivalents (3, 4):
1 – Arkaim; 2 – Sintashta; 3 – Demirci Hüyük; 4 – Pular (acc. to: [Grigoriev, 2021b])

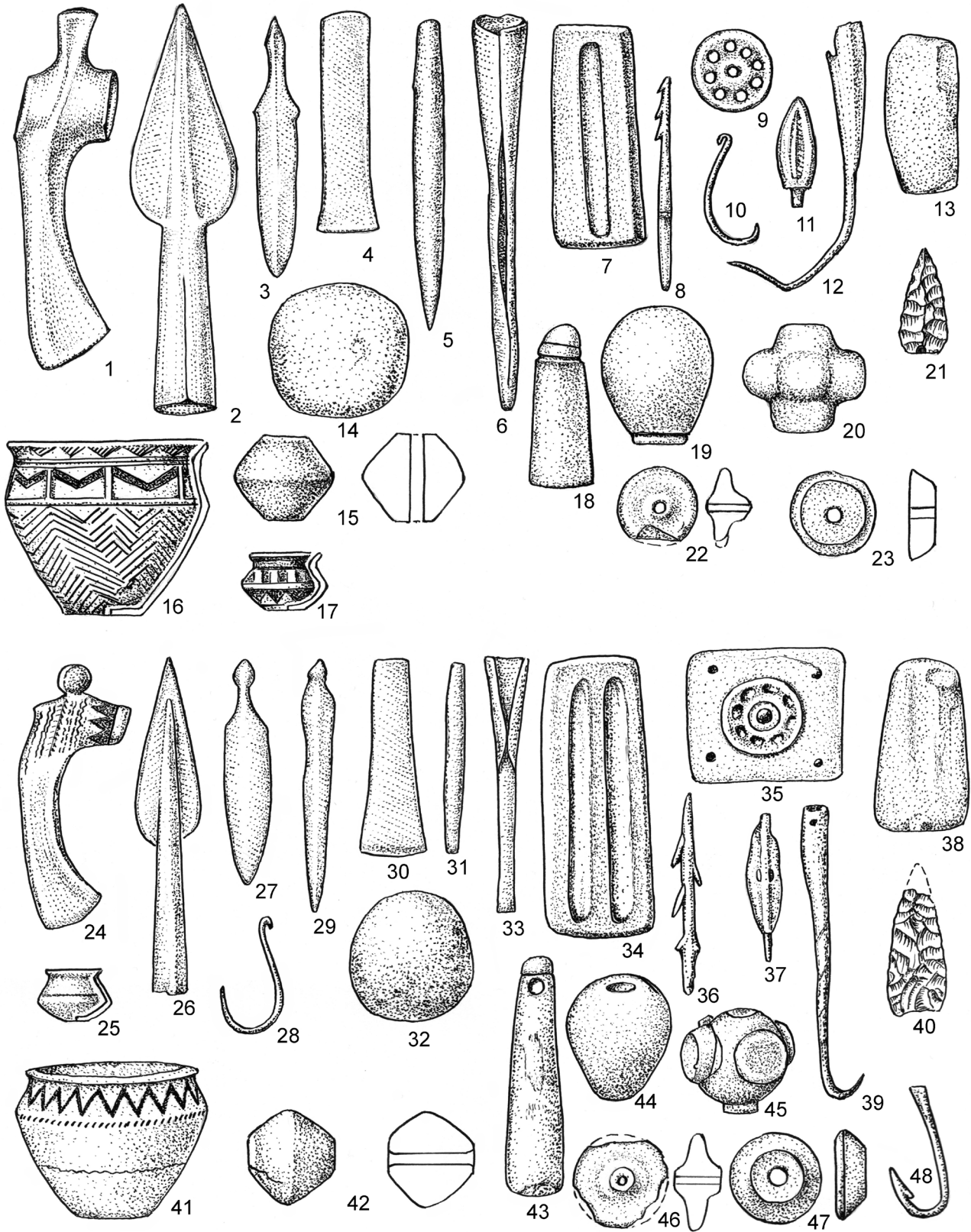


Рис. 3. Синташтинская культура (1–23) и ее параллели на Ближнем Востоке и на Кавказе (24–48): 1, 3, 4, 10, 11, 13, 14–19, 21–23 – Синташта; 2, 20 – Каменный Амбар V; 5, 6 – Тюбяк; 8 – Большешкараганский; 7–9, 12 – Аркаим; 24 – Кумбулта; 25 – Телль Мардих; 26 – Эшери; 27 – Ур; 28, 45, 48 – Сузы; 28, 30 – Газа; 31 – Чаличакёйю; 32, 38, 42, 43 – Демирчиһёйюк; 33, 37 – Аладжа Хёйюк; 34 – Малагья-Арслантепе; 35 – Кюльтепе; 36 – Телль эд-Дабья; 39 – Кировокан; 41, 46 – Хама; 44 – Нахал Мишмар; 47 – Арич (по: [Grigoriev, 2021b])

Fig. 3. Sintashta culture (1–23) and its parallels in the Near East and Caucasus (24–48): 1, 3, 4, 10, 11, 13, 14–19, 21–23 – Sintashta; 2, 20 – Kamenny Ambar V; 5, 6 – Tyubyak; 8 – Bolshekaragansky; 7–9, 12 – Arkaim; 24 – Kumbulta; 25 – Tell Mardikh; 26 – Esheri; 27 – Ur; 28, 45, 48 – Susa; 28, 30 – Gaza; 31 – Çalıçaköyük; 32, 38, 42, 43 – Demircihöyük; 33, 37 – Alacahöyük; 34 – Malatya-Arslantepe; 35 – Kültépè; 36 – Tell el-Dab'a; 39 – Kirovokan; 41, 46 – Hama; 44 – Nahal Mishmar; 47 – Harich (acc. to: [Grigoriev, 2021b])

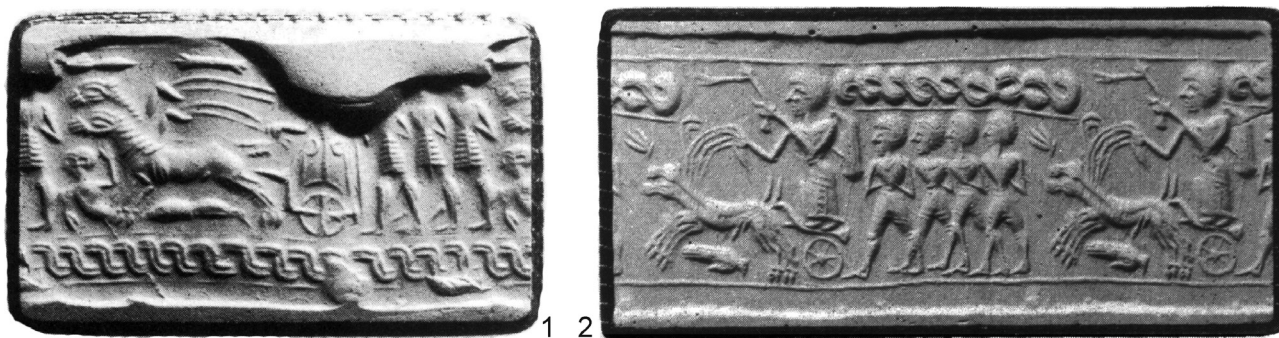


Рис. 4. Изображения колесниц на сирийских печатях.
1 – 1850–1650 гг. до н.э.; 2 – 1750–1600 гг. до н.э. (Ashmolean Museum of Art and Archaeology) (по: [Grigoriev, 2023b])

Fig. 4. Images of carts on Syrian seals.
1 – 1850–1650 BC; 2 – 1750–1600 BC (Ashmolean Museum of Art and Archaeology) (acc. to: [Grigoriev, 2023b])

годы, благодаря исследованиям дерева анатолийских памятников, в первую очередь, Кюль-тепе (Канеш), и сравнения этих данных с богатейшими торговыми архивами карума Канеша, была показана справедливость средней хронологии [Barjamovic, Hertel, Larsen, 2012. P. 29, 34. Fig. 11; Manning et al., 2016. P. 6, 7, 16, 17, 20, 21], и в данной работе мы будем пользоваться ей.

Проблема, впрочем, заключается в том, что большинство типов дают очень широкие временные диапазоны. В частности, керамические прототипы синташтинской посуды в Сирии датируются с XX по XVII в. до н.э. Но учет всех параллелей показал, что большая их часть приходится на XVIII в. до н.э. Поэтому было высказано предположение, что толчком к этой миграции послужило вторжение касситов в бассейн Хабура в 1742/1740 г. до н.э. [Григорьев, 2015. С. 143–145].

Но в данном регионе это население тоже было пришлым, и показательно, что около середины XVIII в. до н.э. на сирийских печатях в дополнение к изображениям колесниц с четырьмя спицами появляются изображения колесниц с восемью-девятью спицами, имеющих более ранние прототипы в Восточном Иране (рис. 4) [Moorey, 1986; Grigoriev, 2023b]. Интересно и то, что в бассейне Хабура на поселении Телль Лейлан обнаружена табличка с первым упоминанием колесничих марьянни, которая относится ко времени незадолго до смерти правителя Мари Зимри-Лима в 1761 г. до н.э. [Kroonen, Barjamovic, Peyrot, 2018. P. 10]. Поэтому появление ариев с колесницами в Северной Сирии могло произойти в пределах первой трети XVIII в. до н.э., и миграция в 1742 г. до н.э., а также формирование синташтинской культуры после 1740 г. до н.э. представляются наиболее вероятными.

