

УДК 902.674+902.652

**А.П. Бородовский¹, И.Ю. Слюсаренко¹, Я.В. Кузьмин²,
Л.А. Орлова³, Дж.А. Кристен⁴, Ю.Н. Гаркуша¹,
Дж.С. Бурр⁵, Э.Дж.Т. Джалл⁵**

¹Институт археологии и этнографии СО РАН
пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия
E-mail: bronz@dux.nsc.ru

²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
ул. Радио, 7, Владивосток, 690041, Россия
E-mail: ykuzmin@tig.dvo.ru

³Институт геологии СО РАН
пр. Академика Коптюга, 3, Новосибирск, 630090, Россия
E-mail: orlova@uiggm.nsc.ru

⁴Институт математики, Университет Морелии
"Instituto de Matematicas, Campus Morelia,
UNAM, AP 61-3 (Xangari), Morelia, Michoacan, 58059, Mexico
E-mail: jac@cimat.mx

⁵Лаборатория ускорительной масс-спектрометрии Национального научного фонда США,
отделение физики Университета Аризоны
NSF – Arizona AMS Facility, Department of Physics, University of Arizona,
Tucson, AZ, 85721-0081, USA
E-mail: burr@u.arizona.edu; jull@u.arizona.edu

ХРОНОЛОГИЯ ПОГРЕБАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА В ВЕРХНЕМ ПРИОБЬЕ ПО ДАННЫМ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВОГО И РАДИОУГЛЕРОДНОГО МЕТОДОВ (НА ПРИМЕРЕ КУРГАННОЙ ГРУППЫ БЫСТРОВКА-2)*

Введение

С момента выхода во второй половине 1950-х гг. монографии М.П. Грязнова "История древних племен верхней Оби" [1956] вопросы, связанные с хронологией и периодизацией памятников эпохи раннего железа в этом регионе, обсуждаются уже не одним поколением исследователей. Особенно активная дискуссия развернулась начиная с 1980-х гг., и сегодня она все еще далека от завершения. В историографичес-

ком обзоре, сделанном Т.Н. Троицкой [Троицкая, Бороновский, 1994], можно выделить несколько этапов обсуждения этой актуальной проблематики.

В известной мере толчком к началу нового этапа дискуссии стала монография Т.Н. Троицкой и А.П. Бороновского "Большереченская культура лесостепного Приобья", подготовленная к печати в конце 1980-х гг. и опубликованная в 1994 г. Обобщение накопленных к тому времени новых материалов по Верхнему Приобью, а также проецирование культурно-хронологической схемы М.П. Грязнова на фрагментарно опубликованные комплексы, расположенные в долине р. Оби на отрезке от г. Бийска до г. Камня-на-Оби, сыграли роль своеобразного катализатора в возобновлении активного обсуждения проблем эпохи раннего железного века Верхнеобского региона. Публикация основного корпуса источников существен-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 00-06-80199, 99-06-88046, 98-06-88021, 97-06-80319), РГНФ (проект № 02-01-00315а) и Национального научного фонда США (проект № EAR97-30699). Мы благодарны Г.И. Зайцевой (ИИМК РАН, г. С.-Петербург) за радиоуглеродное датирование ряда образцов из могильника Быстровка-2.

но расширила фактологию для дискутирующих сторон [Погребальный обряд..., 1996]. Определенным результатом этого процесса стала серия выступлений и публикаций на конференции, посвященной итогам изучения скифского времени на Алтае (Барнаул, 1999 г.), и на XII археолого-этнографическом совещании (Томск, 2001 г.). Учитывая, что целью настоящей работы не является анализ собственно историографии данной проблемы, остановимся исключительно на вопросах хронологии.

