

АРХЕОЛОГИЯ

<https://doi.org/10.20874/2071-0437-2020-49-2-1>

И.В. Чечушков ^a, В.В. Молчанова ^a, А.В. Епимахов ^b

^a Институт истории и археологии УрО РАН
ул. С. Ковалевской, 16, Екатеринбург, 620108

^b Южно-Уральский государственный университет
просп. Ленина, 76, Челябинск, 454080

E-mail: chivpost@gmail.com;

vlarech@inbox.ru;

epimakhovav@susu.ru

АБСОЛЮТНАЯ ХРОНОЛОГИЯ ПОСЕЛЕНИЙ ПОЗДНЕГО БРОНЗОВОГО ВЕКА КАМЕННЫЙ АМБАР И УСТЬЕ I В ЮЖНОМ ЗАУРАЛЬЕ: ВОЗМОЖНОСТИ БАЙЕСОВСКОЙ СТАТИСТИКИ

Статья посвящена анализу серий радиоуглеродных дат поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I в южных районах Челябинской области. Анализ некалиброванных измерений методами разведочного анализа данных позволил выявить основные группы дат и установить статистические «выбросы». Учет фактов стратиграфии позволяет применить байесовскую статистику для реконструкции внутренней хронологии, вычисления длительности эпизодов существования поселений и их сравнения друг с другом. Байесовские модели продемонстрировали, что Каменный Амбар мог функционировать около 50 лет, а Устье I — около 100 лет. Краткосрочность существования и многочисленные перестройки могут объясняться необходимостью регулярного переселения всего коллектива обитателей поселка из-за истощения местных природных ресурсов.

Ключевые слова: поздний бронзовый век, радиоуглеродное датирование, байесовский анализ.

Введение

Абсолютная хронология позднего бронзового века Южного Зауралья надежно базируется на значительной серии радиоуглеродных дат, полученных AMS ¹⁴C-методом. Прделанная к настоящему времени работа позволила уточнить выводы, сделанные исходя из стратиграфических наблюдений и типологического анализа, а также установить хронологию эпохальных событий. Так, продемонстрировано, что суммированные даты синташтинских комплексов укладываются в период длительностью около 200 лет (3920–3700 кал.л.н.¹ при 68,2 %), следующих за ними петровских — 140 лет (3830–3690 кал.л.н. при 68,2 %), а срубно-алакульских — 550 лет (3850–3400 кал.л.н. при 68,2 %) [Епимахов, 2007; Молодин и др., 2014]. Однако очевидно, что применяемый подход, хотя и создает требуемое представление об абсолютной хронологии, имеет существенные ограничения. В их числе — невозможность интегрирования стратиграфической информации, ограничивающей калиброванные интервалы. В результате получаются максимально широкие датировки и создается парадоксальная ситуация пересечения интервалов хронологически последовательных явлений. Кроме того, в силу ориентации на датирование археологических культур уделяется мало внимания истории конкретных памятников.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что до сих пор решалась задача датирования археологических культур методом суммирования вероятностных интервалов (метод предназначен для определения единообразия выборки, а не длительности интервалов), в то время как методы байесовской статистики для анализа совокупностей радиоуглеродных дат в полной мере не применялись. Накопление серий дат, полученных из замкнутых археологических контекстов в уверенно определяемой стратиграфической позиции, позво-

¹ От 1950 г. н.э. Использование радиоуглеродного летоисчисления вместо привычного отсчета лет от 0 года Григорианского календаря обусловлено необходимостью унификации лабораторных и калиброванных значений и сложным соотношением между радиоуглеродными и календарными годами, так как конвенционный период полураспада изотопа углерода 14 составляет 5730 ± 40 лет (см.: [Malainey, 2011, p. 102–104]). По сути, радиоуглеродная хронология представляет собой вероятностные гипотезы, и калибровка значений не уравнивает эти гипотезы с календарной хронологией. Отсчет радиоуглеродных лет от 0 года н.э. может создавать неверное впечатление о датировке событий.

ляет перейти к установлению новых фактов из истории отдельных памятников и формулированию гипотез для их объяснения.

Цель данной работы заключается в анализе серии радиоуглеродных дат, полученных на материалах поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I, расположенных на юге Челябинской области в пределах степной зоны Зауралья пенеппена. Хорошая археологическая изученность памятников неразрушающими методами и раскопками значительных площадей позволила установить основные факты их стратиграфии и истории функционирования [Krause, Koryakova, 2013, 2020; Виноградов, 2013]. Кроме того, в обоих случаях произведен базовый анализ радиоуглеродных дат и выделены основные хронологические вехи [Erimakhov, Krause, 2013; Епимахов, 2013]. Учет фактов стратиграфии при дальнейшем анализе, включая стратиграфию отдельных объектов [Rühl et al., 2016], позволяет применить байесовскую статистику для реконструкции внутренней хронологии, вычисления длительности эпизодов существования поселений и их сравнения друг с другом.

Задачи настоящего исследования сформулированы в виде следующих вопросов:

1. Синхронны ли ранние этапы функционирования обоих поселений, ассоциирующиеся с керамикой синташтинского и петровского типов?
2. Какова была длительность ранних этапов на каждом памятнике?
3. Каковы хронологические границы между ранними и поздними этапами для каждого поселения?
4. Синхронны ли поздние этапы функционирования обоих поселений, ассоциирующиеся с керамикой срубно-алакульского облика?

Методы исследования

Изучение выборки радиоуглеродных дат начинается с анализа относительных стратиграфических позиций образцов, соотношений ошибочных интервалов априорных (некалиброванных и немоделированных) измерений и изучения кривых распределения суммированных интервалов для определения «выбросов» и отдельных групп. В результате выявляются группы измерений с пересекающимися и непересекающимися интервалами и устанавливается, есть ли стратиграфические или естественные объяснения данным наблюдениям. Это является наиболее важным методическим условием, позволяющим принять решение об основаниях формирования выборки для моделирования: исходные допущения о хронологии памятников, формирующие варианты организации кода программы моделирования [Шнеевайс и др., 2018]. Это включает в себя определение количества фаз в моделях, определение их последовательности, устранение или выделение в отдельные фазы «выбросов», а также использование запросов для определения модельной продолжительности тех или иных промежутков. На основании принятого решения осуществляется байесовское моделирование калиброванных дат и строятся возможные варианты хронологии каждого из изучаемых памятников (см., напр.: [Kennett et al., 2011; Raczyk, Siklósi, 2013; Wicks et al., 2014]).

Теорема, лежащая в основе применяемого аналитического метода, была разработана в XVIII в. математиком Т. Байесом и заключается в том, что вероятность события может быть уточнена с учетом другого, связанного события [Buck et al., 1996]. Байесовское статистическое моделирование радиоуглеродных дат внедрено в качестве инструмента в программу калибровки OxCal и состоит в том, что хронологическая модель строится с учетом информации о стратиграфическом контексте каждого из включенных радиоуглеродных измерений [Bronk Ramsey, 1998, p. 461]. Это позволяет ограничить распределение вероятностного интервала каждой радиоуглеродной даты вдоль калибровочной кривой, с одной стороны сужая датировку изучаемых событий, а с другой — компенсирова всплески самой кривой в результате сокращения «шлейфов». Кроме того, этот подход позволяет выявлять даты, лежащие за пределами статистически достоверных групп калиброванных дат («выбросы»). Примером является взаимное ограничение интервалов ошибок калиброванных интервалов для дат, происходящих из стратиграфически последовательных и изолированных слоев [Banning, 2002, p. 126]. Именно этот подход применен в данной работе, так как изучаемые памятники снабжены надежной стратиграфической информацией.

Вся совокупность радиоуглеродных дат по каждому памятнику проанализирована с точки зрения стратиграфического соотношения образцов и определены «выбросы», т.е. крайние измерения, лежащие за пределами интервала в две сигмы от основной группы дат. При определении выбросов мы исходим из того, что набор средних значений каждой из дат может быть

принят как любой другой числовой ряд, следовательно, к нему могут быть применены методы разведочного анализа данных [Drennan, 2009]. Затем организованные в хронологическом порядке даты введены в программу OxCal 4.3.2. Программы моделирования состоят из последовательного набора запросов, определяющих, каким именно образом будет рассчитываться апостериорное распределение вероятности каждой из внесенных дат. В общем виде программы выглядят следующим образом: каждая открывается командой «*Sequence*» (последовательность, определяющая, что измерения датируют последовательные события, что является допущением), указывающей, что все датируемые события организованы по порядку. Внутри размещены запросы «*Boundary*» (граница), открывающие и закрывающие каждую из стратиграфически определенных фаз, что является археологически заданным допущением о последовательностях. Эта команда позволяет ограничить калиброванные интервалы, попадающие в поле значений соседствующей фазы, и рассчитать продолжительность фаз путем датирования событий в начале и в конце каждой фазы на основании всей совокупности дат в пределах границ. Внутри запросов «*Boundary*» в хронологическом порядке размещены команды калибровки радиоуглеродных измерений («*R_Date*»), при этом в некоторых случаях они сгруппированы командой «*Phase*» (фаза), указывающей, что порядок событий неизвестен, следовательно, калиброванные интервалы не зависят один от другого. Каждый из этапов и программ целиком заканчивается запросами «*Sum*» (суммированный интервал), «*Span*» (продолжительность), «*Difference*» (разница между параметрами), позволяющим рассчитать длительность того или иного смоделированного отрезка.