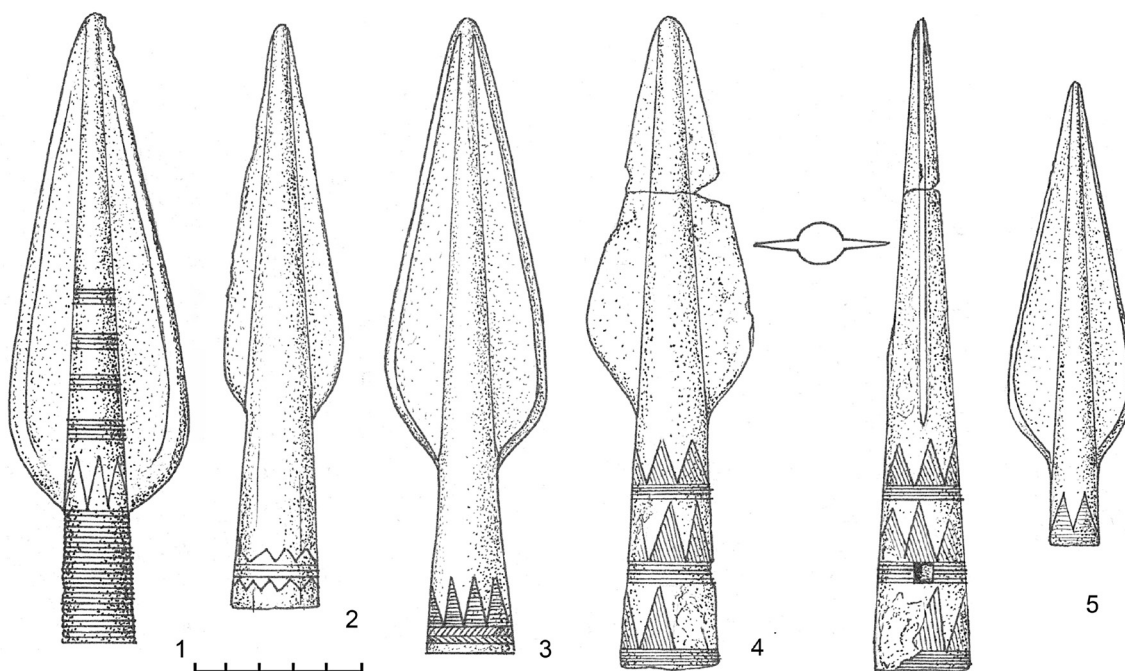


Рис. 5. Копья горизонта A2b в Центральной Европе
1, 5 – Редерцхаузен; 2 – Лангквайд; 3 – Флонхайм; 4 – Нитрянски Храдок [Grigoriev, 2018]

Fig. 5. Spears of A2b horizon in Central Europe
1, 5 – Rederzhausen; 2 – Langquaid; 3 – Flonheim; 4 – Nitriansky Hrádok [Grigoriev, 2018]

Для дальнейшего обсуждения принципиально важным является общепринятая синхронизация синташтинской культуры с сейминско-турбинскими (СТ) бронзами. Она основана на обнаружении синташтинских и СТ материалов в одних закрытых комплексах. К таким фактам относятся синташтинско-абашевские ножи в СТ могильниках [Черных, Кузьминых, 1989. С. 101, 102], и восходящие к СТ прототипам копья в синташтинском могильнике Халвай III в степном Притоболье [Шевнина, Логвин, 2015. С. 86, 87]. Очень показательным является присутствие СТ бронз в могильнике Шайтанское Озеро в Зауралье в комплексах с керамикой коптяковского типа, и то, что AMS даты этого памятника соответствуют синташтинским. Важно и то, что коптяковский тип формируется отчасти на алакульской основе [Корочкова, Стефанов, Спиридонов, 2020. С. 109, 113, 116, 120], а ранняя алакульская культура в лесостепном Притоболье была синхронна синташтинской [Григорьев, 2016]. Поэтому в целом эти СТ и синташтинские комплексы синхронны. Последние синхронны также уральским абашевским и значительной части средневожских абашевских памятников [Епиматов, 2020. С. 57]. Однако в самом начале исследо-

ваний СТ бронз было показано, что большая часть комплексов Турбинского могильника может быть синхронизирована с абашевской культурой, в то время как большинство комплексов Сейминского могильника синхронны раннесрубным памятникам [Черных, 1970. С. 95], и этот вывод не утратил своей актуальности. Тем самым, поздняя часть СТ бронз существовала позже синташтинской культуры (см. ниже). Нижняя их граница относительно этой культуры определена быть не может. Возможно, на востоке они появляются одновременно с Синташтой, или несколько в иное время, наверное, близкое, но установить это невозможно.

Следующим хронологическим маркером внутри синташтинской эпохи является проникновение бронз так называемого «евразийского типа», формирующихся на СТ основе, в Центральную Европу (рис. 5). Это происходит в самом начале фазы A2b по П. Райнеке, и парадокс в том, что туда сначала проникают бронзы именно этого типа, а не классические сейминско-турбинские [Grigoriev, 2018]. По дендрохронологии Швейцарии фаза A2b датируется 1650–1600 гг. до н.э., а фаза A2c – с 1600 г. до н.э. [Conscience, 2005; Primas, 2008. P. 6].

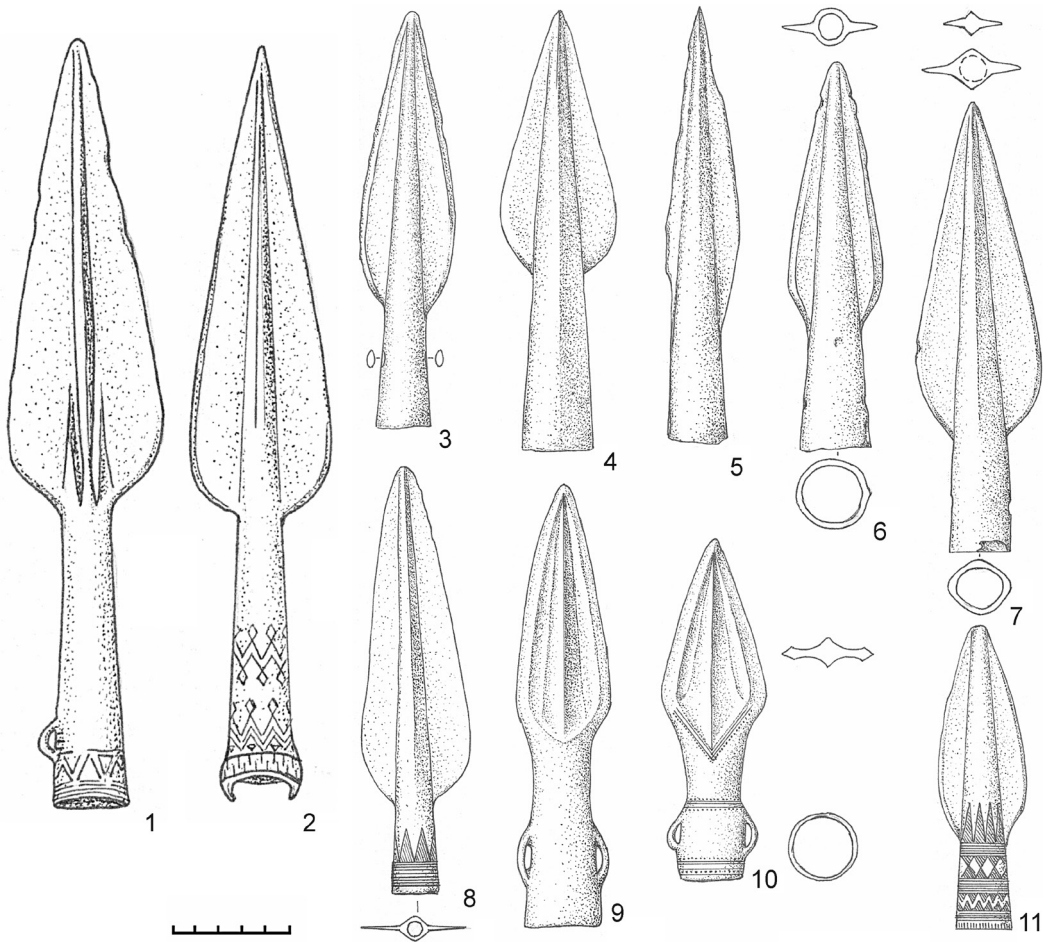


Рис. 6. Сейминско-турбинские копья периода ПЭ I (1, 2) и копья Центральной Европы периода Br A2c (3–9): 1, 2 – Бородинский клад; 3 – Лужице; 4 – Смедеров (без масштаба); 5 – Неуметели; 6 – Чешеве; 7 – Бонин; 8 – Вирринг; 9 – Хорн; 10 – Экли; 11 – Эбнар [Grigoriev, 2018]

Fig. 6. Seima-Turbino spears LH I (1, 2) and Br A2c spears from Central Europe (3–9): 1, 2 – Borodino treasure; 3 – Lužice; 4 – Smederov (no scale); 5 – Neumětely; 6 – Czeszewo; 7 – Bonin; 8 – Wirring; 9 – Hoorn; 10 – Écly; 11 – Ebnar [Grigoriev, 2018]

Хронологически это очень близко извержению неизвестного вулкана в 1654 г. до н.э. (рис. 1). С этим временем связаны заморозки на Ближнем Востоке, установленные по угнетенным кольцам в Порсуке в юго-восточной Анатолии для 1650 г. до н.э., причем их химический состав указывает на вулканическую природу этого события [Pearson et al., 2009]. Иногда этот факт пытались связать с Санторином, но извержение последнего характеризовалось низкой эмиссией серы, и потому эта связь сомнительна [Manning, 2022. P. 32].

Тем самым, в период 1650–1600 гг. до н.э. синташтинская культура еще наверняка существовала, и этот интервал значительно моложе интервала, предлагаемого радиоуглеродной хронологией. При этом весьма сомнительно, что мы можем датировать синташтинскую культуру после 1600 г. до н.э., что обусловлено уже раннесрубной хронологией, которая обсуждается ниже.

Позже имело место распространение традиции СТ металлообработки вплоть до Англии в период Уэссекс II, когда появляются первые копыя с литой втулкой, кинжалы типа Камертон-Сноухилл и бронзы типа Аретон. Их аналоги в Швейцарии имеют дендродаты с поселения Арбон-Бляйхе 2 в пределах 1630–1508 гг. до н.э. [Gerloff, 2007. P. 141]. В Центральной Европе более широкое распространение бронз, восходящих к СТ прототипам, происходит в пределах фазы A2c (рис. 6, 3–11) (ранее определявшейся как поздняя A2, A2/B или A3), и оно сопровождается карпато-микенскими орнаментами горизонта Хайдушамшон-Апа. Дендродаты этой фазы приходятся на XVII – начало XVI в. до н.э. [Gerloff, 2007. P. 137]. Именно к этому времени относится комплекс Бородинского клада с классическими экземплярами СТ бронз и безусловными параллелями в микенских комплексах ПЭ I периода (рис. 6, 1, 2) [Черных, Кузьминых, 1989. С. 257, 259]. Начало последнего иногда связывают с 1600 г. до н.э. [Tartaron, 2008. P. 84], но при привязке к египетской хронологии более реальной датой начала ПЭ I является 1630/1610 гг. до н.э. [Wiener, 2020. P. 279]. Типологически это соответствует фазе A2c, но может частично захватывать и фазу A2b [David, 2002. P. 401].