Изначально, с середины 1950-х гг., все даты эпохи раннего железа Верхнего Приобья были основаны преимущественно на вещевом комплексе, а также на “определенной” хронологии элементов погребальной обрядности. Для того периода развития науки это был “классический”, проверенный многими исследователями прием, восходящий еще к концу XIX – началу XX в. Вплоть до конца XX в. он являлся основным и практически единственным, поскольку количество радиоуглеродных дат для археологических комплексов эпохи раннего железа в Верхнем Приобье было очень невелико [Орлова, 1995б, с. 209; 1998, с. 75]. В качестве примера можно привести публикацию одной радиоуглеродной даты для кург. 1 Елунинского курганного могильника II (ЕКМ II), полученной в конце 1970-х гг. В работе Ю.Ф. Кирюшина и Я.В. Фролова [1998] качественная оценка ее достоверности дается в буквальном смысле на уровне “соответствия” результатам датирования по предметному комплексу: “...предложенной датировке (по вещам. – Авт.) не противоречит и радиоуглеродная дата кургана № 1 ЕКМ II – 560 ± 25 лет до н.э.” [Там же, с. 124]. Кроме того, приводится некалиброванная радиоуглеродная дата. В списке дат, опубликованных в середине 1990-х гг. Л.А. Орловой, радиоуглеродная дата для кург. 1 ЕКМ II 2510 ± 25 л.н. (СОАН-1923) [Орлова, 1995б, с. 209], что при калибровке составляет 790 – 520 гг. до н.э. ($\pm 2\sigma$). Таким образом, калиброванные даты существенно расширяют возможности “выбора” хронологического интервала бытования археологического комплекса.

В периодизации памятников I тыс. до н.э., предложенной недавно А.Л. Кунгуровым, некалиброванная дата для кург. 1 ЕКМ II “органично” интегрирована в обоснование хронологии [2001, с. 294 – 295]. При этом использована единственная радиоуглеродная дата и повторено то же “клише”: эта дата (*некалиброванная*) не противоречит (т.е. соответствует!) вещевому комплексу и тенденциям развития погребальной обрядности.

Очевидно, что единичные радиоуглеродные даты вряд ли будут представительными. Несомненно, более надежными являются серии дат, полученных для хронологически последовательных и хорошо стратифицированных археологических комплексов, включая

погребальные. Именно такой подход определил целенаправленный отбор проб для радиоуглеродного датирования, сочетаемого с дендрохронологическим анализом, в ходе исследования обширного некрополя эпохи раннего железа у с. Быстровка Искитимского р-на Новосибирской обл. [Бородовский, 2000, с. 14].

Материалы и методы

Краткое описание некрополя у с. Быстровка

Обширный погребальный комплекс березовского этапа эпохи раннего железа (последняя треть I тыс. до н.э.), объединяющий несколько разновременных курганных групп – Быстровка-1 – 3 [Бородовский, 2000, с. 14], расположен на правом берегу р. Оби [Троицкая, Молодин, Соболев, 1980, с. 39] в 90 км к юго-востоку от г. Новосибирска (рис. 1, 2). Яркой чертой комплекса является многомогильность курганов Быстровки-1 (от 1 до 11 погребений), 3 (от 1 до 39) и 2 (от 9 до 38 погребений) (рис. 3).

Курганная группа Быстровка-1 по вещевому комплексу в целом датировалась в пределах III – II вв. до н.э., тогда как отдельные предметы могли относиться к VI – IV и IV – III вв. до н.э. [Троицкая, 1983, с. 42]. Курганы Быстровки-3 на основании сопроводительного инвентаря отнесены ко времени не ранее конца II в. до н.э. [Троицкая, Бородовский, 1994, с. 22] или I в. н.э. [Дураков, Мжельская, 1995, с. 54 – 55], хотя среди предметов поясной гарнитуры присутствовали металлические пряжки тесинского облика, встречающиеся в I – IV вв. н.э., и роговые ярусно-втульчатые наконечники, аналогичные верхнеобским I – V вв. н.э. [Худяков, 1986, с. 114, рис. 50, 1; с. 115, 118, рис. 52, 1]. Вещевой комплекс Быстровки-2 (железные кольчатые ножи, железный кинжал с ложнокольчатым навершием, железные кольчатые удила со стержневидными псалями, железные ложечковидные подвески, поясной крючок и бронзовый втульчатый кулайский наконечник) позволил отнести ее к периоду от последней трети I тыс. до н.э. до рубежа эр.

Дендрохронологический анализ

Объектом исследования стала курганная группа Быстровка-2, состоящая из 10 насыпей. Одной из характерных черт погребального обряда памятника является присутствие в могилах деревянных конструкций различного типа: срубов, рам-обкладок из плах; продольных и поперечных перекрытий; колод (рис. 4). Наличие во многих погребениях остатков деревянных сооружений вполне удовлетворительной (для данной территории и эпохи) сохранности (рис. 5) позволило собрать на памятнике коллекцию образцов дерева, послуживших материалом для последующего анализа.

Всего отобрано и изучено 146 фрагментов из 56 погребений. В данном случае речь идет только об образцах, принадлежащих сосне обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), как наиболее пригодных для дендрохронологического анализа. Из сосны изготовлено подавляющее большинство погребальных конструкций Быстровки-2. В ряде случаев встречена береза (*Betula* sp.), но такие образцы нами не исследовались.