Следует подчеркнуть, что результаты байесовского моделирования радиоуглеродных дат не являются истиной в последней инстанции: это наблюдения о закономерностях распределения калиброванных измерений в связи с археологической информацией, позволяющие формулировать гипотезы о хронологии изучаемых объектов. Это связано со следующими причинами. Во-первых, калибровочная шкала регулярно обновляется, и иногда в нее вносятся существенные поправки на отдельных участках [Reimer et al., 2013]. Во-вторых, любая статистика напрямую зависит от качества и размера выборки: если выборка сформирована неслучайным образом и не отражает изучаемого явления, результат моделирования всегда будет тем или иным образом искажен [Drennan, 2009, p. 88]. В-третьих, фактологические наблюдения на памятниках археологии отчасти являются интерпретацией, не застрахованной от ошибки (например, могут существовать неучтенные факты обратной стратиграфии или слои могут быть выделены ошибочно). В-четвертых, всегда существует проблема «артефакта алгоритма», заключающаяся в том, что, несмотря на использование данных измерений, их достоверность может быть невелика в силу третьей причины [Шнеевайс и др., 2018, с. 806]. Тем не менее сформулированные по известным основаниям гипотезы могут быть подвергнуты дальнейшей проверке, подтверждены или опровергнуты.

Объекты исследования

Следует сказать, что на объектах исследования — поселениях Каменный Амбар и Устье I стратиграфический анализ выявил два хронологических этапа. На первом этапе население проживало в смежных домах-полуземлянках в пределах обводных стен и рвов. На Каменном Амбаре жилища раннего этапа организованы в четыре параллельные линии с двумя улицами. На Устье I жилища организованы также в виде параллельных линий застройки, вероятно, в три ряда с двумя улицами между ними. Очевидно, что не все жилища были заселены постоянно: свидетельства перестроек говорят о изменениях в обитаемой площади, причем в сторону как увеличения — на Устье I, так и сокращения — на Каменном Амбаре. При этом на Устье I на основании соотношения обводных рва и стены с перекрывающими их жилищами автор раскопок выделяет два строительных горизонта (фазы) в пределах раннего этапа: первый, ассоциирующийся с синташтинским типом керамики, и второй — с петровской керамикой [Виноградов, 2013]. На Каменном Амбаре тоже выявлены многочисленные перестройки в течение первого этапа, а также выделены две строительные фазы, впрочем без жесткого соотнесения с керамическими типами [Корякова, Кузьмина, 2017].

На втором этапе диагностируется изменение образа жизни: жители предпочитали селиться в разреженных постройках, а практика сооружения жилищ смежными стенами была оставлена. На Устье I жилища второго этапа расположены вне площадки раннего поселения, примыкая к ней со стороны речной поймы и восточной окраины. На Каменном Амбаре часть построек второго этапа разрушила ранний слой. Это надежно зафиксировано раскопками на всех исследованных участках.

В табл. 1 приведены принятая в этой работе схема относительной хронологии и основные характеристики этапов.

Относительная хронология изучаемых поселений

The relative chronology of the analyzed settlements

	Устье I	Каменный Амбар
Ранний этап 1	Городище, 25–35 жилищ Две строительные фазы Первая фаза: синташтинский тип Вторая фаза: петровский тип	Городище, 30–46 жилищ Две строительные фазы Керамика синташтинского и петровского типов
Поздний этап 2	Селище, 7–10 жилищ Керамика срубно-алакульского типа	Селище, 10–12 жилищ Керамика срубно-алакульского типа

На каждом памятнике получена серия радиоуглеродных дат (табл. 2).

Радиоуглеродные даты поселений Устье I и Каменный Амбар

Radiocarbon measurements from Ust'ye I and Kamennyi Ambar

Лаб. код	Дата	±	Локализация	Материал	Источник
Устье I (n = 5)					
OxA-12563	3571	31	Помещ. 2, колодец	Дерево, уголь	[Епимахов, 2013]
OxA-12562	3488	32	Помещ. 2, пол	Кость, Bos Taurus	[Епимахов, 2013]
OxA-12560	3476	32	Погр. 3	Кость, Homo sapiens	[Епимахов, 2013]
OxA-12561	3454	31	Погр. 8	Кость, Homo sapiens	[Епимахов, 2013]
OxA-12517	3307	29	Погр. 4	Кость, Homo sapiens	[Епимахов, 2013]
Каменный Амбар (n = 47)					
Ki-15508	6020	100	Под обводной стеной	Почва	[Епимахов, 2010]
MAMS-11649	3989	67	Постр. 4, колодец 4/1, верхнее заполнение	Уголь	[Ruhl et al., 2016]
MAMS-11654	3976	53	Постр. 2, колодец 2/8	Почва/дерево	[Krause, Koryakova, 2013]
Ki-15502	3900	70	Заполнение рва	Почва	[Krause, Koryakova, 2013]
Ki-15503	3820	70	Заполнение рва	Почва	[Krause, Koryakova, 2013]
Hd-28408	3644	31	Постр. 2, колодец 2/1a	Дерево	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-11657	3643	27	Постр. 5, столб. ямка	Дерево	[Корякова, 2012]
Hd-28458	3636	26	Постр. 2, колодец 2/4	Дерево	[Krause, Koryakova, 2013]
HD-28431	3618	31	Постр. 2, колодец 2/1	Дерево	[Krause, Koryakova, 2013]
Hd-28430	3617	31	Постр. 2, колодец 2/1a	Дерево	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-22509	3608	24	Заполнение рва, уч. УФ/46	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-11651	3601	38	Постр. 2, колодец 2/7 (в публикации [Krause, Koryakova, 2013] ошибочно указан колодец 3/1)	Уголь	[Krause, Koryakova, 2013]
HD-28432	3594	31	Постр. 2, колодец 2/1	Дерево, внешнее кольцо 5	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-15087	3592	30	Постр. 5, колодец 5/1	Растение	[Корякова, Кузьмина, 2017]
MAMS-11660	3577	21	Постр. 2, колодец 2/9	Дерево, внешнее кольцо 1	[Krause, Koryakova, 2013]
Hd-29289	3572	23	Постр. 4, колодец 4/1	Уголь	[Епимахов, 2010]
MAMS-19904	3570	30	Постр. 5, колодец 5/9	Растение	[Корякова, Кузьмина, 2017]
MAMS-15084	3564	23	Постр. 4, колодец 4/1, верхнее заполнение	Уголь	[Ruhl et al., 2016]
MAMS-19903	3561	27	Постр. 5, колодец 5/9	Дерево	[Корякова, Кузьмина, 2017]
Hd-28457	3559	26	Постр. 2, колодец 2/4	Дерево	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-21412	3559	23	Постр. 5, колодец 5/4	Уголь	[Корякова, Кузьмина, 2017]
MAMS-15083	3558	28	Постр. 6, колодец 6/1, нижнее заполнение	Обугл. семена растений	[Ruhl et al., 2016]
MAMS-11652	3550	24	Постр. 7, колодец 7/1	Уголь	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-11661	3548	25	Постр. 2, колодец 2/4	Дерево (сосновая шишка)	[Krause, Koryakova, 2013]
Hd-29226	3547	25	Постр. 5	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-11656	3540	27	Постр. 2, колодец 2/9	Дерево	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-11659	3539	22	Постр. 2, колодец 2/9	Дерево, внешнее кольцо 1	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-15085	3537	22	Постр. 4, колодец 4/1, нижнее заполнение	Уголь	[Ruhl et al., 2016]
MAMS-11655	3531	24	Постр. 3, колодец 3/1	Уголь	[Krause, Koryakova, 2013]
Hd-29227	3530	20	Постр. 5, пол	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-11658	3526	24	Постр. 5, колодец 5/2	Уголь из пробы	[Корякова, 2012]
Hd-29292	3520	24	Постр. 4, пол	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-19907	3518	26	Постр. 5, колодец 5/7	Растение	[Корякова, Кузьмина, 2017]
Hd-29249	3515	30	Постр. 5, заполнение	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-19403	3514	21	Постр. 5	Уголь	[Корякова, Кузьмина, 2017]
MAMS-21414	3511	24	Постр. 5	Уголь	[Корякова, Кузьмина, 2017]
MAMS-27518	3505	29	Постр. 5, колодец 5/10	Растение	[Корякова, Кузьмина, 2017]
MAMS-19908	3502	32	Постр. 5, колодец 5/7	Растение	[Корякова, Кузьмина, 2017]
Hd-29412	3482	45	Постр. 6, колодец 6/1	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-11653	3471	25	Постр. 2, колодец 2/5	Уголь	[Krause, Koryakova, 2013]
MAMS-22510	3466	25	Заполнение рва, уч. P/40-41	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-15082	3462	22	Постр. 6, колодец 6/1, заполнение	Обугл. семена растений	[Ruhl et al., 2016]
Hd-29225	3442	33	Постр. 6, колодец 6/1	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
MAMS-11650	3433	25	Постр. 6, колодец 6/1	Дерево	[Корякова, 2012]
Hd-29411	3417	23	Постр. 5, пол	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
Hd-29410	3415	25	Постр. 4	Уголь	[Krause, Koryakova, 2020]
UBA-26188	*****3348	36	Постр. 6, колодец 6/1, верхнее заполнение	Обугл. семена растений	[Ruhl et al., 2016]

Очевидно, выявленные различия обусловлены разницей в образе жизни, демографии и традициях домостроения. Помимо образа жизни, изменения диагностируются в облике матери-

Абсолютная хронология поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I...