Более сложно определить с внутренней хронологией синташтинской культуры, поскольку ее надежной периодизации не существует. Единственным внутренним репером является тот факт, что на некоторых синташтинских памятниках появляются единичные изделия, имеющие карпатские и доно-волжские параллели. Речь идет о специфических роговых псалях с вставными шипами, выделенной планкой с рядом отверстий вдоль нее, дополнительным отверстием в боковой плоскости и орнаментами, выполненными в карпато-микенском стиле (рис. 7). В Зауралье и Казахстане они крайне редки и обнаружены лишь в к. 2 п. 8 могильника Каменный Амбар-5 (рис. 7, 2) и в могильнике Бестамак в Казахстане, в комплексе с

псалям петровского типа и синташтинскими сосудами [Чечушков, Епимахов, 2010. С. 187; Калиева, Логвин, 2009. Рис. 10; 12]. Еще один подобный псалий найден в Южном Приуралье (Жаман-Каргала I, 14/2) и отнесен к петровскому этапу [Ткачев, 2004. С. 23, 24]. Псалии с этим орнаментом встречаются и на алакульских памятниках. В данном случае важно то, что такой псалий найден на поселении Новоникольское II, в ареале, где прежде была петровская культура, что определяет его относительно позднюю хронологическую позицию (рис. 7, 4, 5). На Дону и в Поволжье псалии этого типа широко представлены в комплексах доно-волжской абашевской культуры (ДВАК) и потаповского типа, и это явление сопровождается распространением карпатских орнаментов (рис. 7, 6, 9–11). Одновременно в этих регионах появляются псалии синташтинских типов, шире представленные в потаповских памятниках. В Подонье к этой традиции можно отнести псалий из Филатовки (ср. рис. 7, 1, 3, 7, 8) [Grigoriev, 2021a. Fig. 8; 9].

В целом, в потаповском типе можно несомненно видеть группу синташтинских мигрантов из Зауралья, что проявляется не только в псалях и погребальном обряде, но также в характерной посуде, слабо отличающейся от синташтинской, а также в распространении не характерной для Поволжья тальковой примеси в формовочных массах, в появлении орудий из уральских зеленокаменных пород и в типичном синташтинском шлаке из зауральских рудных источников в могильнике Утёвка VI [Цивинская, Пенин, 1994. С. 207; Салугина, 1994. С. 175, 176; Григорьев, 2013. С. 259]. Некоторая примесь синташтинской керамики очевидна и в ДВАК [Пряхин, Халиков, 1987. Рис. 61, 18]. В силу того, что для синташтинской культуры в массе характерны иные типы псалиев, можно полагать, что эти трансформации происходят в начале этапа культуры, который мы можем условно назвать финальным. Это подкрепляется и присутствием карпато-микенских орнаментов на отдельных алакульских псалях [Grigoriev, 2021a. Fig. 8; 9; 11; 12]. Поскольку ДВАК сменяется раннесрубной покровской культурой, мы получаем здесь принципиальное хронологическое соответствие для разных регионов.

Тем самым, мы видим два встречных импульса, которые привели к формированию ДВАК и Потапово: из синташтинского ареала и из Карпатского бассейна. В то же время имели место импульсы из последнего региона в Северную Италию, которые завершились формированием там культуры Террамар. Как и в Подонье, это сопровождалось появлением первых псалиев. Начало культуры можно датировать по параллелям на швейцарских поселениях, где слой Бодман-Шахен IC датирован дендрохронологией 1611–1591 гг. до н.э., а более ранние слои имеют даты с 1644–1640 гг. до н.э. (Бодман-Шахен IB) и 1647–1641 гг. до н.э. (Майлен-Шеллен), и именно они синхронны фазе

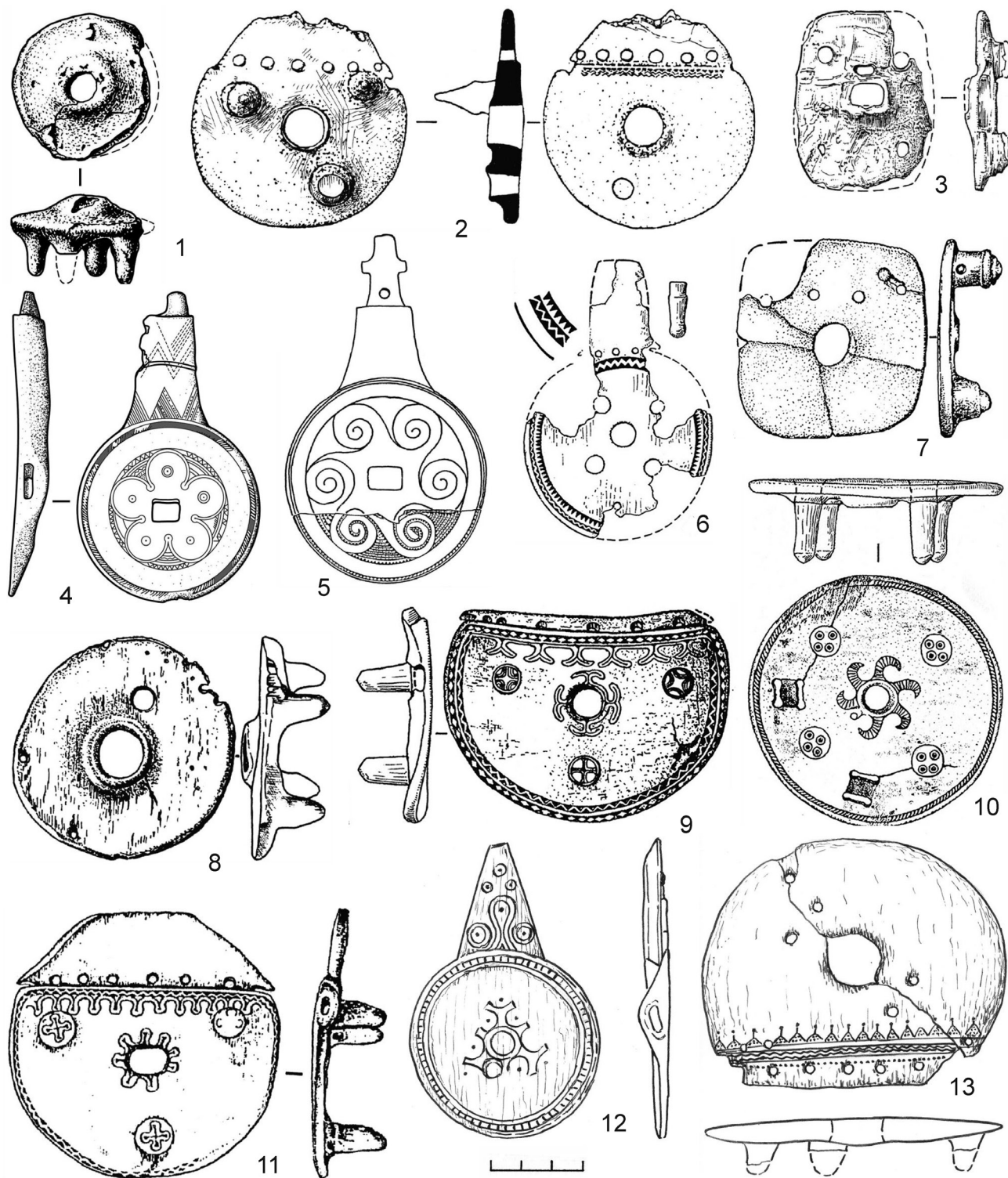


Рис. 7. Псалии синташтинской (1–3), алакульской (4, 5), доно-волжской абашевской (6, 7, 9, 10) культур, потаповского типа (8, 11) и Карпатского бассейна (12, 13). 1 – Синташта, СМ, п. 5; 2 – Каменный Амбар, к. 2 п. 8; 3 – Синташта, СИ, п. 14; 4 – Новоникольское II; 5 – Алакуль, к. 13 п. 2; 6 – Бородаевка II, к. 21 п. 1; 7 – Филатовский курган; 8, 11 – Потаповка, к. 5 п. 8; 9 – Пичаево, п. 1; 10 – Селезни 2, к. 1 п. 3; 12 – Ватин; 13 – Сэрата Монтеору (по: [Grigoriev, 2021a])

Fig. 7. Cheek pieces of Sintashta (1–3), Alakul (4, 5), Don-Volga Abashevo (6, 7, 9, 10) cultures, Potapovo type (8, 11) and the Carpathian Basin (12, 13). 1 – Sintashta, SC, grave 5; 2 – Kamenny Ambar, kurgan 2 grave 8; 3 – Sintashta, SI, grave 14; 4 – Novonikolskoe II; 5 – Alakul, kurgan 13 grave 2; 6 – Borodaevka II, kurgan 21 grave 1; 7 – Filatovsky kurgan; 8, 11 – Potapovka, kurgan 5 grave 8; 9 – Pichaev, grave 1; 10 – Selezni 2, kurgan 1 grave 3; 12 – Vatin; 13 – Sărata-Monteoru (acc. to: [Grigoriev, 2021a])

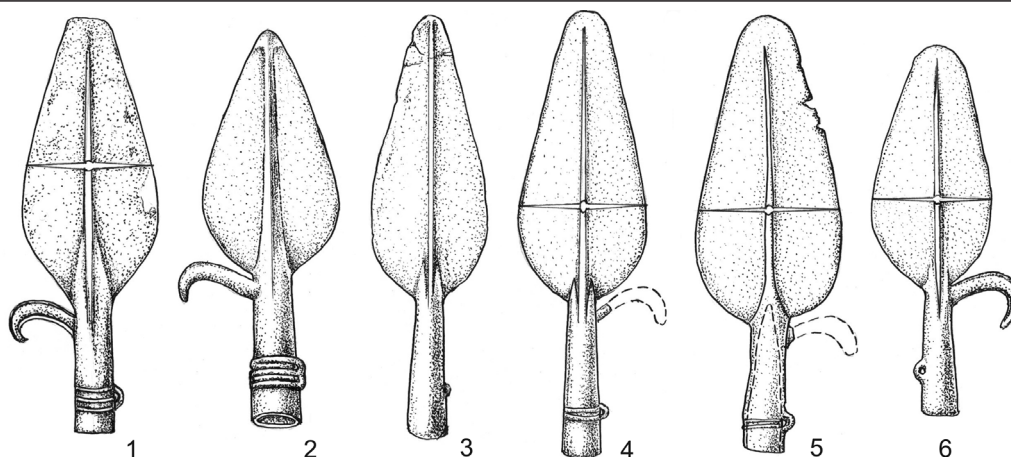


Рис. 8. Копья, восходящие к сейминско-турбинским прототипам в Китае. 1 – Шеньна, Цинхай; 2 – Шэньси; 3 – Чаоян, Ляолин; 4, 5 – Шаньси; 6 – Сяванган, Хэнань (по: [Grigoriev, 2023a])

Fig. 8. Spears derived from Seima-Turbino prototypes in China. 1 – Shenna, Qinghai; 2 – Shaanxi; 3 – Chaoyang, Liaoning; 4, 5 – Shaanxi; 6 – Xiawanggang, Henan (acc. to: [Grigoriev, 2023a])

A1с Центральной Европы и ПЭI Греции [Vanzetti, 2013. P.277, 278]. Поэтому миграция в Италию, вызвавшая формирование культуры Террамар, имела место между 1640 и 1610 гг. до н.э. Выше мы обсуждали континентальные импульсы этого времени при формировании Уэссекса II.