Впервые в практике изучения памятников раннего железного века в Верхнем Приобье подобный материал был исследован с помощью древесно-кольцевого анализа. В предыдущих работах уже говорилось как о перспективах использования метода дендрохронологии применительно к дереву из Быстровки-2, так и о трудностях, с которыми пришлось при этом столкнуться [Слюсаренко, Бородавский, 1996, с. 56 – 61]. Основные проблемы заключались в следующем:

1) значительная деформация большинства образцов, связанная с давлением грунта, сильно искажила первоначальную ширину годовичных колец, что затруднило замеры и сопоставление образцов из разных погребений между собой;

2) фрагментарность остатков дерева, а следовательно, небольшое количество сохранившихся годовичных колец (иногда всего 15 – 20; у 50% образцов насчитывалось менее 50 колец) осложняло работу по перекрестному датированию образцов, а в ряде случаев делало его невозможным;

3) отсутствие почти у всех образцов внешних годовичных колец, т.е. последних образовавшихся при жизни дерева, а также часто невозможность определить примерное количество потерянных колец в образце не позволяли получить относительные даты погребений с точностью



Рис. 1. Расположение некрополя Быстровка.

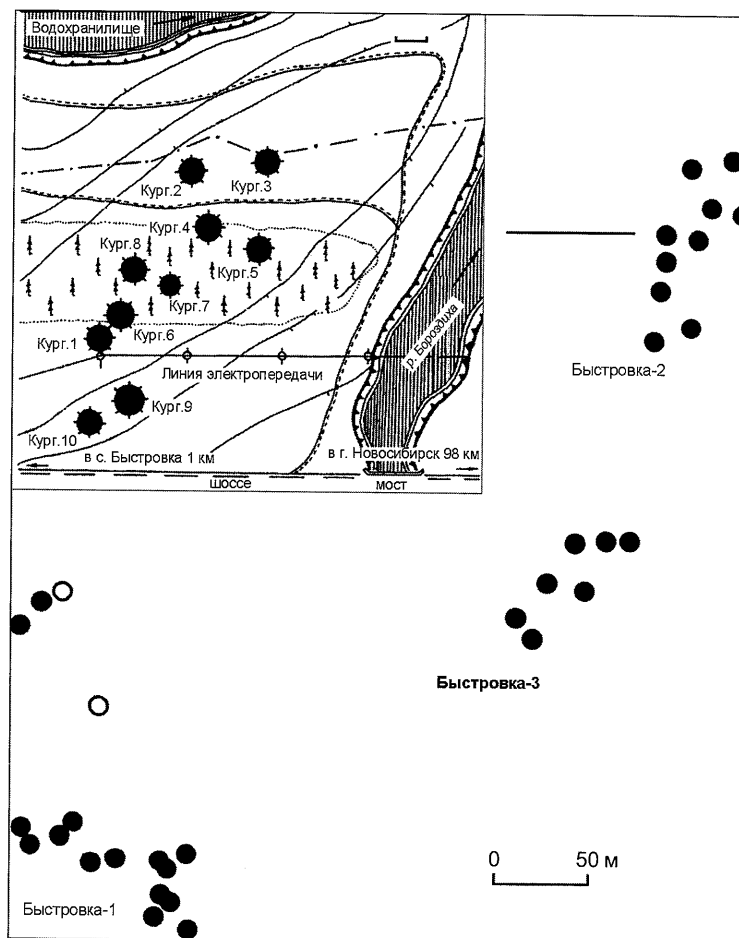


Рис. 2. Планиграфия курганной группы Быстровка-2 и некрополя Быстровка.



Рис. 3. Многомогильный кург. 4 в процессе раскопок. Быстровка-2.