альной культуры, в частности в гончарной традиции. Ранний этап ассоциируется с керамической посудой двух основных типов: синташтинского (острореберные горшки с ребром на внутренней стороне венчика) и петровского (горшки с прямой шейкой и с широким воротничком под венчиком), а также с металлическими изделиями раннего этапа Евразийского металлургического очага [Виноградов, Алаева, 2013; Пантелеева, 2013; Дегтярева, Кузьминых, 2013]. Поздний этап стратиграфически ассоциируется с горшками со слегка раздутым туловом, плавной профилировкой, прямой шейкой и венчиком, в литературе часто обозначаемыми термином «срубно-алакульская керамика» [Krause, Koguyakova, 2013, p. 14–17]. На Каменном Амбаре посуда данного облика в целом залегает стратиграфически выше посуды синташтинского и петровского типов [Panteleyeva, 2013, p. 185], а на Устье I горшки этого типа происходят из погребений, совершенных в то время, когда раннее поселение уже лежало в руинах [Виноградов, 2013, с. 111–117].

Результаты исследования

Анализ стратиграфического положения образцов и априорных значений радиоуглеродных дат

Прежде чем перейти к построению байесовских моделей, следует проанализировать исходные выборки радиоуглеродных дат, приведенных в табл. 2. Так, для Устья I получено лишь пять дат в некалиброванном интервале между 3602–3278 л.н. (крайние значения интервалов дат при 68,2 % вероятности), что отображено на рис. 1а, где даты нанесены на некалиброванную хронологическую шкалу, а интервалы суммированы под калибровочной кривой. Все даты снабжены стратиграфическим или типологическим контекстом и исходя из этих фактов могут быть соотнесены друг с другом. Так, наиболее ранняя дата (3571 ± 31 , ОхА-12563) получена по обугленному дереву из колодца на территории помещения 2, из которого также происходят фрагменты сосудов синташтинского типа. Вероятно, дата отражает момент окончания функционирования колодца. На протяжении второй фазы, во время которой возник петровский строительный горизонт, колодец не функционировал, так как был перекрыт новой постройкой.

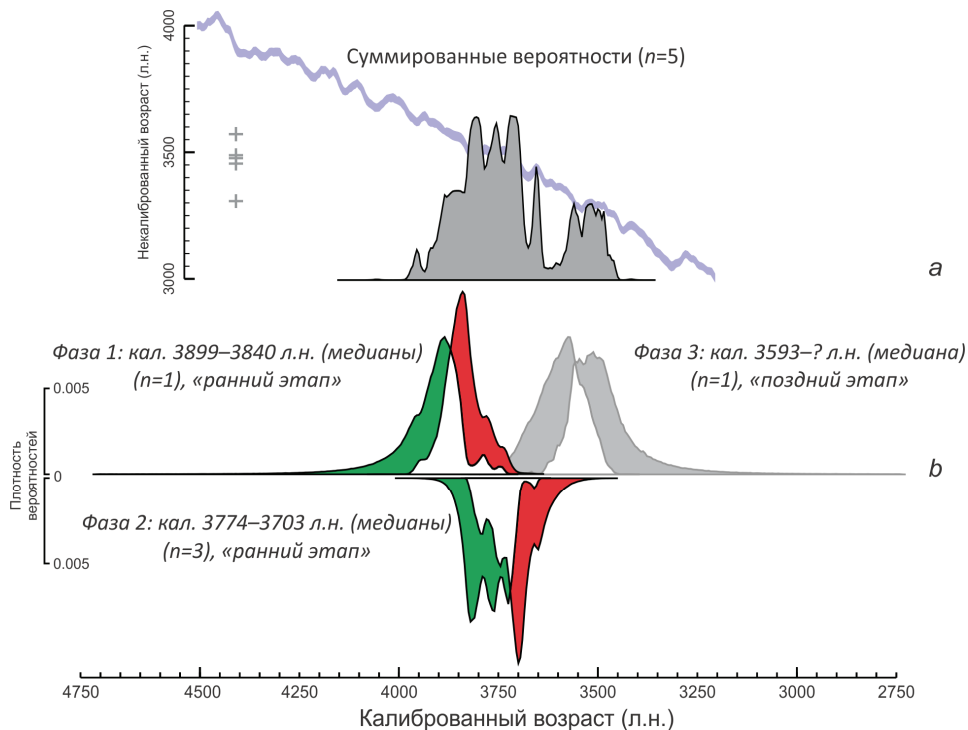


Рис. 1. Радиоуглеродная хронология поселения Устье I: а — суммированные интервалы; б — результаты байесовского моделирования (трехфазная модель).

Fig. 1. Radiocarbon chronology of Ust'y'e I:
а — summed probabilities; б — results of the Bayesian analysis (the three-phase model).

Следующая по хронологии дата (3488 ± 31 , ОхА-12562) получена по кости КРС из заполнения помещения 2, относимого автором раскопок ко второму строительному горизонту раннего

этапа. Хотя культурный слой поселения сильно потревожен распашкой и стратиграфическое положение данного образца относительно первого окончательно не ясно, на разный возраст датированных событий указывает отсутствие пересечения ошибочных интервалов. Следующая по возрасту дата (3476 ± 32 , ОхА-12560) определена по кости ребенка из погребения 3 и статистически не отличается от предыдущей. Погребенному сопутствовал сосуд петровского облика. В погребении 8, из которого происходит образец ОхА-12561 (3454 ± 31), были захоронены двое детей в сопровождении сосудов петровского типа, причем со значительным временным промежутком: второй погребенный и сопровождающий сосуд перекрыты останками и разрушенным горшком первого. Дата была получена по второму индивиду, т.е. относится к более позднему времени. Установить относительную хронологическую позицию погребений 3 и 8 невозможно, поскольку оба соотносятся с жилищами второй строительной фазы, а их ошибочные интервалы пересекаются друг с другом. Хронологически последняя в серии дата (3307 ± 29 , ОхА-12517) была определена по кости человека из погребения 4 с двумя сосудами срубно-алакульского типа. Измерение демонстрирует статистически достоверное отличие от предшествующей даты, а нахождение погребения в культурном слое поселения позволяет предполагать более позднюю стратиграфическую позицию относительно погребений 3 и 8, а также в целом второй фазы раннего этапа.

Анализ некалиброванных значений радиоуглеродных дат с поселения Устье I позволяет сделать следующее заключение. Наиболее ранняя и поздняя даты демонстрируют статистически достоверные различия ($\pm 1\sigma$) с ближайшими к ним значениями. Две даты, происходящие из погребальных контекстов с керамикой петровского типа, статистически идентичны, и к ним же примыкает дата без выраженного контекста. Таким образом, измеренные значения распадаются на три группы: раннюю, среднюю и позднюю. Ранняя и средняя группа соотносятся с синташтинским и петровским строительными горизонтами, а поздняя — со срубно-алакульским этапом.

На Каменном Амбаре было отобрано 47 органических образцов, происходящих из различных контекстов (колодцы, полы жилищ, материал из-под обводной стены). Большинство образцов было получено из древесины, древесного угля, обугленных семян или других органических материалов. Кроме того, образцы отобраны из стратиграфически различных объектов, что уже учитывалось в анализе радиоуглеродных дат [Rühl et al., 2016; Корякова, Кузьмина, 2017].

Наиболее ранняя дата имеет возраст 6020 ± 100 л.н. (Ki-15508) и маркирует горизонт почвообразования за 2500 лет до строительства обводной стены, поэтому она исключена из дальнейшего анализа.

Некалиброванные радиоуглеродные значения дат из культурного слоя лежат в интервале 4056–3312 л.н. (верхняя и нижняя граница интервала 68,2 % крайних дат в выборке). Организованные в хронологическом порядке, они явным образом распадаются на две группы, отстоящие друг от друга: 42 даты попадают в статистически значимую выборку (только самое позднее значение входит в категорию близких выбросов), а четыре значения — далекие ранние «выбросы» (диаграмма «ящик с усами» на рис. 2а). Разница в радиоуглеродном возрасте между последней датой первой группы и начальной датой второй группы составляет 176 лет. Калибровка и суммирование значений подтверждают это наблюдение, поскольку результирующая кривая имеет длинный плоский шлейф справа и плотно сгруппированные пики слева (рис. 2а).