В то же время наблюдается карпатский импульс в Микенскую Грецию, где тоже появляются колесницы и шахтные гробницы круга А, с которых начинается Позднеэлладский (ПЭ) I период, принципиально синхронный фазе A2с Центральной Европы [Grigoriev, 2021a. P. 159. Fig. 6, 13–15]. Как мы обсуждали выше, на основании египетской хронологии это датируется около 1630/1610 гг. до н.э. Соответственно, мы видим заметные миграционные процессы в одно время, которые вполне могут быть связаны с одним из вышеназванных вулканических событий, и очевидным кандидатом является извержение вулкана Аниакчак II на Аляске в 1628 г. до н.э. (рис. 1). Следующий 1627 г. до н.э. был отмечен резкими сигналами заморозков, установленными по древесным кольцам на западе Северной Америки, в Фенноскандии и на Ямале, что указывает на глобальный характер этого кризиса [Helama, 2023]. Данный кризис был отмечен и в Месопотамии. В 12 и 13 года правления вавилонского царя Амми-цадуки в «Табличках Венеры» имел место перерыв в описаниях наблюдений за этой звездой, что объяснили атмосферными явлениями, вызванными глобальным извержением, но это было ошибочно связано с Санторином. В системе Средней хронологии Месопотамии данный перерыв соответствует 1628 и 1627 гг. до н.э. [De Jong, Foertmeyer, 2010].

Очень вероятно, что тот же кризис вызвал и миграции СТ племен из Сибири в северо-восточный Китай, где копия, восходящие к СТ прототипам, появляются в период Эрлитоу III (рис. 8), предшествующий слою Эрлитоу IV, который можно связать с началом Шанской династии. На осно-

ве большой серии AMS дат слой Эрлитоу III датируются с 1610 по 1555 г. до н.э. [Zhang et al., 2008. P.200]. Поскольку это радиоуглеродные даты, мы не можем быть в них уверены, но конец этого периода хорошо совпадает с началом династии Шан по исторической хронологии, основанной на «Бамбуковых Анналах» – 1558 г. до н.э. [Nivison, 1999. P. 12, 14].

Тем самым этот блок дат из разных регионов указывает на продолжение существования синташтинской культуры в пределах последней трети XVII в. до н.э., что уже очень близко по времени к ее концу, который можно надежно синхронизировать с началом раннесрубной культуры.

Более ранняя позиция синташтинской культуры относительно раннесрубной определяется достаточно надежно. В Поволжье культурно близкие потаповские памятники предшествуют раннесрубным, являясь одним из их слагаемых компонентов. В Зауралье раннесрубная керамика появляется в финальных слоях синташтинских поселений Аркаим и Куйсак [Малютина, Зданович, 1995. С. 103, 104; Зданович, Малютина, Зданович, 2020. С. 145, 283, 284]. Соответственно, в это время СТ бронзы еще продолжали использоваться, но синташтинская культура уже прекратила свое существование.

Определить хронологию данного периода мы можем лишь на основе раннесрубных материалов. С началом этого времени в Восточной Европе наблюдается второй импульс, привнесший орнаменты карпато-микенского типа, но уже не с карпатскими, а с микенскими параллелями, и он проявляется в раннесрубных комплексах (рис. 9) [Беседин, 1999; Grigoriev, 2021a. P.173–176]. Соответственно, это происходит в пределах периода ПЭIа, который можно синхронизировать как с ДВАК, так и с покровской срубной культурой. Но это не дает нам точного хронологического репера. Исходя из того, что последующее событие имеет точную дату 1560 г. до н.э., а предыдущее – 1628 г.

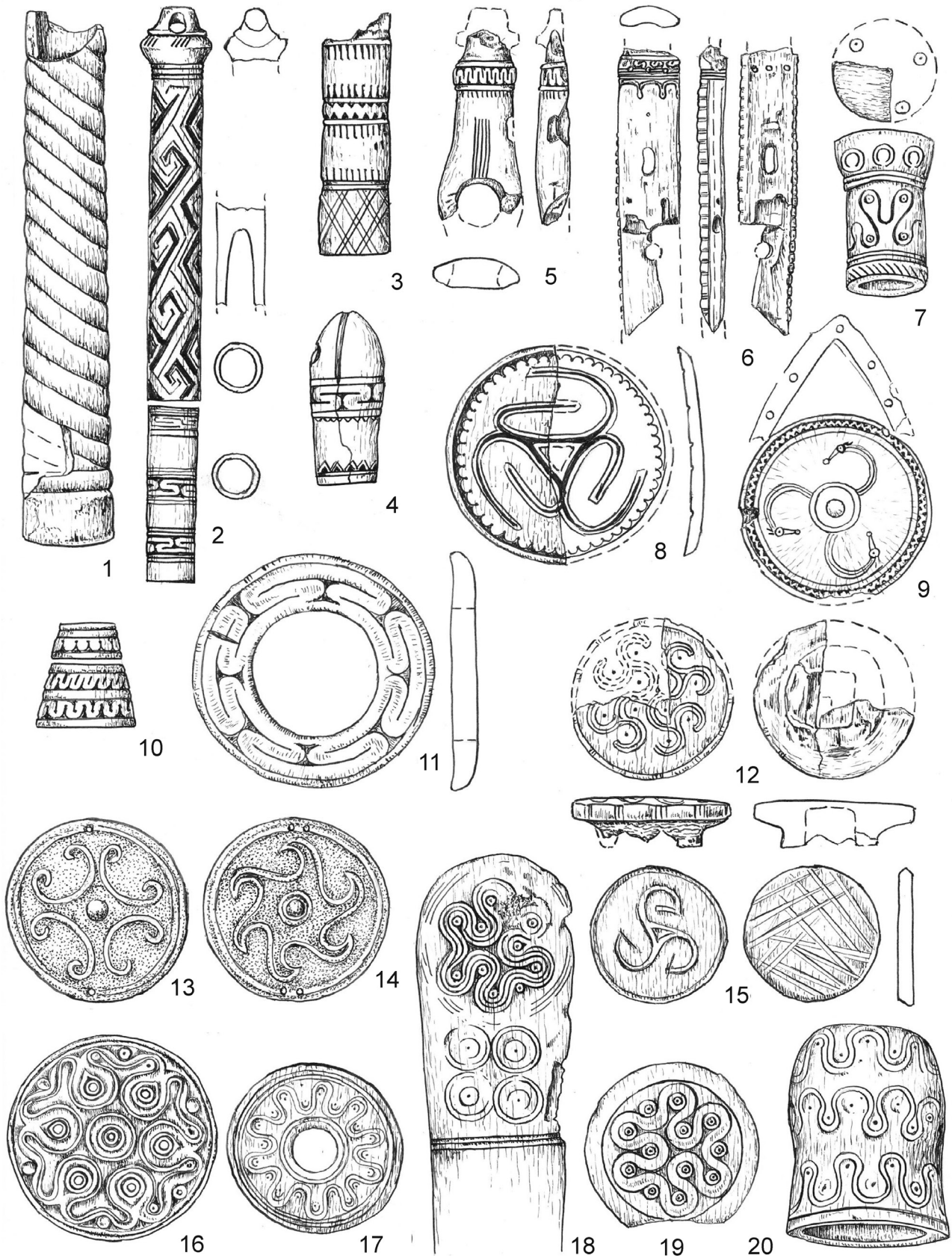


Рис. 9. Микенские орнаменты в срубной культуре (1–15) и в Греции (16–20).

1 – Вильна Грушевка; 2 – Красноселка; 3 – Радченское; 4 – Приветное; 5, 6, 8, 12 – Капитаново-1; 7 – Петряево; 9 – Нижняя Красавка III; 10 – Расеково; 11 – Ильичевка-2; 13, 14 – Новые Ябалаклы; 15 – Шипиловка; 16 – Микены III; 17, 19, 20 – Микены, акрополь; 18 – Микены IV (по: [Grigoriev, 2021a. Fig. 14; 15])

Fig. 9. Mycenaean ornaments in Srubnaya culture (1–15) and Greece (16–20).

1 – Vilna Grushevka; 2 – Krasnoselka; 3 – Radchenskoe; 4 – Privetnoe; 5, 6, 8, 12 – Kapitanovo-1; 7 – Petryaev; 9 – Nizhnaya Krasavka III; 10 – Rasekovo; 11 – Ilyichevka-2; 13, 14 – Novye Yabalakly; 15 – Shipilovka; 16 – Mycenaenae III; 17, 19, 20 – Mycenaenae, acropolis; 18 – Mycenaenae IV (acc. to: [Grigoriev, 2021a. Fig. 14; 15])

дон.э., мы можем предположить, что этот переход к раннесрубному времени и конец синташтинской культуры должны датироваться около 1600 г. дон.э., но дата не точна.

Хронологическим маркером в данном случае является извержение Санторина. Его дата дебатировалась в течение многих лет, и предлагались варианты от второй половины XVII до второй половины XVI в. дон.э., однако более реальным является 1560 г. дон.э. (см. подробнее: [Grigoriev, 2023a]). Эта дата проверяется данными дендрохронологии. В тот год наблюдается наибольшее угнетение древесных колец остистой сосны в Калифорнии [Pearson et al., 2018. P. 4, 5]. В Анатолии период угнетенных древесных колец начался тоже в 1560 г. дон.э. и продолжался до 1557 г. дон.э. В этих кольцах было обнаружено пониженное содержание кальция, и все это вместе объяснено вулканической активностью и извержением Санторина [Pearson et al., 2020. P. 8413].

Это извержение произошло во время правления Яхмоса I, основателя XVIII династии Египта, чье правление датируется около 1550–1540 гг. дон.э., а объединение Египта и создание Нового Царства относят к 1539–1525 или 1523–1519 гг. дон.э. [Wiener, 2009. P. 197, 198; Fantuzzi, 2009a. P. 480; 2009b. P. 54]. Предполагается, что извержение случилось непосредственно перед или вскоре после объединения Египта [Foster, Ritner, Foster, 1996. P. 9; Foster et al., 2009. P. 174, 176, 177; Ritner, Moeller, 2014. P. 4, 12]. Однако дата начала Нового Царства в пределах 1539–1519 гг. дон.э. требует принятия «короткой» хронологии Месопотамии [Bietak, 2012. P. 77, 84], а выше мы обсуждали, что корректной является «средняя». В настоящее время применение байесовской статистики к большим сериям AMS дат помещает начало Нового Царства в интервал между 1570 и 1544 гг. дон.э. [Bronk Ramsey et al., 2010. P. 1554–1556]. Поэтому дата извержения в 1560 г. дон.э. является оптимальной.