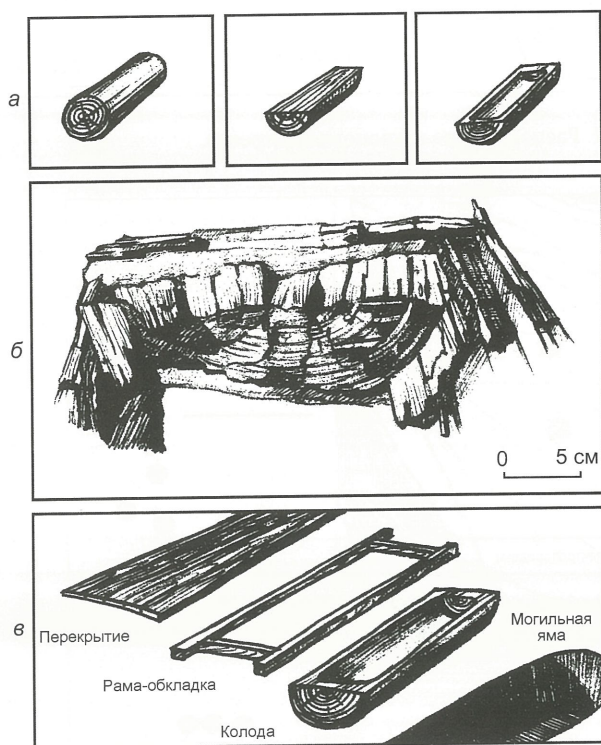


Рис. 4. Типы погребальных деревянных конструкций. Быстровка-2.

а – вариант изготовления колоды из нижней части бревна;
б – край колоды и деревянной обкладки из детского погр. 28 кург. 3; в – деревянные конструкции.

до одного года; только у 16 образцов из пяти погребений зафиксировано последнее годичное кольцо.

Все это обусловило определенную приблизительность и вероятностный характер полученных результатов перекрестного датирования рядов годичных колец, а также установления относительной последовательности сооружения отдельных погребений и курганов в целом.



Рис. 5. Фрагменты колоды и рамы-обкладки из плах. Погр. 22 кург. 10. Быстровка-2.

Критический отбор наиболее подходящих для исследования образцов дерева привел к тому, что задействованными в хронологических реконструкциях оказались только 109 фрагментов из 40 погребений семи курганов Быстровки-2. Курганы 1 и 6 не представлены из-за отсутствия образцов, а кург. 2 исключен, т.к. три из имеющихся четырех образцов насчитывают 20 и менее годичных колец. По остальным курганам выборка образцов следующая: кург. 3 – 15 образцов из шести погребений; кург. 4 – 34 из 16; кург. 5 – 9 из семи; кург. 7 – 2 из одного; кург. 8 – 6 из одного; кург. 9 – 13 из четырех; кург. 10 – 30 образцов из пяти погребений.

Данные измерения ширины колец образцов из одного погребения усредняли, чтобы получить для него обобщенную последовательность годичных колец. Затем таким же образом, сопоставляя между собой погребения, выстраивали древесно-кольцевую хронологию для отдельного кургана. Путем перекрестного датирования этих хронологий была получена относительная, или “плавающая”, обобщенная дендрохронологическая шкала для могильника Быстровка-2 в целом (для семи из десяти курганов), позволившая реконструировать последовательность сооружения курганов. Согласованность в изменчивости радиального прироста между отдельными образцами и обобщенными рядами колец оценивалась по критерию знаков, коэффициенту корреляции и *t*-критерию [Francuz et al., 1985, p. 210 – 211].

Мы отдаем себе отчет в наличии известной степени допуска и вероятностном характере полученной дендрохронологической шкалы по указанным выше причинам. В то же время, учитывая уникальную для Верхнего Приобья возможность проведения подобного рода анализа, мы исходили из факта определенной синхронности погребений в рамках одного кургана, а также сходного характера деформации образцов, залегающих в соседних погребениях, что позволяло сравнивать их между собой.

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования дендробразца № 18955 (Быстровка-2, кург. 3, мог. 25, колода, годовые кольца)

Номер образца	Номера колец от центра	Дата, л.н.	Номер АА-	$\delta^{13}\text{C}$, ‰
1	1 – 10	2 435 ± 41	37808	– 27,2
2	11 – 20	2 410 ± 25	37809	– 26,6
3	21 – 30	2 515 ± 30	37810	– 26,7
4	31 – 40	2 440 ± 23	37811	– 26,3
5	41 – 50	2 440 ± 27	37812	– 26,1
6	51 – 60	2 400 ± 23	37813	– 26,0
7	61 – 70	2 405 ± 22	37814	– 26,6
8	71 – 80	2 355 ± 23	37815	– 26,4
9	81 – 90	2 370 ± 23	37816	– 26,9
10	91 – 100	2 330 ± 49	37817	– 26,4
11	101 – 110	2 270 ± 22	37818	– 26,3
12	110 – 120	2 245 ± 23	37819	– 26,2
13	121 – 130	2 255 ± 28	37820	– 26,3
14	131 – 140	2 245 ± 49	37821	– 26,0
15	141 – 150	2 195 ± 24	37822	– 25,8
16	151 – 160	2 200 ± 22	37823	– 25,9