В первой группе ($n = 4$) среднее арифметическое возраста составляет 3921 ± 46 л.н., а средняя разница в возрасте между последовательно организованными датами — 56 ± 28 лет (68,2 %). В этой группе два измерения были сделаны по материалу из обводного рва (3900 ± 70 , Ki-15502; 3820 ± 70 , Ki-15503), а два других по органическому материалу из заполнения колодцев 4/1 и 6/1, куда мог попасть более ранний материал (3989 ± 67 , MAMS-11649; 3976 ± 53 , MAMS-11654) (рис. 2б, «Естественные события»). Во второй группе ($n = 42$) среднее арифметическое возраста дат составляет 3534 ± 10 л.н. (68,2 %), а средняя разница между последовательно-организованными датами — 7 ± 2 года (68,2 %), т.е. даты второй группы имеют меньший хронологический разброс и значительно моложе по возрасту. В то же время во второй группе даты определены по дереву, углю и семенам растений (рис. 2б, «Исторические события»). Данные наблюдения подтверждают вывод, что четыре измерения первой группы представляют собой статистические выбросы, не связанные с человеческой деятельностью.

Наиболее ранняя дата в этой серии — Nd-28408 (3644 ± 31), полученная по дереву из колодца, однако в данном случае речь может идти о резервуарном эффекте с неизвестным коэффициентом. Поскольку в конструкции обсадки в обводненной части колодца были использованы плахи, то эффект «старого дерева» также не исключен.

Абсолютная хронология поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I...

Чрезвычайный интерес представляет следующая дата, MAMS-11657, полученная по дереву из столбовой ямки в жилище 5. Эта дата имеет радиоуглеродный возраст 3643 ± 27 лет, что значительно раньше всех остальных дат из этого жилища. Вероятно, ранний возраст может быть объяснен эффектом «старого дерева»², а образец диагностирует наиболее раннюю возможную дату начала сооружения жилища 5 и, возможно, всего поселения. Это заключение подтверждается более поздним возрастом образца из заполнения рва (3608 ± 24 , MAMS-22509), явно связанным с процессом начала формирования органических накоплений во рву.

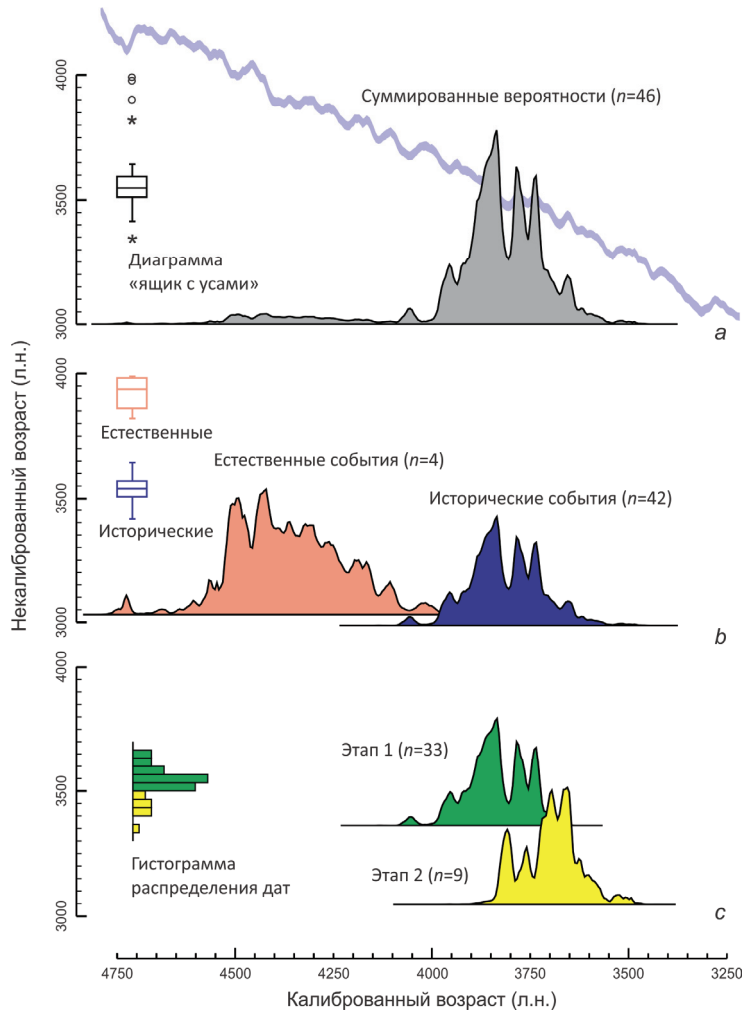


Рис. 2. Радиоуглеродная хронология поселения Каменный Амбар:

a — диаграмма «ящик с усами» и суммированный интервал радиоуглеродных дат; *b* — суммированные интервалы дат естественных и исторических событий; *c* — суммированные интервалы этапа 1 и этапа 2.

Fig. 2. Radiocarbon chronology of Kamennyi Ambar:

a — diagram «box-and-whiskers» and a summed interval of radiocarbon dates; *b* — summed intervals of dates of natural and historical events; *c* — summed intervals of Period 1 and Period 2.

Из оставшихся 40 дат 30 получено по материалам из колодцев. При этом, как продемонстрировано в работе Rühl et al. [2016], даты из колодцев не обязательно соотносятся с их вертикальным положением, поэтому во всех возможных случаях следует ориентироваться на придонные образцы.

Среди колодцев этапа 1 существования городища авторами раскопок выделены две фазы, отличающиеся друг от друга характером заполнения. Колодцы 2/2, 2/4, 4/1(?), 5/1, 5/2, 5/9 и 5/4 отнесены к ранней фазе на основании того, что они были целенаправленно засыпаны глиной,

² Сохранность образца не позволяет утверждать, что были проанализированы внешние кольца, т.е. нет уверенности, что мы имеем дело с датой порубки, а не этапом роста дерева.

полученной при строительстве новых колодцев. Эти последующие колодцы 2/1, 2/1а, 2/5, 2/7, 2/8, 2/9, 7/1, 5/7 и 5/10, также относящиеся к раннему этапу существования поселения, отличаются многослойным органическим заполнением, образовавшимся в процессе их руинизации и утилизации органического мусора в их шахтах (?). Наконец, к третьей группе относятся колодцы второго этапа существования поселения, ассоциирующегося со срубно-алакульской керамикой (3/1 и 6/1), однако диапазон даты колодца 3/1 соотносится с диапазоном дат более ранних колодцев (3531 ± 24 , MAMS-11655). С учетом того что поздняя постройка 3 явно разрушила предшествующие жилища, не исключено попадание раннего угля в заполнение в ходе эксплуатации или утилизации. Большинство дат колодца 6/1 лежат значительно позже дат всех колодцев предшествующего этапа, за исключением даты MAMS-15083 (3558 ± 28), полученной по семени растения с самого его дна [Rühl et al., 2016]. Самая поздняя дата UBA-26188 (3348 ± 36) получена по семени из верхнего горизонта заполнения, является статистическим выбросом (рис. 2а); вероятно, она маркирует полное окончание жизни на поселении.

Еще десять дат получены по образцам, происходящим из культурного слоя. Строго говоря, их стратиграфическая позиция во всех случаях менее ясна, поскольку полы строительных фаз не отделены друг от друга стерильными прослойками, а представляют собой сложный палимпсест. Так, раскопками установлено, что постройки 2, 4, 5 и 7 относятся к первому этапу, а постройки 3 и 6 — ко второму этапу. Однако дата образца с пола жилища 4 (3415 ± 25 , Hd-29410) пересекается с интервалами дат построек позднего этапа. Таким образом, несмотря на то что постройка 4 по стратиграфии отнесена к раннему этапу, изученный образец вполне может быть поздним заносом. В то же время постройка 6 отнесена к позднему этапу и большинство дат из колодца 6/1 этой постройки согласуются с данным стратиграфическим наблюдением.

Для проверки, существует ли статистически достоверное различие между датами, сгруппированными в два этапа, можно обратиться к гистограмме распределения дат на рис. 2с. Она демонстрирует наличие пика слева, согласующегося с этапом 1, и плато с небольшим пиком справа, образованным датами этапа 2. Для проверки этого наблюдения рассчитаны их средние арифметические и произведена калибровка полученных значений. В результате среднее арифметическое некалиброванных дат раннего этапа составляет 3559 ± 7 (68,2 %), а среднее дат позднего этапа — 3433 ± 15 (68,2 %). Очевидно, что значения статистически различны и их ошибочные интервалы не пересекаются ($t = 7,7$, $p < 0,005$). Калибровка первого значения по кривой IntCal13 демонстрирует влияние «плато» и «всплесков» на калибровочной кривой между 3800 и 3725 л.н., создающее широкий интервал в пределах 3880–3780 кал.л.н. (95,4 %), в то время как медиана соответствует 3856 кал.л.н. Калиброванный интервал второго значения соответствует 3813–3636 кал.л.н. (95,4 %), а медианное значение — 3673 кал.л.н. Данный анализ указывает на реальную разницу между двумя выборками, согласующуюся со стратиграфическими наблюдениями.