Под слоем вулканического пепла на поселении Палайкастро на острове Фера самым молодым слоем был Позднеминойский IA [Bruins, van der Plicht, MacGillivray, 2009. P. 397], соответствующий ПЭ Ia материковой Греции. Вулканический пепел Санторина был выявлен на срубных поселениях¹. В Нижнем Поволжье это вполне возможно, так как облако пепла распространялось в северо-восточном направлении [Athanasas et al., 2017]. Поэтому данным временем мы можем датировать переход от раннесрубных к классическим срубным и от петровских степных и раннеалакульских лесостепных к классическим алакульским комплексам степной и лесостепной зон. Эта дата – 1560 г. дон.э. – находится уже за пределами синташтинской эпохи.

Она подтверждается также китайской хронологией. В свое время, при обсуждении катастрофических природных явлений, отраженных на «Стеле Яхмоса», указывалось на то, что аналогичные имели место в Китае при переходе к династии Шан. По той причине, что для начала этой династии были взяты радиоуглеродные даты Эрлигана, это было отнесено к 1620 г. дон.э. и был сделан вывод о том, что речь идет об извержении какого-то иного вулкана [Foster et al., 1996. P. 9]. Однако на основании «Бамбуковых Анналов» начало Шан датируется с 1558 г. дон.э., что строго совпадает с извержением Санторина [Grigoriev, 2023a].

Это крупное извержение имело последствия во многих иных частях Евразии, и мы можем видеть серию культурных трансформаций данного времени. В частности, именно с ним связан переход между фазами Райнеке А и В Южной Германии. На основании большой серии AMS дат для Германии он датирован около 1550 г. дон.э. [Müller, Lohrke, 2009. P. 8], а при байесовском их моделировании – около 1545 г. дон.э., но более корректно говорить о дате в пределах доверительного интервала 1615–1530 гг. дон.э. Швейцарская же дендрохронология показывает дату этого перехода около 1550 г. дон.э. [Brunner et al., 2020. P. 1, 14]. В Иберии происходит коллапс культуры Эль Аргар, что на основе байесовской статистики AMS дат короткоживущих растений датируется около 1550 г. дон.э. [Lull et al., 2013. P. 285–290; Hernández, Maestre, Padilla, 2013. P. 308, 309]. В Италии продолжает существовать культура Террамар, но происходит переход к стадии СБВ 2, датируемой радиоуглеродным методом между 1580 и 1480/1460 гг. дон.э., хотя в статистике использованы даты разного типа [Vanzetti, 2013. P. 278, 279]. В Анатолии в 1560 г. дон.э. завершилось правление Хантили I и с этого времени Хеттское царство прекратило свою традиционную экспансионистскую политику, а продолжительность правления всех последующих царей резко сократилась, что указывает на определенные кризисные явления.

В степной Евразии с этого времени можно датировать начало классических этапов срубной и алакульской культур.

Выводы

Как мы видели из вышеприведенного текста, для определения общих хронологических рамок синташтинской эпохи (или шире – переходного периода к евразийскому ПБВ), а также отдельных событий внутри этой эпохи, использованы данные из 11 абсолютно не связанных друг с другом источников: гляциохронологии Гренландии и Антарктиды, дендрохронологии юго-запада США, Альпийского региона, Северной Европы, Анатолии и Ямала, исторические хронологии Египта, Месопотамии

¹ Об этом факте я слышал еще в студенческие годы, но недавно С.В. Кузьминых (которому я признателен за это) сообщил мне, что в 1970-е гг. Е.А. Спиридонова издала статью или тезисы с этой информацией. К сожалению, найти следы данной публикации пока не удалось, поэтому у нас нет сведений о том, относится ли слой с пеплом к концу раннесрубного периода.

и Китая, байесовское моделирование серий AMS дат. Была построена последовательность культурных событий, и они были привязаны к этим хронологическим реперам. В результате получена хорошо согласованная система дат, и все они заметно моложе даже дат, основанных на больших сериях современных AMS анализов, не говоря уже о старых LSC датах или о небольших сериях дат.

Согласованность этой системы, зачастую с совпадением с точностью до года, однозначно указывает на то, что только хронология, основанная на дендродатах и исторических источниках, является адекватной. В итоге, наиболее вероятной является следующая хронология рассматриваемого периода:

Около 1740 г. до н.э. – формирование синташтинской культуры.

1654/1650 гг. до н.э. – миграция носителей сейминско-турбинской традиции в Центральную Европу.

1628 г. до н.э. – формирование доно-волжской абашевской культуры и потаповского типа, начало финальной стадии синташтинской культуры.

Около 1600 г. до н.э. – формирование раннесрубной культуры, распространение раннесрубных керамических традиций на городищах западной части синташтинского ареала и петровских традиций в восточной части этого ареала, хотя не исключено, что последний процесс начался несколько раньше за счет контактов с проживавшим к востоку петровским населением.

1560 г. до н.э. – начало классических стадий срубной и алакульской культур.

Тем самым, вся продолжительность классической стадии синташтинских городищ составляет 140 лет, что хорошо согласуется с малым числом перестроек на этих городищах и вероятной длительностью существования поселений Устье и Каменный Амбар, полученной на основе байесовской статистики дат различных их фаз. Существование этой культуры укладывается в интервал 1740–1600 гг. до н.э., что лишь слегка соприкасается с ее радиоуглеродным интервалом 2040–1740 гг. до н.э., рассчитанным с вероятностью 95,4%. Следует напомнить, что радиоуглеродная хронология для этой культуры сделана намного качественнее хронологии любой иной культуры Северной Евразии. И это показывает, что зачастую даже интервалы, рассчитанные с высокой вероятностью, не дают гарантии, что реальное существование культуры в них попадет.

Необходимо также понимать, что предложенные даты являются лишь датами начала процесса культурных трансформаций. Поэтому из приведенных дат нельзя, например, делать вывод о том,

что доно-волжская абашевская культура существовала 28 лет, а раннесрубная – 40 лет. Мы должны учитывать тот факт, что в каких-то районах эти трансформации проходили гораздо медленнее. Каждый раз это не был мгновенный процесс преобразований. Можно допускать, что в каких-то регионах та или иная трансформация не происходила вовсе. Вероятно, это еще одна из возможных причин отклонений радиоуглеродных дат.

Из этого также не следует, что любая радиоуглеродная хронология ошибочна, так как для некоторых периодов, благодаря особенностям калибровочной кривой, вероятно, удастся получать относительно достоверные даты. В частности, у меня сложилось впечатление, что таковыми можно считать даты перехода к финальному бронзовому веку около начала XIV в. до н.э.

Вероятно, можно предложить объяснительную модель описанного явления. Хорошо известны трудности с датированием комплексов раннекифского времени (VII–VI вв. до н.э.), обусловленные тем, что оно приходится на период т.н. Гальштатского плато с диапазоном около 800–400 гг. до н.э. В результате радиоуглеродные даты оказываются в диапазоне 800–550 гг. до н.э. За пределами этого плато удается получить результат, соответствующий исторической хронологии. Главной причиной считается колебание солнечной активности, так как ее снижение уменьшает формирование изотопа ^{14}C в верхних слоях атмосферы, формируя плато калибровочной кривой и приводя к удревнению дат² [van der Plicht, 2004. P. 45, 54–56]. Однако в начале ПБВ и РЖВ ситуация с солнечной активностью была сравнительно стабильной, но эти периоды характеризуются (помимо описанных трех крупных извержений) сериями пиков отложений стратосферных вулканических аэрозолей в интервалах около 1680–1550 гг. до н.э. и 700–540 гг. до н.э. (рис. 1). В более раннее время аналогичная ситуация наблюдается в XXXII в. до н.э. с серией непрерывающихся извержений между 3160 и 3092 гг. до н.э. Подобные проблемы возникают и в некоторые иные периоды (напр. XX–XIX вв. до н.э. и первая половина IV в. до н.э., но они не столь фатальны) [Grigoriev, 2024. Fig. 1; 2]. Это создавало в стратосфере аэрозольный экран, затрудняющий формирование изотопа ^{14}C в атмосфере.

Поэтому наиболее надежными для всех периодов являются даты, основанные на дендрохронологии, исторической хронологии и реперах, привязанных к вулканическим событиям глобального масштаба. И пока для какой-то культуры этого не сделано, ее хронология будет оставаться ненадежной.