Радиоуглеродные даты и их калибровка

Для привязки “плавающей” дендрошкалы к календарному времени было проведено высокоточное радиоуглеродное датирование серии проб, взятых из одного спила дерева (табл. 1). Затем к полученным радиоуглеродным датам применялся метод т.н. *подгонки по зубцам* (“wiggle-matching”). С помощью радиоуглеродного метода также проводилось определение возраста органики (кость, дерево, уголь) из ряда погребений Быстровского некрополя [Бородовский, Орлова, 2001] (табл. 2).

Для высокоточного датирования был отобран образец с максимальным количеством годовых колец и их минимальной деформацией, чтобы в дальнейшем иметь эталон для синхронизации с ним по годовым кольцам большинства имеющихся образцов дерева. Таким эталоном стал спил с колоды из погр. 25 кург. 3 (рис. 6), содержащий 198 колец (обр. 18955). Для радиоуглеродного датирования спил был разделен на образцы, содержащие по десять годовых колец, начиная от центра к периферии; всего взято 16 проб, включивших 160 колец из 198.

Мы считаем необходимым подробнее остановиться на особенностях современного радиоуглеродного датирования, учитывая неоднозначное отношение к этому методу многих археологов. Собрав материал для датирования и представив его в радиоуглеродную лабораторию, исследователь в результате проведения анализа [Арсланов, 1987; Орлова, 1995а] получает дату, выраженную в *радиоуглеродных годах* (л.н. – *радиоуглеродных лет назад*; *YR BP* – *radiocarbon years before present*). При этом лаборатория указы-

вает дату как некую величину со среднеквадратическим отклонением ($\pm 1\sigma$).

Для радиоуглеродного времени существует своя, все еще не до конца известная продолжительность единицы ее измерения (года). Не так уж важно знать, чему равна эта величина, если радиоуглеродные даты сравниваются между собой. Однако, когда археологи начинают оперировать шкалами “до нашей эры” и “нашей эры”, часто происходит методическая ошибка – сравниваются годы радиоуглеродные и календарные (т.е. *астрономические*, где год равен около 365,25 сут), вычисленные путем простого вычитания из величины, полученной в результате радиоуглеродного датирования, 1950 лет (или наоборот, если это сравнительно молодая дата) (см.: [Кузьмин, 1993]).

В археологии, особенно для поздних периодов, используется календарная шкала времени от Рождества Христова. Для получения даты, соответствующей этой шкале, необходимо произвести перевод радиоуглеродных дат в календарные; данная процедура называется *калибровкой*. Калиброванные даты выражаются в *калиброванных годах до нашей эры* или *нашей эры*, а также в *калиброванных “лет назад”* (от 1950 г. н.э.). Для перевода последних в калиброванные года до нашей эры/нашей эры необходимо из величины, выраженной в калиброванных “лет назад”, вычесть 1949 лет (т.к. нулевого года в летоисчислении от Рождества Христова не существовало).

У.Ф. Либби [Libby, 1955], разработавший в конце 1940-х гг. радиоуглеродный метод, полагал, что содержание изотопа ^{14}C в атмосфере было постоянным в течение последних нескольких тысяч лет (рис. 7, А, 2).