Таким образом, анализ исходных значений радиоуглеродных дат с поселения Каменный Амбар позволяет сделать следующее заключение. Во-первых, ряд наиболее ранних дат представляют собой статистические выбросы и датируют естественные события до существования поселения (6020–3644 л.н.). Во-вторых, измерения, соотносящиеся с жизнью поселения, могут быть подразделены на ранний и поздний этапы, а в раннем на основании стратиграфии колодцев выделены две фазы. В-третьих, многие даты из колодцев датируют не время их строительства, а процесс их заполнения в процессе функционирования и руинизации: так, в некоторых случаях даты, что логично, удревняются сверху вниз (например, колодец 5/9), но в некоторых случаях очень старые даты находятся значительно выше более молодых, говоря о заполнении колодца более древним материалом (например, колодец 4/1 [Rühl et al., 2016, p. 191]). Поэтому при моделировании будут учитываться даты с пересекающимися интервалами ошибок (что говорит об их одновременности или о несущественном различии в возрасте), а не соответствующие этому критерию будут считаться статистическими выбросами.

Калибровка значений и байесовские модели радиоуглеродной хронологии

Калибровка радиоуглеродных дат и байесовский анализ были осуществлены в среде программы OxCal v.4.3.2 [Bronk Ramsey, 2009] с использованием калибровочной атмосферной кривой IntCal13 для северного полушария [Reimer et al., 2013].

Для Устья I двухфазная модель функционирования поселения в пределах обводных стен (фаза 1) и после оставления городища (фаза 2) вступает в противоречие с калиброванным значением самой ранней из дат: коэффициент согласия модельного интервала с калиброванным составляет $A_{\text{мод}} = 53,9$ %. По этой причине выбор был сделан в пользу трехфазной модели, кото-

рая также оправданна стратиграфически: смена фаз характеризуется значительными перестройками, включая засыпку рва и перенос стены начальной фазы, в связи с чем можно предполагать хронологический разрыв между событиями, маркированными первой датой и тремя последующими. Модель позволяет сделать следующие наблюдения (рис. 1b).

В соответствии со значениями медиан границ (команда «*Boundary*») фаза 1 датируется 3899–3840 кал.л.н.³. Далее, модель демонстрирует хронологическую лагуну между первой и второй фазами продолжительностью в 50 радиоуглеродных лет по медиане, или от 0 до 80 лет при вероятности 68,2 % (команда «*Difference*»). Проверить, существовала ли эта лагуна, в течение которой никаких событий не происходило, можно только путем значительного увеличения выборки радиоуглеродных дат, однако с точки зрения стратиграфии это вполне реалистично. Если предполагать, что материал из заполнения колодца первой фазы датирует момент начала его руинизации, а погребения детей представляли собой строительные жертвы, то предложенной моделью сценарий вполне оправдан. Однако вполне вероятно и то, что выборка недостаточно репрезентативна и не отражает непрерывности, которая могла существовать в реальности.

Медианные значения границ располагают фазу 2 между 3774 и 3703 кал.л.н., а общая ее продолжительность составляет от 0 до 42 лет (68,2 %) (команда «*Span*»). В модели принято во внимание то, что интервалы ошибок радиоуглеродных дат пересекаются, а также то, что три датированных события произошли позже события первой фазы и раньше события третьей хронологической фазы (рис. 1b). В результате смоделированные вероятностные интервалы второй фазы смещены ближе друг к другу. Одним из положительных эффектов явилось то, что таким образом сгладилось влияние «плато» на калибровочной кривой, относящееся к периоду 3710–3680 кал.л.н. и существенно расширяющее немоделированные калиброванные интервалы.

Фаза 3 начинается не позже чем 3593 кал.л.н., однако основная функция этой границы в модели сводится к ограничению вероятностного интервала фазы 2, так как в оценке ее продолжительности можно лишь говорить о длительности в весь ошибочный интервал и более⁴.

Таким образом, общая продолжительность существования Устья I на первом этапе составляет 197 радиоуглеродных лет (медиана), однако, с учетом возможной хронологической лагуны между фазой 1 и фазой 2, истинная продолжительность, вероятно, не превосходила 105 лет (95,4 %). Повторим, что, поскольку для первой фазы существует лишь одна дата, ее истинная длительность могла быть как длиннее, так и короче.

Большая серия дат и надежная стратиграфия Каменного Амбара позволяют производить аналитические операции с данными, чтобы получить более детальную модель, в частности инкорпорировать стратиграфическую информацию, выявлять и отсеивать статистические выбросы и использовать один и тот же тип объектов для моделирования всей последовательности. В этой связи для Каменного Амбара были реализованы две различные модели: 1) трехфазная общая модель; 2) трехфазная специальная модель на образцах из колодцев.

Трехфазная общая модель (рис. 3a) построена с использованием всех доступных дат ($n = 46$), при этом первую фазу изначально составляли только наиболее ранние, датирующие естественные события, даты ($n = 4$). Данная версия модели продемонстрировала, что даты из археологических контекстов со значением старше 3616 л.н., помещенные во вторую фазу, имеют низкие коэффициенты согласия с остальными датами этапа 1 (от 8,2 до 38,5 % при пороге в $A'c = 60$ %). Поэтому в окончательной версии модели первая фаза содержит все даты старше 3635 л.н. ($n = 7$), а вторая — младше 3636 л.н. ($n = 30$). Это обусловлено тем, что даты с возрастом 3618–3617 л.н. (HD-28431 и HD-28430) имеют среднеквадратическое отклонение в 31 радиоуглеродный год и могут относиться к наиболее ранним датам археологического периода. Наконец, третья фаза объединяет образцы, связанные с этапом существования селища ($n = 9$). Согласно модели, события до начала существования поселения (фаза 1 модели) по медианам границ датируются периодом 4481–3902 кал.л.н. Этот период иллюстрирует историю места до начала застройки.

Медианная дата начала функционирования соотносится с 3856 кал.л.н., а окончания — 3650 кал.л.н., что соответствует 206 радиоуглеродным годам. Общая модельная (команда «*Span*») продолжительность функционирования поселения составляет 23–253 радиоуглеродных года (95,4 %).

³ Отметим, что определение времени начала интервала менее надежно, чем времени его окончания, так как отсутствуют образцы, которые бы датировали естественные события до сооружения колодца. Однако, даже опираясь на одну дату, можно утверждать, что события имели продолжительность длительностью в интервал или более.

⁴ От окончания фазы 2 и как минимум до предела ошибочного интервала даты или более.

Первый этап существования поселения (фаза 2 модели) датируется 3856–3835 кал.л.н. по медианам границ и имеет продолжительность от 26 (68,2 %) до 47 лет (95,4 %). Второй этап (фаза 3) соответствует 3716–3650 кал. л.н. по медианам при продолжительности от 71 (68,2 %) до 150 (95,4%) лет. Кроме того, между смоделированными интервалами может существовать лакуна продолжительностью от 3 до 87 лет (95,4 и 68,2 % соответственно).

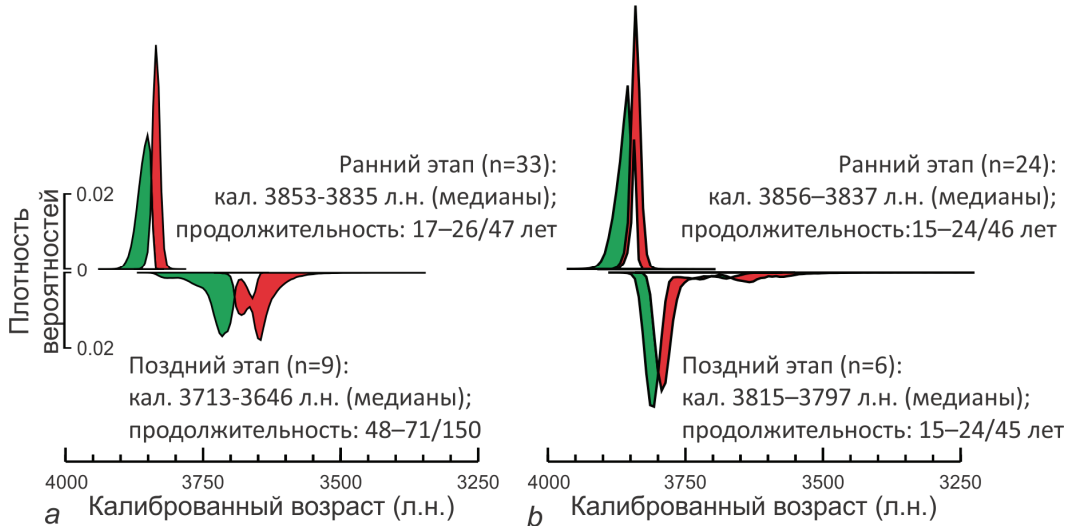


Рис. 3. Результаты байесовского моделирования хронологии поселения Каменный Амбар: *a* — границы археологических этапов согласно общей трехфазной модели; *b* — границы археологических этапов трехфазной специальной модели.