² Это можно проиллюстрировать конкретными примерами. Радиоуглеродные даты за пределами плато близки историческим: Аржан-1 – IX в. до н.э. (ист.) и IX–VIII вв. до н.э. (радиоугл.); к. 15 группы Стеблев – конец VIII в. до н.э. (ист.) и около конца VIII в. до н.э. (2620–2580 BP – радиоугл.); Солоха – 400–375 гг. до н.э. (ист.) и 403–390 гг. до н.э. (радиоугл.). Даты же раннекифского времени радиоуглеродным методом удревнены: Аржан-2, алдыбельская культура – VII–VI вв. до н.э. (ист.) и около 2950 BP (радиоугл.), Келермесские курганы – с середины VII в. до н.э. (ист.) и с около 2800 BP (радиоугл.) [Aleksiev et al., 2001. P. 1087, 1088, 1092, 1095, 1098. Tab. 2. Fig. 3; 2002. P. 145].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беседин В.И., 1999. «Микенский» орнаментальный стиль эпохи бронзы в Восточной Европе, *Евразийская лесостепь в эпоху металла*. Воронеж: ВГУ, с. 45–59.
- Григорьев С.А., 2013. *Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы*. Челябинск: Цицеро, 660 с.
- Григорьев С.А., 2015. *Древние индоевропейцы*. Челябинск: Цицеро, 496 с.
- Григорьев С.А., 2016. Проблема хронологии и происхождения алакульской культуры в свете новых раскопок в Южном Зауралье, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 3 (34), с. 44–53. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2016-34-3-044-053>
- Григорьев С.А., 2024. Солнечная и вулканическая активность, как триггеры миграций, и построение абсолютной хронологии бронзового века Евразии, *Уфимский археологический вестник*, № 4, с. 628–643. <https://doi.org/10.31833/uav/2024.24.4.041>
- Епимахов А.В., 2020. Радиоуглеродные аргументы абашевского происхождения синташтинских традиций бронзового века, *Уральский исторический вестник*, № 4 (69), с. 51–60. [https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-4\(69\)-51-60](https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-4(69)-51-60)
- Зданович Г.Б., Малютина Т.С., Зданович Д.Г., 2020. *Архаим. Археология укрепленных поселений. Кн. 1: Жилища и жилое пространство*. Челябинск: ЧелГУ, 449 с.
- Калиева С.С., Логвин В.Н., 2009. Могильник поселения Бестамак (предварительное сообщение), *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 9, с. 32–58.
- Корочкова О.Н., Стефанов В.И., Спиридонов И.А., 2020. *Святылище первых металлургов Среднего Урала*. Екатеринбург: УрГУ, 214 с.
- Малютина Т.С., Зданович Г.Б., 1995. Куйсак – укрепленное поселение протогородской цивилизации Южного Зауралья, *Россия и Восток: проблемы взаимодействия. Ч. V. Кн. I*. Челябинск: ЧелГУ, с. 100–106.
- Пряхин А.Д., Халиков А.Х., 1987. Абашевская культура, *Бронзовый век лесной полосы СССР*. М.: Наука, с. 124–131. (Археология СССР)
- Салугина Н.П., 1994. Технологическое исследование керамики Потаповского могильника, *Васильев И.Б., Кузнецов П.Ф., Семенова А.П. Потаповский курганный могильник индоиранских племен на Волге*. Самара: Самарский университет, с. 173–186.
- Ткачев В.В., 2004. Погребальные комплексы с щитковыми псалями в Степном Приуралье, *Археологический альманах. № 15. Псалям. Элементы упряжи и конского снаряжения в древности*. Донецк: Донецкий обл. краеведч. музей, с. 7–30.
- Цивинская Л.В., Пенин Г.Г., 1994. Минералогическая характеристика каменных орудий Потаповского могильника, *Васильев И.Б., Кузнецов П.Ф., Семенова А.П. Потаповский курганный могильник индоиранских племен на Волге*. Самара: Самарский университет, с. 205–207.
- Черных Е.Н., 1970. *Древнейшая металлургия Урала и Поволжья*. М.: Наука, 180 с.
- Черных Е.Н., Кузьминых С.В., 1989. *Древняя металлургия Северной Евразии*. М.: Наука, 320 с.
- Чечушков И.В., Епимахов А.В., 2010. Колесничный комплекс Урало-Казахстанских степей, *Кони, колесницы и колесничие степей Евразии*. Екатеринбург; Самара; Донецк; Челябинск: Рифей, с. 182–229.
- Чечушков И.В., Епимахов А.В., 2021. Хронологическое соотношение укрепленного поселения Каменный Амбар и могильника Каменный Амбар-5 в Южном Зауралье: возможности байесовской статистики, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 3 (54), с. 47–58. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2021-54-3-4>
- Чечушков И.В., Молчанова В.В., Епимахов А.В., 2020. Абсолютная хронология поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I в Южном Зауралье: возможности байесовской статистики, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 2 (49), с. 5–19. <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-1>
- Шевнина И.В., Логвин А.В., 2015. *Могильник эпохи бронзы Халвай III в Северном Казахстане*. Астана: ИА им. А.Х. Маргулана, 248 с. (Материалы и исследования по археологии Казахстана. Т. VII)
- Alekseev A. Yu., Bokovenko N. A., Boltrik Yu., Chugunov K. A., Cook G., Dergachev V. A., Kovalyukh N., Possnert G., van der Plicht J., Scott E. M., Sementsov A., Skripkin V., Vasiliev S., Zaitseva G., 2001. A chronology of the Scythian antiquities of Eurasia based on new archaeological and ¹⁴C data, *Radiocarbon*, vol. 43, № 2B, pp. 1085–1107. <https://doi.org/10.1017/S0033822200041746>
- Alekseev A. Yu., Bokovenko N. A., Boltrik Y. U., Chugunov K. A., Cook G., Dergachev V. A., Kovalyukh N., Possnert G., van der Plicht J., Scott E. M., Sementsov A., Skripkin V., Vasiliev S., Zaitseva G., 2002. Some problems in the study of the chronology of the ancient nomadic cultures in Eurasia (9th – 3rd centuries BC), *Geochronometria. Journal on Methods and Applications of Absolute Chronology*, vol. 21, pp. 143–150.
- Athanassas C. D., Modis K., Alçiçek M. C., Theodorakopoulou K., 2017. Contouring the Cataclysm: A Geographical Analysis of the Effects of the Minoan Eruption of the Santorini Volcano, *Environmental Archaeology*, no. 23 (2), pp. 160–176. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1288885>
- Barjamovic G., Hertel Th., Larsen M. T., 2012. *Ups and Downs at Kanesh. Chronology, History and Society in the Old Assyrian Period*. Leiden: PIHANS, 161 p. (Old Assyrian Archives Studies, vol. 5)
- Bietak M., 2012. Antagonisms in Historical and Radiocarbon Chronology, *Radiocarbon and the Chronologies of Ancient Egypt*. Oxford: Oxbow Books, pp. 76–109.

- Bronk Ramsey C., Dee M.W., Rowland J.M., Higham T.F.G., Harris S.A., Brock F., Quiles A., Wild E.M., Marcus E.S., Shortland A.J., 2010. Radiocarbon-based chronology for dynastic Egypt, *Science*, № 328/5985, pp. 1554–1557. <https://doi.org/10.1126/science.1189395>
- Bruins H.J., van der Plicht J., MacGillivray J.A., 2009. The Minoan Santorini eruption and tsunami deposits in Palaikastro (Crete): dating by geology, archaeology, ^{14}C , and Egyptian chronology, *Radiocarbon*, № 51/2, pp. 397–411. <https://doi.org/10.1017/S003382220005579X>
- Brunner M., von Felten J., Hinz M., Hafner A., 2020. Central European Early Bronze Age chronology revisited: A Bayesian examination of large-scale radiocarbon dating, *PLoS ONE*, 15 (12): e0243719. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243719>
- Conscience A.-C., 2005. Wädenswil-Vorder Au. Eine Seeufersiedlung am Übergang vom 17. zum 16. Jh. v. Chr. im Rahmen der Frühbronzezeit am Zürichsee. Unter besonderer Berücksichtigung der frühbronzezeitlichen Funde und Befunde von Meilen-Schellen, *Zürcher Archäologie 19. Seeufersiedlungen*. Basel, Berlin: Schwabe Verlag, 155 p.
- David W., 2002. *Studien zu Ornamentik und Datierung der bronzezeitlichen Depotfundgruppe Hajdúsámson-Apa-Ighiel-Zajta*. Alba Iulia: ALTIP S.A., 882 p.
- De Jong T., Foertmeyer V., 2010. A new look at the Venus observations of Ammisaduqa: traces of the Santorini eruption in the atmosphere of Babylon?, *Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Genootschap 'Ex Oriente Lux'*, № 42, pp. 143–159.
- Fantuzzi T., 2009a. The absolute chronology of the Egyptian S.I.P. New Kingdom transition and its implications for late Minoan Crete, *Creta Antica*, № 10/II, pp. 477–500.
- Fantuzzi T., 2009b. The debate on Aegean high and low chronologies: An overview through Egypt, *Rivista di Archaeologia*, XXXI, pp. 53–65.
- Foster K.P., Ritner R.K., Foster B.R., 1996. Texts, Storms, and the Thera Eruption, *Journal of Near Eastern Studies*, № 55/1, pp. 1–14.
- Foster K.P., Sterba J.H., Steinhauser G., Bichler M., 2009. The Thera eruption and Egypt: pumice, texts and chronology, *Time's Up! Dating the Minoan eruption of Santorini*. Athens: The Danish Institute at Athens, pp. 171–180.
- Gerloff S., 2007. Reinecke's ABC and the chronology of the British Bronze Age, *Beyond Stonehenge essays on the Bronze Age in honour of Colin Burgess*. Oxford: Oxbow Books, pp. 117–161.
- Grigoriev S.A., 2018. Eastern influences and the transition to new types of metalworking at the end of the Early Bronze Age in Central Europe, *Musaica Archaeologica*, № 2, pp. 33–49.
- Grigoriev S.A., 2021a. The evolution of antler and bone cheekpieces from the Balkan-Carpathian region to Central Kazakhstan: chronology of “chariot” cultures and Mycenaean Greece, *Journal of ancient history and archaeology*, № 8.2, pp. 148–189. <https://doi.org/10.14795/j.v8i2.633>
- Grigoriev S.A., 2021b. Archeology, language and genes: the Indo-European perspective, *Journal of Indo-European studies*, № 1&2, pp. 187–230.
- Grigoriev S., 2023a. Chronology of the Seima-Turbino bronzes, early Shang Dynasty and Santorini eruption, *Prähistorische Zeitschrift*, № 98 (2), pp. 569–588.
- Grigoriev S.A., 2023b. Horse and Chariot: Critical Reflections on one Theory, *Archaeologia Austriaca*, № 107, pp. 159–190. <https://doi.org/10.1553/archaeologia107s159>
- Grigoriev S.A., 2024. The relationship between solar and volcanic activity and the chronology of archaeological cultures of Eurasia in the 4th–1st millennia BC, *Journal of ancient history and archaeology*, № 4, pp. 44–56. <https://doi.org/10.14795/j.v11i4.1142>
- Helama S., 2023. Frost rings as time markers in Northern Hemisphere tree-ring chronologies, with special reference to the 1627 BC and AD 536 events, *Dendrochronologia*, vol. 81, 126125. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2023.126125>
- Hernández P.M.S., Maestre F.J.J., Padilla J.A.L., 2013. The social and political situation between 1750 and 1500 cal. B.C. in the central Spanish Mediterranean: an archaeological overview, *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle*, Bd. 9, pp. 303–314.
- Kroonen G.J., Barjamovic G., Peyrot M., 2018. Linguistic supplement to Damgaard et al. 2018: Early Indo-European languages, Anatolian, Tocharian and Indo-Iranian, *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1240524>
- Lull V., Micó R., Herrada C.R., Risch R., 2013. Political collapse and social change at the end of El Argar, *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle*, Bd. 9, pp. 283–302.
- Manning S.W., 2022. Second Intermediate Period date for the Thera (Santorini) eruption and historical implications, *PLoS ONE*, № 17 (9): e0274835. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274835>
- Manning S.W., Griggs C.B., Lorentzen B., Barjamovic G., Ramsey C.B., Kromer B., et al., 2016. Integrated Tree-Ring-Radiocarbon High-Resolution Timeframe to Resolve Earlier Second Millennium BCE Mesopotamian Chronology, *PLoS ONE*, № 11 (7): e0157144. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157144>
- Moorey P.R.S., 1986. The Emergence of the Light, Horse-Drawn Chariot in the Near-East c. 2000–1500 B.C., *World Archaeology*, № 18 (2), pp. 196–215.
- Müller J., Lohrke B., 2009. Neue absolutchronologische Daten für die süddeutsche Hügelgräberbronzezeit, *Germania*, 87, pp. 1–14.
- Nivison D.S., 1999. The Key to the Chronology of the Three Dynasties: The “Modern Text” Bamboo Annals, *Sino-Platonic Papers*, № 93, pp. 1–68.