Таблица 2. Радиоуглеродные даты быстровского некрополя

№ п/п	Объект (курган, погребение)	Дата, л.н.	Шифр	Калиброванная дата ($\pm 2\sigma$), гг. до н.э.	Материал
<i>Быстровка-2</i>					
1	Кург. 2, погр. 8	2 445 $\pm$ 45	СОАН-3924	780 – 400	Кость
2	» погр. 11	2 380 $\pm$ 45	СОАН-3926	760 – 390	»
3	» погр. 13	2 560 $\pm$ 40	СОАН-3925	810 – 540	»
4	Кург. 3, погр. 11	2 355 $\pm$ 60	СОАН-3957	760 – 230	»
5	» погр. 18а	2 440 $\pm$ 45	СОАН-3929	780 – 400	»
6	» погр. 18б	2 510 $\pm$ 40	СОАН-3927	800 – 410	»
7	» погр. 21	2 280 $\pm$ 50	СОАН-3928	410 – 200	»
8	Кург. 4, погр. 5а	2 250 $\pm$ 80	ЛЕ-5432	410 – 90	Дерево
9	» погр. 5б	2 150 $\pm$ 25	ЛЕ-5431	350 – 110	»
10	» погр. 27а	2 290 $\pm$ 65	СОАН-3958	480 – 180	Кость
11	» погр. 27б	2 210 $\pm$ 45	СОАН-3959	390 – 120	»
12	» погр. 29	2 280 $\pm$ 40	СОАН-3960	400 – 210	»
13	» погр. 35	2 240 $\pm$ 30	ЛЕ-5434	390 – 200	Дерево
14	Кург. 5, погр. 13	2 320 $\pm$ 40	СОАН-3961	410 – 240	Кость
15	» погр. 30	2 250 $\pm$ 80	СОАН-3962	410 – 90	»
16	» погр. 32	2 140 $\pm$ 60	ЛЕ-5433	378 – 1	Дерево
17	Кург. 6, погр. 4	2 155 $\pm$ 55	СОАН-3971	380 – 10	Кость
18	» погр. 12а	2 210 $\pm$ 40	СОАН-3964	390 – 170	»
19	Кург. 7, погр. 4	2 340 $\pm$ 35	СОАН-3965	480 – 270	»
20	» погр. 5	2 245 $\pm$ 55	СОАН-3973	400 – 170	»
21	» погр. 7	2 800 $\pm$ 110*	СОАН-3739	1290 – 790	Уголь
22	Кург. 9, погр. 2	2 285 $\pm$ 60	СОАН-3966	410 – 180	Кость
23	» погр. 8	2 400 $\pm$ 40	СОАН-3967	760 – 390	»
24	Кург. 10, погр. 10	2 200 $\pm$ 60	СОАН-3968	400 – 60	»
25	» погр. 13	2 400 $\pm$ 90	СОАН-3969	790 – 210	»
26	» погр. 15	2 380 $\pm$ 45	СОАН-3970	760 – 390	»
<i>Быстровка-1</i>					
27	Кург. 17 (Б), погр. 1	2 390 $\pm$ 75	СОАН-3956	780 – 260	»
<i>Быстровка-3</i>					
28	Кург. 6, погр. 4	2 345 $\pm$ 65	СОАН-3972	760 – 210	»
29	» погр. 8	2 410 $\pm$ 75	СОАН-3963	790 – 260	»

* Дата, вероятно, ошибочна и во внимание не принимается.

В дальнейшем высокоточное (с ошибкой не более $\pm 20 - 30$ лет) датирование образцов, по которым построены длинные дендрошкалы, с известным календарным возрастом древесных колец показало, что наблюдается систематическое расхождение в значениях радиоуглеродного и календарного возраста. Этот вывод впервые был сделан Х. де Фризом в конце 1950-х гг. [Vries, 1958] (см. обзор: [Плихт, 1998]). В дальнейшем стало ясно, что значительные колебания содержания изотопа ^{14}C в атмосфере в голоцене привели к “сжатию” либо “растяжению” календарного возраста по сравнению с радиоуглеродным (рис. 7, А, 1). Необходимо было выяснить величину расхождения и создать таблицы для перевода радиоуглеродных

дат в календарные. Для этого провели датирование образцов древесины, по которым построены непрерывные дендрошкалы с шагом в 10 – 20 лет. В результате многолетних работ были определены величины расхождений между радиоуглеродным и истинным, календарным, возрастом [Suess, 1967; Klein et al., 1982; Pearson, Stuiver, 1986; Stuiver, Pearson, 1986; Pearson et al., 1986; Pearson, Becker, Qua, 1993; Kromer, Becker, 1993]. Эта зависимость оказалась весьма сложной: на калибровочной кривой много участков, где ^{14}C -возраст как бы “замирает”, в то время как календарный уменьшается (рис. 7, А, Б).

В 1986 г. вышел специальный выпуск журнала “Radiocarbon”, посвященный калибровке радиоугле-

родных дат [1986 Calibration Issue, 1986], в 1993 г. – его новое издание [Calibration..., 1993], а в 1998 г. – еще один аналогичный выпуск [INTCAL-98..., 1998]. Разработаны компьютерные программы калибровки [Plicht, 1993; Plicht, Mook, Hasper, 1990; Stuiver, Reimer, 1993; Ramsey, 1995; Stuiver et al., 1998]. Подробнее о калибровке радиоуглеродных дат можно узнать из литературы [Taylor, 1987, p. 133 – 142; Pearson, 1987; Арсланов, 1987, с. 88 – 105; Aitken, 1990, p. 92 – 108; Дергачев, Векслер, 1991, с. 126 – 131].