Fig. 3. Results of Bayesian analysis of the Kamennyi Ambar's chronology: *a* — the periods' boundaries in accordance with the general three-phase model; *b* — the periods' boundaries in accordance with the three-phase special model.

Трехфазная специальная модель (рис. 3*b*) построена исключительно на датах по колодцам ($n = 31$), не учитывает выбросы и даты, полученные по материалам из культурного слоя, за исключением образца дерева из столбовой ямки в жилище 5, который маркирует начало этапа 1. Кроме того, некоторые даты в выборке явно отличаются по возрасту от основного ряда (три закрывающие даты фазы 1 и две открывающие фазы 2), диагностируя попадание в колодцы ранних материалов в процессе строительства либо маркируя процесс заполнения. Таким образом было присвоено значение «выброс» с вероятностью, увеличивающейся в зависимости от степени отстояния даты от основного ряда. На основании стратиграфических наблюдений в модель введены две субфазы для раннего этапа, разделяющие колодцы, забутованные глиной и заполнившиеся естественным путем, и третья фаза позднего этапа поселения.

Модель продемонстрировала следующее. Первый этап датируется 3856–3837 кал.л.н. по медианам или 3866–3828 кал.л.н. при 68,2 %. Модельная продолжительность составляет от 24 до 46 лет, что не отличается от заключения первой модели. Субфазы в пределах первого этапа, диагностированные авторами раскопок по типу заполнения, смоделированы как 3861–3841 кал.л.н. и 3850–3833 кал.л.н. (68,2 %). Пересечение интервалов указывает на то, что между событиями двух фаз практически не было перерыва и перестройки колодцев были осуществлены течение какого-то сравнительно короткого времени приблизительно в середине первого этапа.

Второй этап соответствует 3815–3797 кал.л.н. по медианам, или 3831–3778 кал.л.н. при 68,2 %, т.е. продолжался от 25 (68,2 %) до 106 (95,4 %) лет. Немаловажно, что модель, построенная по образцам из колодцев, продемонстрировала несколько более раннюю хронологическую позицию этапа, что связано с маркировкой в модели дат-выбросов. В результате лакуна между этапами также сократилась до 22 лет по медианам.

Таким образом, общая продолжительность первого этапа существования Каменного Амбара может быть оценена в промежутке от 15 до 26 (при максимуме в 47) радиоуглеродных лет, а второго — от 13 до 48 (при максимуме в 150)⁵.

⁵ Естественно, речь идет о выводах на базе имеющейся выборки, которая особенно для поздней части может лишь частично отражать реальную историю жизни поселения.

Абсолютная хронология поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I...

Другими словами, смоделированная последовательность и ее проверка разными методами позволяют заключить, что в пределах обводной стены поселение существовало приблизительно 50 лет. Для позднего этапа заключение менее надежно, но все же можно предполагать, что его длительность была от 50 до 100 лет.

Вполне очевидно, что модели продемонстрировали малую изменчивость границ раннего этапа, однако касательно начала позднего этапа результаты существенно различаются: специальная модель сместила его начало ближе к окончанию раннего этапа, в то время как общая модель продемонстрировала наличие хронологического разрыва. Это может быть объяснено попаданием в заполнения колодцев более раннего материала из предшествующего культурного слоя, что и сдвинуло границу его начала. Исходя из стратиграфии полагаем, что между этапами все же должен был существовать определенный хронологический разрыв, в течение которого городище не функционировало и произошла смена традиций домостроения.

Сводные результаты моделирования приведены в табл. 3 и на рис. 4.

Таблица 3

Сводные результаты моделирования

Table 3

The results of the modeling

	n	Границы раннего этапа *			Границы позднего этапа			Продолжительность раннего этапа **			Продолжительность позднего этапа		
		m	68.2 %	95.4 %	m	68.2 %	95.4 %	m	68.2 %	95.4 %	m	68.2 %	95.4 %
Устье I	5	3899–3703	3957–3647	4084–3607	3593–3507	3647–3453	3714–3319	25	47	105	—	—	—
Каменный Амбар, общая модель	44	3856–3835	3866–3828	3882–3819	3716–3650	3744–3630	3817–3585	17	0–26	0–47	48	0–71	0–150
Каменный Амбар, специальная модель	31	3856–3837	3866–3828	3881–3820	3815–3797	3831–3778	3845–3635	15	0–24	0–46	13	0–25	0–106

* Результаты действия запроса «Boundary» в OxCal.

** Результаты действия запроса «Span» в OxCal.

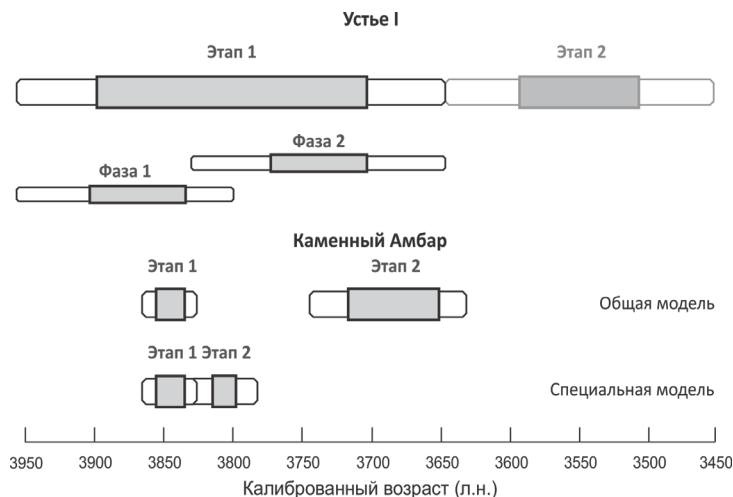


Рис. 4. Сводные результаты моделирования хронологии поселений Каменный Амбар и Устье I: области серой заливки представляют собой этапы, согласно медианам границ; области без заливки включают период от начала интервала 68,2 % открывающей границы до окончания интервала 68,2 % закрывающей границы.

Fig. 4. Chronology of Kamennyi Ambar and Ust'ye I: areas of gray fill represent the length of the period as suggested by the boundaries' medians; non-filled areas include the period from the upper limit of the 68,2 % interval of the opening boundary to the lower limit of the 68,2 % interval of the closing boundary.

Обсуждение результатов

Прежде чем попытаться ответить на сформулированные во введении вопросы, следует отметить, что даже несмотря на малую выборку радиоуглеродных дат для Устья I и противоречия между датами Каменного Амбара моделирование позволяет произвести их сравнение, сделать выводы и выдвинуть объясняющие гипотезы.

В целом модели для Каменного Амбара продемонстрировали большую компактность (рис. 3), в то время как смоделированные интервалы для поселения Устье I значительно шире (рис. 1b). Ос-

новая выявленная сложность заключается в том, что на Устье I ранняя фаза представлена только одной датой, в результате чего модель показывает вероятность существования разрыва между первой и второй фазами, чего нет на Каменном Амбаре. Немаловажно также, что эта дата (3571 ± 31 BP) хорошо соотносится с датами раннего этапа Каменного Амбара. Однако модель удревает начальный этап на Устье I в результате калибровки даты по всей кривой без сужения интервала, в то время как модели для Каменного Амбара омолаживают и сужают калиброванные интервалы. В результате первые фазы существования не синхронизированы, и на Каменном Амбаре она начинается в момент ее окончания на Устье I. Вторая группа дат с Устья I, хотя и относится к ранней фазе существования поселения, синхронизируется с третьей фазой (поздний этап) Каменного Амбара, а представленная также одной датой заключительная фаза датируется значительно позже. К сожалению, пока нельзя сказать, является ли это результатом малой выборки и ее нерепрезентативности, «артефактом алгоритма» или отражает исторические процессы, однако возможно предложить гипотезу, которая объясняет данные результаты.

Отвечая на вопросы, поставленные выше, следует сказать, что наиболее ранний этап, ассоциированный с керамикой синташтинского типа, мог начаться на Устье I примерно на полстолетия раньше, около 3957–3899 кал.л.н., однако данные не позволяют утверждать, было ли это поселение заселено около 3866–3856 кал.л.н., когда начал функционировать Каменный Амбар, так как между первой и второй фазами на Устье I могла существовать лагуна⁶. Что касается длительности, то на Каменном Амбаре она составляет не более полувека (47 лет при 95,4 %), а Устье I могло с перерывами функционировать около столетия (105 лет при 95,4 %).

Второй этап существования Устья I начинается около 3647–3593 кал.л.н. На Каменном Амбаре поздней этап начинается не позже 3744–3716 кал.л.н., а заканчивается предположительно 3817–3716 кал.л.н. (медианы). Разница в датировках может быть объяснена как низкой репрезентативностью выборки для Устья I, так и истинным положением дел. С одной стороны, единственная дата с Устья I в действительности не отражает хронологии существования селища Устье II–IV, относящихся к позднему этапу. С другой стороны, жилища этих памятников значительно отличаются от жилищ начального этапа своим расположением и разреженной архитектурой, что косвенно свидетельствует о временном разрыве между этапами. Поскольку раскопки продемонстрировали практически полную перестройку и замусоривание поселения Устье I, то вполне можно допустить, что оно было оставлено, а площадка обжита заново лишь спустя какое-то время.