Pearson Ch., Manning S.W., Coleman M., Jarvis K., 2005. Can tree-ring chemistry reveal absolute dates for past volcanic eruptions?, *Journal of Archaeological Science*, № 32 (8), pp. 1265–1274. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.03.007>

Pearson C.L., Dale D.S., Brewer P.W., Kuniholm P.I., Lipton J., Manning S.W., 2009. Dendrochemical analysis of a tree-ring growth anomaly associated with the Late Bronze Age eruption of Thera, *Journal of Archaeological Science*, № 36, pp. 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.01.009>

Pearson Ch.L., Brewer P.W., Brown D., Heaton T.J., Hodgins G.W.L., Jull A.J.T., Lange T., Salzer M.W., 2018. Annual radiocarbon record indicates 16th century BCE date for the Thera eruption, *Science Advances*, № 4/8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar8241>

Pearson Ch., Salzer M., Wacker L., Brewer P., Sookdeo A., Kuniholm P., 2020. Securing timelines in the ancient Mediterranean using multiproxy annual tree-ring data, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 117, № 15, pp. 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1917445117>

Pearson Ch., Sigl M., Burke A., Davies S., Kurbatov A., Severi M., Cole-Dai J., Innes H., Albert P.G., Helmick M., 2022. Geochemical ice-core constraints on the timing and climatic impact of Aniakhchak II (1628 BCE) and Thera (Minoan) volcanic eruptions, *PNAS Nexus*, № 1 (2), pgac048. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac048>

Primas M., 2008. *Bronzezeit zwischen Elbe und Po. Strukturwandel in Zentraleuropa 2200–800 v. Chr.* Bonn: Habelt, 267 p.

Ritner R.K., Moeller N., 2014. The Ahmose ‘Tempest Stela’, Thera and Comparative Chronology, *Journal of Near Eastern Studies*, № 73/1, pp. 1–19. <https://doi.org/10.1086/675069>

Sigl M., Winstrup M., McConnell J.R., Welten K.C., Plunkett G., Ludlow F., Büntgen U., Caffee M., Chellman N., Dahl-Jensen D., Fischer H., Kipfstuhl S., Kostick C., Maselli O.J., Mekhaldi F., Mulvaney R., Muscheler R., Pasteris D.R., Pilcher J.R., Salzer M., Schüpbach S., Steffensen J.P., Vinther B.M., Woodruff T.E., 2015. Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years, *Nature*, № 523, pp. 543–549. <https://doi.org/10.1038/nature14565>

Tartaron Th.F., 2008. Aegean Prehistory as World Archaeology: Recent Trends in the Archaeology of Bronze Age Greece, *Journal of Archaeological Research*, № 16, pp. 83–161. <https://doi.org/10.1007/S10814-007-9018-7>

Van der Plicht J., 2004. Radiocarbon, the calibration curve and Scythian chronology, *Impact of the Environment on Human Migration in Eurasia. NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences*. Vol. 42. Dordrecht: Springer, pp. 45–61. https://doi.org/10.1007/1-4020-2656-0_5

Vanzetti A., 2013. The rise of the Terramara system (Northern Italy), *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle*, № 9, pp. 267–282.

Wiener M.H., 2009. The state of the debate about the date of the Thera eruption, *Time's Up! Dating the Minoan eruption of Santorini*. Aarhus: Aarhus University Press, pp. 197–206.

Wiener M.H., 2020. Helladic Greece from the Middle Bronze Age to c. 1350 BCE, *From Past to Present. Studies in Memory of Manfred O. Korfmann*. Bonn: Habelt, pp. 279–332.

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, pp. 197–210.

REFERENCES

Besedin, V.I., 1999, “Mycenaean ornamental style of the Bronze Age in Eastern Europe”, *Eurasian forest-steppe in the metal age*, VGU, Voronezh, pp. 45–59. (In Russ.)

Grigoriev, S.A., 2013, *Metallurgical production in Northern Eurasia in the Bronze Age*. Cicero, Chelyabinsk, 660 p. (In Russ.)

Grigoriev, S.A., 2015, *Ancient Indo-Europeans*. Cicero, Chelyabinsk, 496 p. (In Russ.)

Grigoriev, S.A., 2016, “Problem of chronology and origin of the Alakul culture in light of new excavations in the Southern Urals”, *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, no. 3 (34), pp. 44–53. (In Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2016-34-3-044-053>

Grigoriev, S.A., 2024, “Solar and volcanic activity as benchmarks in constructing the absolute chronology of Eurasia”, *Ufa Archaeological Herald*, vol. 24, no. 4, pp. 628–643. (In Russ.) <https://doi.org/10.31833/uav/2024.24.4.041>

Epimakhov, A.V., 2020, “Radiocarbon arguments for the Abashevo origin of the Sintashta traditions in the Bronze Age”, *Ural historical journal*, no. 4 (69), pp. 51–60. (In Russ.) [https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-4\(69\)-51-60](https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-4(69)-51-60)

Zdanovich, G.B., Malyutina, T.S., Zdanovich, D.G., 2020, *Arkaim. The Archaeology of fortified settlements: Monograph in 2 books. Book I: Dwellings and living space*. ChelGU, Chelyabinsk, 449 p. (In Russ.)

Kalieva, S.S., Logvin, V.N., 2009, “Burial ground near Bestamak settlement (a preliminary message)”, *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, no. 9, pp. 32–58. (In Russ.)

Korochkova, O.N., Stefanov, V.I., Spiridonov, I.A., 2020, *Sanctuary of the first metallurgists of the Middle Urals*. UrGU, Ekaterinburg, 214 p. (In Russ.)

Malyutina, T.S., Zdanovich, G.B., 1995, “Kuysak – a fortified settlement of the proto-urban civilization of the Southern Trans-Urals”, *Russia and the East: problems of interaction. Part V. Book I*, ChelGU, Chelyabinsk, pp. 100–106. (In Russ.)

- Pryakhin, A.D., Khalikov, A.Kh., 1987, "Abashevo culture", *Bronze Age of the forest belt of the USSR*, Nauka, Moscow, pp. 124–131. (Archeology of the USSR) (In Russ.)
- Salugina, N.P., 1994, "Technological study of the ceramics of the Potapovka cemetery", *Vasiliev I.B., Kuznetsov P.F., Semenova A.P. Potapovka cemetery of Indo-Iranian tribes on the Volga*, Samara University, Samara, pp. 173–186. (In Russ.)
- Tkachyov, V.V., 2004, "Burial complexes with plate cheekpieces in the Steppe Urals", *Archaeological Almanac. No. 15. The Psalii. Elements of harness and horse equipment in ancient times*, Donetsk Regional Museum of Local Lore, Donetsk, pp. 7–30. (In Russ.)
- Tsivinskaya, L.V., Penin, G.G., 1994, "Mineralogical characteristics of stone tools of the Potapovka cemetery", *Vasiliev I.B., Kuznetsov P.F., Potapovka cemetery of Indo-Iranian tribes on the Volga*, Samara University, Samara, pp. 205–207. (In Russ.)
- Chernykh, E.N., 1970, *Ancient metallurgy of the Urals and the Volga region*. Nauka, Moscow, 180 p. (In Russ.)
- Chernykh, E.N., Kuzminykh, S.V., 1989, *Ancient metallurgy of Northern Eurasia*. Nauka, Moscow, 320 p. (In Russ.)
- Chechushkov, I.V., Epimakhov, A.V., 2010, "The chariot complex of the Ural-Kazakhstan steppes", *Horses, chariots and chariot's drivers of Eurasian steppes*, Rifej, Ekaterinburg, Samara, Donetsk, Chelyabinsk, pp. 182–229. (In Russ.)
- Chechushkov, I.V., Epimakhov, A.V., 2021, "Chronological relationship between the fortified settlement of Kamennyi Ambar and the Kamennyi Ambar-5 cemetery in the Southern Trans-Urals: capabilities of the Bayesian statistics", *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, no. 3 (54), pp. 47–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2021-54-3-4>
- Chechushkov, I.V., Molchanova, V.V., Epimakhov, A.V., 2020, "The absolute chronology of the Late Bronze Age settlements Kamennyi Ambar and Ust'ye I in the Southern Trans-Urals and its Bayesian analysis", *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, no. 2 (49), pp. 5–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-1>
- Shevnina, I.V., Logvin, A.V., 2015, *Bronze Age burial ground Halvay III in Northern Kazakhstan*. IA A.H. Margulan, Astana, 248 p. (Materials and research on the archeology of Kazakhstan, vol. VII) (In Russ.)
- Alekseev, A.Yu., Bokovenko, N.A., Boltrik, Yu., Chugunov, K.A., Cook, G., Dergachev, V.A., Kovalyukh, N., Possnert, G., van der Plicht, J., Scott, E.M., Sementsov, A., Skripkin, V., Vasiliev, S., Zaitseva, G., 2001, "A chronology of the Scythian antiquities of Eurasia based on new archaeological and 14C data", *Radiocarbon*, vol. 43, no. 2B, pp. 1085–1107. <https://doi.org/10.1017/S0033822200041746>
- Alekseev, A.Yu., Bokovenko, N.A., Boltrik, Y.U., Chugunov, K.A., Cook, G., Dergachev, V.A., Kovalyukh, N., Possnert, G., van der Plicht, J., Scott, E.M., Sementsov, A., Skripkin, V., Vasiliev, S., Zaitseva, G., 2002, "Some problems in the study of the chronology of the ancient nomadic cultures in Eurasia (9th – 3rd centuries BC)", *Geochronometria. Journal on Methods and Applications of Absolute Chronology*, vol. 21, pp. 143–150.
- Athanassas, C.D., Modis, K., Alçiçek, M.C., Theodorakopoulou, K., 2017, "Contouring the Cataclysm: A Geographical Analysis of the Effects of the Minoan Eruption of the Santorini Volcano", *Environmental Archaeology*, no. 23 (2), pp. 160–176. <https://doi.org/10.1080/14614103.2017.1288885>
- Barjamovic, G., Hertel, Th., Larsen, M.T., 2012, *Ups and Downs at Kanesh. Chronology, History and Society in the Old Assyrian Period. Chronology, History and Society in the Old Assyrian Period*. PIHANS, Leiden, 161 p. (Old Assyrian Archives Studies, vol. 5)
- Bietak, M., 2012, "Antagonisms in Historical and Radiocarbon Chronology", *Radiocarbon and the Chronologies of Ancient Egypt*, Oxbow Books, Oxford, pp. 76–109.
- Bronk Ramsey, C., Dee, M.W., Rowland, J.M., Higham, T.F.G., Harris, S.A., Brock, F., Quiles, A., Wild, E.M., Marcus, E.S., Shortland, A.J., 2010, "Radiocarbon-based chronology for dynastic Egypt", *Science*, no. 328/5985, pp. 1554–1557. <https://doi.org/10.1126/science.1189395>
- Bruins, H.J., van der Plicht, J., MacGillivray, J.A., 2009, "The Minoan Santorini eruption and tsunami deposits in Palaikastro (Crete): dating by geology, archaeology, 14C, and Egyptian chronology", *Radiocarbon*, no. 51/2, pp. 397–411. <https://doi.org/10.1017/S003382220005579X>
- Brunner, M., von Felten, J., Hinz, M., Hafner, A., 2020, Central European Early Bronze Age chronology revisited: A Bayesian examination of large-scale radiocarbon dating. Central European Early Bronze Age chronology revisited: A Bayesian examination of large-scale radiocarbon dating, *PLoS ONE*, no. 15 (12): e0243719. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243719>
- Conscience, A.-C., 2005, *Wädenswill-Vorder Au. Eine Seeufersiedlung am Übergang vom 17. zum 16. Jh. v. Chr. im Rahmen der Frühbronzezeit am Zürichsee. Unter besonderer Berücksichtigung der frühbronzezeitlichen Funde und Befunde von Meilen-Schellen. Zürcher Archäologie 19. Seeufersiedlungen*. Schwabe Verlag, Basel, Berlin, 155 p.
- David, W., 2002, *Studien zu Ornamentik und Datierung der bronzezeitlichen Depotfundgruppe Hajdúszámon-Apa-Ighiel-Zajta*. ALTIPS.A., Alba Iulia, 882 p.
- De Jong, T., Foertmeyer, V., 2010, "A new look at the Venus observations of Ammisaduqa: traces of the Santorini eruption in the atmosphere of Babylon?", *Jaarbericht van het Vooraziatisch-Egyptisch Genootschap 'Ex Oriente Lux'*, no. 42, pp. 143–159.