В настоящее время для осуществления процедуры калибровки необходимо только иметь радиоуглеродную дату, приведенную к значению величины полураспада 5568 лет с точкой отсчета 1950 г. Нами использовалась программа CALIB 4.3 [Stuiver, Reimer, 1993; Stuiver et al., 1998]; при этом календарный возраст мы определяли как максимально широкий при $\pm 2\sigma$, объединяя все возможные интервалы.

Привязка “плавающих” дендрошкал методом “подгонки по зубцам” (“wiggle-matching”)

До середины 1980-х гг. у исследователей, имеющих в своем распоряжении дендрошкалы, не соотнесенные с современными (т.н. плавающие), не было методов для надежной их привязки к календарной шкале времени. Лишь с появлением графиков и таблиц калибровки радиоуглеродных дат для последних 10 000 лет стало возможным с достаточно высокой точностью (не менее $\pm 20 - 30$ лет) датировать такие дендрошкалы. Этот метод получил в англоязычной литературе название “wiggle-matching” [Taylor, 1997, p. 71], что можно перевести как “подгонка по зубцам”. Название происходит от пиков (“зубцов”) калибровочной кривой (рис. 7, А, Б).

Процедура “подгонки по зубцам” вытекает непосредственно из калибровки радиоуглеродных дат (см.: [Aitken, 1990, p. 103 – 105; Taylor, 1997, p. 76 – 78]). Она заключается в том, что серия последовательных радиоуглеродных дат “плавающей” дендрошкалы сопоставляется с опорной кривой колебания содержания радиоуглерода в атмосфере, построенной по результатам датирования длинных дендрошкал (рис. 7, Б, В). При наличии достаточного количества образцов в серии (не менее пяти – десяти) можно найти общие пики концентрации радиоуглерода на обеих шкалах и таким образом соотнести “плавающую” дендрошкалу с календарной шкалой времени с вероятностью не менее 95% [Pearson, 1987; Aitken, 1990]. В некоторых случаях удается получить привязку даже очень коротких серий, состоящих из четырех-пяти дат [Kojo, Kalin, Long, 1994].

С начала 1990-х гг. при калибровке серий радиоуглеродных дат, отражающих последовательность археологических событий либо различные фазы развития археологических культур, используется байесов-

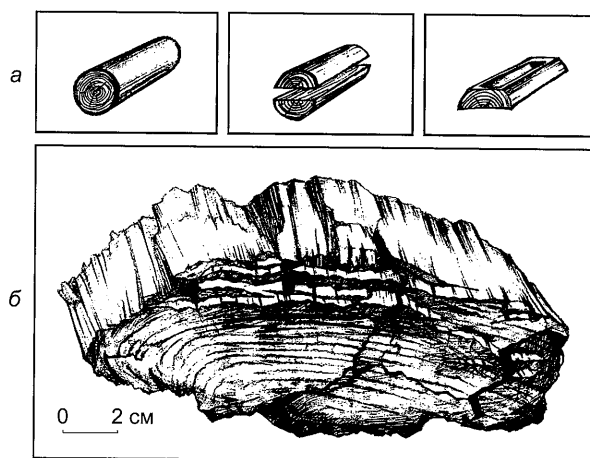


Рис. 6. Дендрообразец для радиоуглеродного датирования: колода из погр. 25 кург. 3 памятника Быстровка-2. а – схема изготовления колоды; б – торец колоды, использованный для датирования.