Выводы

Проведенный нами анализ демонстрирует познавательные возможности байесовского моделирования в применении даже к незначительным сериям радиоуглеродных дат, что уже было показано и в других работах [Raczky, Siklósi, 2013; Wicks et al., 2014]. Так, модели позволили выдвинуть предположение о длительности существования городищ позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I, которая не превосходила 50 лет для первого из них и около 100 — для второго. Кроме того, вероятно, что Каменный Амбар начал функционировать позже Устья I, которое на этот момент было оставлено обитателями. Эта гипотеза дает возможность совершенно по-новому взглянуть на социальную историю позднего бронзового века и перейти к формулировке антропологических моделей. Так, одним из объяснений краткосрочности существования, отсутствия полной синхронизации, а также зафиксированных многочисленных перестроек может служить необходимость регулярного переселения всего коллектива поселка в связи с истощением местных природных ресурсов. Снявшись с места, группа переселялась, вероятно, неподалеку, однако спустя какое-то время возвращалась в исходную местность. При этом регулярность смен, скорее всего, варьировалась в зависимости от размера коллектива и экологических условий, доступности ресурсов. В результате могли сформироваться иррегулярные циклы оттока и притока населения на каждом поселении, связанные с неравномерностью естественного восстановления угодий или использованием других локаций.

В заключение отметим, что, хотя сформулированная модель представляется нам логичной, она основана на гипотезах о хронологии, требующих дальнейшей проверки и анализа, главным образом за счет увеличения размера и репрезентативности выборки для Устья I. Такая проверка поможет установить, когда поселение начало функционировать и существовал ли хронологический разрыв между первой и второй фазами раннего этапа.

⁶ Что, однако, следует проверять дополнительными измерениями.

Абсолютная хронология поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I...

Финансирование. Работа осуществлена при финансовой поддержке Российского научного фонда по гранту № 16-18-10332-П «Образ жизни населения Южного Зауралья в диахронной перспективе: от оседлых форм к подвижности (по материалам бассейна р. Карагайлы-Аят)» (И.В. Чечушков, В.В. Молчанова). И.В. Чечушков: калибровка радиоуглеродных дат, составление программ, анализ результатов моделирования, текст статьи; В.В. Молчанова: отбор дат, описание контекста; А.В. Епимахов: отбор дат, анализ контекста, текст статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Виноградов Н.Б.* (отв. ред). Древнее Устье: Укрепленное поселение бронзового века в Южном Зауралье. Челябинск: Абрис, 2013. 482 с.
- Виноградов Н.Б., Алаева И.П.* Керамическая коллекция из раскопок укрепленного поселения Устье I // Древнее Устье: Укрепленное поселение бронзового века в Южном Зауралье. Челябинск: Абрис, 2013. С. 143–178.
- Десярева А.Д., Кузьминых С.В.*, Металлопроизводство синташтинского и петровского населения Южного Зауралья по материалам укрепленного поселения Устье I // Древнее Устье: Укрепленное поселение бронзового века в Южном Зауралье. Челябинск: Абрис, 2013. С. 216–253.
- Епимахов А.В.* Относительная и абсолютная хронология синташтинских памятников в свете радиоуглеродных датировок // Проблемы истории, филологии, культуры. 2007. № 17. С. 402–421.
- Епимахов А.В.* Результаты радиоуглеродного датирования материалов укрепленного поселения Устье I // Древнее Устье: Укрепленное поселение бронзового века в Южном Зауралье. Челябинск: Абрис, 2013. С. 388–392.
- Корякова Л.Н., Краузе Р., Епимахов А.В., Шаралова С.В., Пантелеева С.Е., Берсенеева Н.А., Чечушков И.В.* Археологические исследования укрепленного поселения Каменный Амбар (Ольгино) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2011. № 4 (48). С. 64–74.
- Корякова Л.Н., Кузьмина С.А.* Некоторые особенности архитектуры укрепленного поселения Каменный Амбар в контексте образа жизни населения Южного Зауралья начала II тыс. до н.э. // УИВ. 2017. № 1. С. 92–102.
- Корякова Л.Н., Пантелеева С.Е.* Колодцы укрепленного поселения Каменный Амбар // УИВ. 2019. № 1. С. 17–26.
- Молодин В.И., Епимахов А.В., Марченко Ж.В.* Радиоуглеродная хронология культур эпохи бронзы Урала и юга Западной Сибири: Принципы и подходы, достижения и проблемы // Вестник НГУ. Сер. История. Филология. 2014. № 3. С. 136–167.
- Шнеевайтс Й., Беккер Ф., Молодин В.И., Парцингер Г., Марченко Ж.В., Святко С.В.* Радиоуглеродная хронология процесса заселения памятника Чича и байесовская статистика для оценки прерывистого перехода от эпохи поздней бронзы к раннему железному веку (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 2018. № 6. С. 792–813.
- Banning E.B.* The Archaeologist's Laboratory. The Analysis of Archaeological Data. Kluwer Academic Publishers, 2002. 336 p.
- Bronk Ramsey C.* Probability and Dating // Radiocarbon. 1998. № 1. P. 461–474.
- Bronk Ramsey C.* Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates // Radiocarbon. 2009. № 1. P. 337–360.
- Bronk Ramsey C.* Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. // Radiocarbon. 2017. 59 (6). P. 1809–1833.
- Buck C., Cavanagh W., Litton C.* Bayesian Approach to Interpreting Archaeological Data. Chichester: John Wiley & Sons, 1996. 377 p.
- Drennan R.D.* Statistics for Archaeologists. A Commonsense Approach. Second Edition. N. Y.: Springer, 2009. 327 p.
- Epimakhov A.V., Krause R.* Relative and Absolute Chronology of the Settlement Kamennyi Ambar // Multidisciplinary Investigations of the Bronze Age Settlements in the Southern Trans-Urals (Russia). Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 2013. P. 129–148.
- Krause R., Koryakova L.N.* (Eds.). Multidisciplinary Investigations of the Bronze Age Settlements in the Southern Trans-Urals (Russia). Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 2013. 361 p.
- Krause R., Koryakova L.N.* (Eds.). Culture, Environment and Economy of the Bronze Age in the Karagaily-Ayat microregion (South Urals, Russia). Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 2020. In press.
- Kennett D.J., Culleton B.J., Voorhies B., Southon J.R.* Bayesian analysis of high-precision AMS 14 C dates from a prehistoric Mexican shellmound // Radiocarbon. 2011. № 53. P. 245–259.
- Malainey M.E.* A consumer's guide to archaeological science: Analytical techniques. N. Y.: Springer Science & Business Media, 2011. 624 p.
- Panteleyeva S.E.* Ceramics of the Kamennyi Ambar Settlement (Distribution Analysis) // Multidisciplinary Investigations of the Bronze Age Settlements in the Southern Trans-Urals (Russia). Bonn: Habelt, 2013. P. 171–186.
- Raczky P., Siklósi Z.* Reconsideration of the Copper Age chronology of the eastern Carpathian Basin: A Bayesian approach // Antiquity. 2013. № 87. P. 555–573.
- Reimer P., Bard E., Bayliss A., Beck J., Blackwell P., Ramsey C., Buck C., Cheng H., Edwards R., Friedrich M.* IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 years cal BP // Radiocarbon. 2013. № 4. P. 1869–1887.
- Rühl L., Koryakova L.N., Krause R., Stobbe A.* Wells of the Fortified Bronze Age Settlement Kamennyi Ambar (Chelyabinsk Oblast, Russia) // Экология древних и традиционных обществ. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2016. С. 187–192.

Wicks K., Pirie A., Mithen S. Settlement patterns in the late Mesolithic of western Scotland: The implications of Bayesian analysis of radiocarbon dates and inter-site technological comparisons // *Journal of Archaeol. Science*. 2014. № 41. P. 406–422.

Архивные материалы

Епимахов А.В. Бронзовый век Южного Урала: (Экономические и социальные аспекты): Дис. ... д-ра ист. наук. Екатеринбург, 2010 // Архив ИИА УрО РАН.

Корякова Л.Н. Отчет об археологических раскопках укрепленного поселения Каменный Амбар (Ольгино) в 2009 г. Екатеринбург: ИИА УрО РАН, 2012 // Архив ИИА УрО РАН.