Fantuzzi, T., 2009a, “The absolute chronology of the Egyptian S.I.P. New Kingdom transition and its implications for late Minoan Crete”, *Creta Antica*, no. 10/II, pp. 477–500.

Fantuzzi, T., 2009b, “The debate on Aegean high and low chronologies: An overview through Egypt”, *Rivista di Archaeologia*, no. XXXI, pp. 53–65.

Foster, K.P., Ritner, R.K., Foster, B.R., 1996, “Texts, Storms, and the Thera Eruption”, *Journal of Near Eastern Studies*, no. 55/1, pp. 1–14.

Foster, K.P., Sterba, J.H., Steinhauser, G., Bichler, M., 2009, “The Thera eruption and Egypt: pumice, texts and chronology”, *Time's Up! Dating the Minoan eruption of Santorini*, The Danish Institute at Athens, Athens, pp. 171–180.

Gerloff, S., 2007, “Reinecke's ABC and the chronology of the British Bronze Age”, *Beyond Stonehenge essays on the Bronze Age in honour of Colin Burgess*, Oxbow Books, Oxford, pp. 117–161.

Grigoriev, S.A., 2018, “Eastern influences and the transition to new types of metalworking at the end of the Early Bronze Age in Central Europe”, *Musaica Archaeologica*, no. 2, pp. 33–49.

Grigoriev, S.A., 2021a, “The evolution of antler and bone cheekpieces from the Balkan-Carpathian region to Central Kazakhstan: chronology of “chariot” cultures and Mycenaean Greece”, *Journal of ancient history and archaeology*, no. 8.2, pp. 148–189. <https://doi.org/10.14795/j.v8i2.633>

Grigoriev, S.A., 2021b, “Archeology, language and genes: the Indo-European perspective”, *Journal of Indo-European studies*, no. 1&2, pp. 187–230.

Grigoriev, S.A., 2023a, “Chronology of the Seima-Turbino bronzes, early Shang Dynasty and Santorini eruption”, *Prähistorische Zeitschrift*, no. 98 (2), pp. 569–588.

Grigoriev, S.A., 2023b, “Horse and Chariot: Critical Reflections on one Theory”, *Archaeologia Austriaca*, no. 107, pp. 159–190. <https://doi.org/10.1553/archaeologia107s159>

Grigoriev, S.A., 2024, “The relationship between solar and volcanic activity and the chronology of archaeological cultures of Eurasia in the 4th–1st millennia BC”, *Journal of ancient history and archaeology*, no. 4, pp. 44–56. <https://doi.org/10.14795/j.v11i4.1142>

Helama, S., 2023, “Frost rings as time markers in Northern Hemisphere tree-ring chronologies, with special reference to the 1627 BC and AD 536 events”, *Dendrochronologia*, vol. 81, 126125. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2023.126125>

Hernández, P.M.S., Maestre, F.J.J., Padilla, J.A.L., 2013, “The social and political situation between 1750 and 1500 cal. B.C. in the central Spanish Mediterranean: an archaeological overview”, *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle*, Bd. 9, pp. 303–314.

Kroonen, G.J., Barjamovic, G., Peyrot, M., 2018, “Linguistic supplement to Damgaard et al. 2018: Early Indo-European languages, Anatolian, Tocharian and Indo-Iranian”, *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1240524>

Lull, V., Micó, R., Herrada, C.R., Risch, R., 2013, “Political collapse and social change at the end of El Argar”, *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle*, Bd. 9, pp. 283–302.

Manning, S.W., 2022, “Second Intermediate Period date for the Thera (Santorini) eruption and historical implications”, *PLoS ONE*, no. 17 (9): e0274835. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274835>

Manning, S.W., Griggs, C.B., Lorentzen, B., Barjamovic, G., Ramsey, C.B., Kromer, B., et al., 2016, “Integrated Tree-Ring-Radiocarbon High-Resolution Timeframe to Resolve Earlier Second Millennium BCE Mesopotamian Chronology”, *PLoS ONE*, no. 11 (7): e0157144. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157144>

Moorey, P.R.S., 1986, “The Emergence of the Light, Horse-Drawn Chariot in the Near-East c.2000–1500 B.C.”, *World Archaeology*, no. 18 (2), pp. 196–215.

Müller, J., Lohrke, B., 2009, “Neue absolutchronologische Daten für die süddeutsche Hügelgräberbronzezeit”, *Germania*, no. 87, pp. 1–14.

Nivison, D.S., 1999, “The Key to the Chronology of the Three Dynasties: The “Modern Text” Bamboo Annals”, *Sino-Platonic Papers*, no. 93, pp. 1–68.

Pearson, C.L., Dale, D.S., Brewer, P.W., Kuniholm, P.I., Lipton, J., Manning, S.W., 2009, “Dendrochemical analysis of a tree-ring growth anomaly associated with the Late Bronze Age eruption of Thera”, *Journal of Archaeological Science*, no. 36, pp. 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.01.009>

Pearson, Ch., Manning, S.W., Coleman, M., Jarvis, K., 2005, “Can tree-ring chemistry reveal absolute dates for past volcanic eruptions?”, *Journal of Archaeological Science*, no. 32, pp. 1265–1274. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.03.007>

Pearson, Ch., Salzer, M., Wacker, L., Brewer, P., Sookdeo, A., Kuniholm, P., 2020, “Securing timelines in the ancient Mediterranean using multiproxy annual tree-ring data”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 117, no. 15, pp. 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1917445117>

Pearson, Ch., Sigl, M., Burke, A., Davies, S., Kurbatov, A., Severi, M., Cole-Dai, J., Innes, H., Albert, P.G., Helmick, M., 2022, “Geochemical ice-core constraints on the timing and climatic impact of Aniakchak II (1628 BCE) and Thera (Minoan) volcanic eruptions”, *PNAS Nexus*, no. 1 (2), pgac048. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac048>

Pearson, Ch.L., Brewer, P.W., Brown, D., Heaton, T.J., Hodgins, G.W.L., Jull, A.J.T., Lange, T., Salzer, M.W., 2018, “Annual radiocarbon record indicates 16th century BCE date for the Thera eruption”, *Science Advances*, no. 4/8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar8241>

Primas, M., 2008, *Bronzezeit zwischen Elbe und Po. Strukturwandel in Zentraleuropa 2200–800 v. Chr.* Habelt, Bonn, 267 p.

- Ritner, R.K., Moeller, N., 2014, "The Ahmose 'Tempest Stela', Thera and Comparative Chronology", *Journal of Near Eastern Studies*, no. 73/1, pp. 1–19. <https://doi.org/10.1086/675069>
- Sigl, M., Winstrup, M., McConnell, J.R., Welten, K.C., Plunkett, G., Ludlow, F., Büntgen, U., Caffee, M., Chellman, N., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Kipfstuhl, S., Kostick, C., Maselli, O.J., Mekhaldi, F., Mulvaney, R., Muscheler, R., Pasteris, D.R., Pilcher, J.R., Salzer, M., Schüpbach, S., Steffensen, J.P., Vinther, B.M., Woodruff, T.E., 2015, "Timing and climate forcing of volcanic eruptions for the past 2,500 years", *Nature*, no. 523, pp. 543–549. <https://doi.org/10.1038/nature14565>
- Tartaron, Th.F., 2008, "Aegean Prehistory as World Archaeology: Recent Trends in the Archaeology of Bronze Age Greece", *Journal of Archaeological Research*, no. 16, pp. 83–161. <https://doi.org/10.1007/S10814-007-9018-7>
- Van der Plicht, J., 2004, "Radiocarbon, the calibration curve and Scythian chronology", *Impact of the Environment on Human Migration in Eurasia. NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences*, vol. 42, Springer, Dordrecht, pp. 45–61. https://doi.org/10.1007/1-4020-2656-0_5
- Vanzetti, A., 2013, "The rise of the Terramara system (Northern Italy)", *Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle*, no. 9, pp. 267–282.
- Wiener, M.H., 2009, "The state of the debate about the date of the Thera eruption", *Time's Up! Dating the Minoan eruption of Santorini*, Aarhus University Press, Aarhus, pp. 197–206.
- Wiener, M.H., 2020, "Helladic Greece from the Middle Bronze Age to c. 1350 BCE", *From Past to Present. Studies in Memory of Manfred O. Korfmann*, Habelt, Bonn, pp. 279–332.
- 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*, no. 8, pp. 197–210.
-

Сведения об авторе

Станислав Аркадьевич Григорьев, кандидат исторических наук, Институт истории и археологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Челябинск. E-mail: stgrig@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6633-8686, Scopus ID: 36971467300

Information About the Author

Stanislav A. Grigoriev, Candidate of Sciences (History), Institute of History and archeology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Chelyabinsk. E-mail: stgrig@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6633-8686, Scopus ID: 36971467300

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the author declare the absence of conflict of interests