I.V. Chechushkov^a, V.V. Molchanova^a, A.V. Epimakhov^b

^aInstitute of History and Archaeology of Ural Branch RAS
S. Kovalevskaya st., 16, Ekaterinburg, 620108, Russian Federation

^bSouth Ural State University
prosp. Lenina, 76, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation
E-mail: chivpost@gmail.com;
vlarech@inbox.ru;
epimakhovav@susu.ru

The absolute chronology of the Late Bronze Age settlements Kamennyi Ambar and Ust'ye I in the Southern Trans-Urals and its Bayesian analysis

In this paper, we examine the series of AMS radiocarbon measurements ($N = 52$) obtained from the Late Bronze Age settlements of Kamennyi Ambar and Ust'ye I in the Southern Trans-Urals, Russia. The exploratory data analysis applied to uncalibrated dates allows for the batches and outliers isolation. Furthermore, based on the facts of stratigraphy and application of the Bayesian statistics, we reconstruct the chronology, estimate spans of habitation, and discuss issues of the existing samples. As the first step of the analysis, we consider archaeological contexts of the measurements and statistically identify apparent outliers. Despite the small sample size, the dataset from Ust'ye I obtained in the way that allows to date stratigraphically isolated construction/utilization episodes and thus are highly reliable. At least five measurements from Kamennyi Ambar date the natural events before the settlement construction and serve as upper limits in models. On the second stage of the analysis, the Bayesian models of the sites' chronology constructed with OxCal 4.3. For Ust'ye I, we designed a three-phase model that allows to date two early habitational phases during which the walls and ditches were built around the settlement. The third phase defines the lower limit of the previous period, as this phase consists of a single radiocarbon measurement. The model suggests the existence of the gap between the two earliest stages, associated with the Sintashta and Petrovka ceramic types. While the sample size is small, this hypothesis agrees well with the site's stratigraphy, as the settlement was re-modeled entirely at least once. We designed two models for Kamennyi Ambar. The first model includes all available data and consists of three phases: 1) natural events before the settlement construction; 2) the early «walled» phase; 3) the late «unwalled» phase. The second model incorporates data on the wells' stratigraphy and uses only measurements from the wells. The models almost the same for the early habitational phase, but the modeled chronology of the late phase differs drastically, as the wells-based model condenses the phase and pushes it earlier. Further, the models suggest that Kamennyi Ambar existed only for about 50 years, and Ust'ye I for nearly 100 years. The habitational phases within the same periods are partially desynchronized, and possible gaps in the habitation suggested by the models. One possible explanation of the short-term habitation spans and differences is that people needed to resettle regularly as resource depletion made the areas inhospitable for the communities of the livestock breeders.

Key words: Late Bronze Age, radiocarbon dating, Bayesian analysis, Southern Trans-Urals.

Funding. This work was supported by the Russian Science Foundation under grant No. 16-18-10332-P «The lifestyle of the population of the South Trans-Urals in the diachronic perspective: from sedentary forms to mobility (based on materials from the Karagayly-Ayat basin)» (I. Chechushkov, V. Molchanova). I. Chechushkov: radiocarbon dates calibration, coding, results analysis, writing; V. Molchanova: dates selection, contexts description; A. Epimakhov: dates selection, contexts analysis, writing.

REFERENCES

- Banning E.B. (2002). *The Archaeologist's Laboratory. The Analysis of Archaeological Data*. Kluwer Academic Publishers.
- Bronk Ramsey C. (1998). Probability and Dating. *Radiocarbon*, 40(1), 461–474.
- Bronk Ramsey C. (2009). Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337–360.
- Bronk Ramsey C. (2017). Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. *Radiocarbon*, 59(6), 1809–1833.
- Buck C.E., Cavanagh W.G., Litton C.D. (1996). *Bayesian Approach to Interpreting Archaeological Data*. Chichester: John Wiley & Sons.

Абсолютная хронология поселений позднего бронзового века Каменный Амбар и Устье I...

Degtyareva A.D., Kuz'minykh S.V. (2013). Metal production of the Sintashta and Petrovka populations of the South Trans-Urals based on the materials of the fortified settlement Ust'ye I. In: N.B. Vinogradov (Ed.). *Drevneye Ust'ye: Ukreplennoye poseleniye bronzovogo veka v Yuzhnom Zaural'ye* (pp. 216–253). Chelyabinsk: Abris. (Rus.).

Drennan R.D. (2009). *Statistics for Archaeologists. A Commonsense Approach*. Second Edition. New York: Springer.

Epimakhov A.V. (2007). The relative and absolute chronology of the Sintashta sites in the light of radiocarbon dates. *Problemy istorii, filologii, kul'tury*, (17), 402–421. (Rus.).

Epimakhov A.V. (2013). Results of the radiocarbon study of the materials from the fortified settlement Ust'ye I. In: N.B. Vinogradov (Ed.). *Drevneye Ust'ye. Ukreplennoye poseleniye bronzovogo veka v Yuzhnom Zaural'ye* (pp. 388–392). Chelyabinsk: Abris. (Rus.).

Epimakhov A.V., Krause R. (2013). Relative and Absolute Chronology of the Settlement Kamennyi Ambar. In: R. Krause, L. Koryakova (Eds.). *Multidisciplinary Investigations of the Bronze Age Settlements in the Southern Trans-Urals (Russia)* (pp. 129–148). Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH.

Kennett D.J., Culleton B.J., Voorhies B., Southon J.R. (2011). Bayesian analysis of high-precision AMS 14 C dates from a prehistoric Mexican shellmound. *Radiocarbon*, (53), 245–259.

Koryakova L.N., Krause R., Epimakhov A.V., Sharapova S.V., Panteleyeva S.E., Berseneva N.A., Fornasier J., Kaiser E., Molchanov I.V., Chechushkov I.V. (2011). Archaeological studies of the Kamenny Ambar (Oligino) fortified settlement. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 40(4), 61–74.

Koryakova L.N., Kuz'mina S.A. (2017). Certain specifics of Kamenny Ambar fortified settlement Architecture in the context of life style of the south transuralian population of the early 2nd millennium BC. *Ural'skiy istoricheskiy vestnik*, (1), 92–102. (Rus.).

Koryakova L.N., Panteleyeva S.E. (2019). Wells of Kamenny Ambar fortified settlement. *Ural'skiy istoricheskiy vestnik*, (1), 17–26. (Rus.).

Krause R., Koryakova L. (2013). *Multidisciplinary Investigations of the Bronze Age Settlements in the Southern Trans-Urals (Russia)*. Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH.

Krause R., Koryakova L. (2020). *Culture, Environment and Economy of the Bronze Age in the Karagaily-Ayat microregion (South Urals, Russia)*. Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH. In press.

Malainey M.E. (2011). *A consumer's guide to archaeological science: Analytical techniques*. New York: Springer Science & Business Media.

Molodin V.I., Epimakhov A.V., Marchenko Zh.V. (2014). Radiocarbon chronology of the South Urals and the South of the Western Siberia cultures (2000–2013-years investigations): Principles and approaches, achievements and problems. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya. Filologiya*, 13(3), 136–167. (Rus.).

Panteleyeva S.E. (2013). Ceramics of the Kamennyi Ambar Settlement (Distribution Analysis). In: R. Krause, L. Koryakova (Eds.). *Multidisciplinary Investigations of the Bronze Age Settlements in the Southern Trans-Urals (Russia)* (pp. 171–186). Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH.

Raczky P., Siklósi Z. (2013) Reconsideration of the Copper Age chronology of the eastern Carpathian Basin: A Bayesian approach. *Antiquity*, (87), 555–573.

Reimer P., Bard E., Bayliss A., Beck J., Blackwell P., Ramsey C., Buck C., Cheng H., Edwards R., Friedrich M. (2013). IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4), 1869–1887.

Rühl L., Koryakova L.N., Krause R., Stobbe A. (2016). Wells of the Fortified Bronze Age Settlement Kamennyi Ambar (Chelyabinsk Oblast, Russia). In: *Ekologiya drevnikh i traditsionnykh obshchestv: Materialy V Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, g. Tiumen', 7–11 noiabria 2016 g.* (pp. 187–192). Tyumen: Tumenskiy universitet.

Schneeweiß J., Becker F., Molodin V.I., Parzinger H., Marchenko Zh.V., Svyatko S.V. Radiocarbon chronology of occupation of the Chicha site and Bayesian statistics for the assessment of a discontinuous transition from Late Bronze to Early Iron Age (West Siberia). *Geologiya i geofizika*, (6), 792–813. (Rus.).

Vinogradov N.B. (2013). *Ancient Ust'ye: Fortified Bronze Age settlement in the South Trans-Urals*. Chelyabinsk: Abris. (Rus.).

Vinogradov N.B., Alaeva I.P. (2013). The ceramic collection from the excavations of the fortified settlement Ust'ye. In: N.B. Vinogradov (Ed.). *Drevneye Ust'ye: Ukreplennoye poseleniye bronzovogo veka v Yuzhnom Zaural'ye* (pp. 143–178). Chelyabinsk: Abris. (Rus.).

Wicks K., Pirie A., Mithen S. (2014). Settlement patterns in the late Mesolithic of western Scotland: The implications of Bayesian analysis of radiocarbon dates and inter-site technological comparisons. *Journal of Archaeological Science*, (41), 406–422.

И.В. Чечушков, <https://orcid.org/0000-0001-5096-2978>

В.В. Молчанова, <https://orcid.org/0000-0002-8060-6525>

А.В. Епи́махов, <https://orcid.org/0000-0002-0141-1026>



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

Accepted: 02.03.2020

Article is published: 05.06.2020