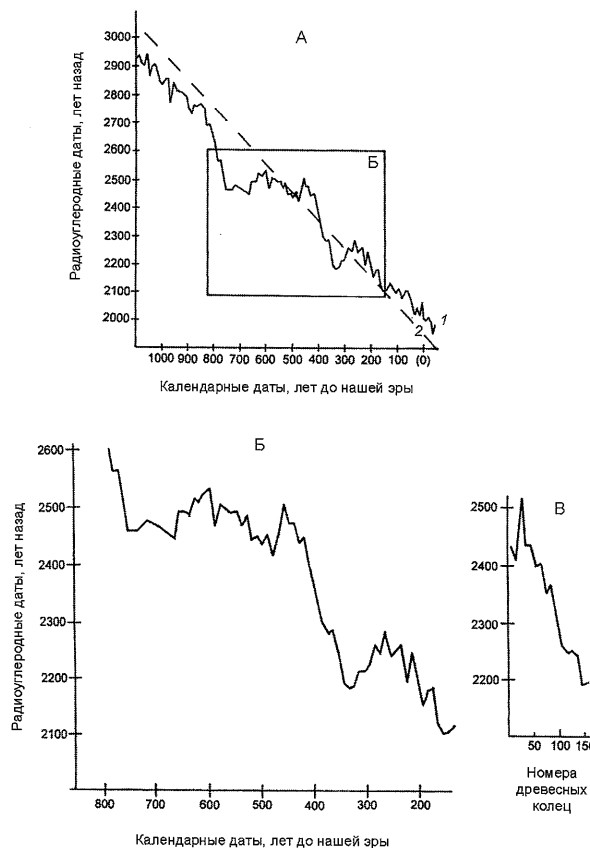


Рис. 7. Фрагмент калибровочной кривой INTCAL-98 (А: 1 – кривая реального соотношения календарного и радиоуглеродного возрастов, 2 – линейная зависимость календарного и радиоуглеродного возрастов); увеличенная ее часть для интервала 2100 – 2600 л.н. (Б) и кривая радиоуглеродного возраста в пределах “плавающей” дендрошкалы для обр. 18955 могильника Быстровка-2 (В).

ская (Bayesian) статистика [Buck et al., 1991; Buck, Cavanagh, Litton, 1996, p. 232 – 245; Litton, Buck, 1995; Christen, Litton, 1995]. Важным условием ее применения для “подгонки по зубцам” является знание хронологической последовательности образцов. В данном случае мы имеем датированные радиоуглеродным методом серии древесных колец, интервалы времени между которыми точно известны. Ранее нами уже использовалась бейесовская статистика для “подгонки по зубцам” серии дат по “плавающей” дендрошкале для могильника Уландрык-4 на Алтае [Slusarenko et al., 2001].

В отличие от процедуры простой механической подгонки серии радиоуглеродных дат к калибровочной кривой [Kojo, Kalin, Long, 1994] или сопоставления их с помощью компьютерных программ [Plicht, 1993; Stuiver, Reimer, 1993; Ramsey, 1995], бейесовская статистика позволяет проводить повторное моделирование калибровочной кривой и рассчитывать апостериорную плотность распределения калиброванных дат в экспериментальной серии, получая вероятность не менее 95% [Christen, 1994; Buck, Cavanagh, Litton, 1996, p. 238, 242 – 245]. В настоящий момент бейесовский подход к калибровке дат и “подгонке по зубцам” [Christen, Litton, 1995] представляется одним из наиболее перспективных.

В нашем случае для “подгонки по зубцам” применялся программный продукт Mexcal (может быть получен по запросу к Дж.А. Кристену), в котором использована высокоточная калибровочная кривая 1998 г. (см.: [INTCAL-98..., 1998]). Как было указано выше, образцы содержали по 10 древесных колец. Это означает, что календарная дата для каждого образца (θ_i) должна быть на 10 лет больше, чем для следующего, т.е. $\theta_{i+1} = \theta_i + 10$ (календарные годы). Таким образом, начиная от самого последнего, “внешнего”, об-

разца мы имеем следующий ряд: θ_1 ; $\theta_2 = \theta_1 + 10$; $\theta_3 = \theta_1 + 20$; и т.д. Зная θ_1 , можно определить календарные даты для всех остальных образцов. С учетом этого мы подсчитали последующую плотность только для θ_1 . Она представляет собой вероятное значение для θ_1 , т.е. среднюю календарную дату того момента, когда органическое вещество в самом последнем образце прекратило обмен углеродом с окружающей средой (детали см.: [Christen, Litton, 1995]).

Результаты и обсуждение

В ходе перекрестного датирования образцов из отдельных погребений, сгруппированных по курганам, были созданы обобщенные древесно-кольцевые хронологии для кург. 3 – 5, 9 и 10. Количество погребений, по которым создавались “плавающие” шкалы, варьирует от 4 (кург. 9) до 16 (кург. 4). Курганы 7 и 8 были представлены каждый только одним погребением. Полученные для отдельных курганов средние кривые погодичной изменчивости синхронизировались между собой с целью построения относительной хронологии Быстровского некрополя в целом. Распределение количества годовых колец, по которым составлены шкалы для курганов, следующее: кург. 3 – 203 кольца; кург. 4 – 186; кург. 5 – 141; кург. 7 – 70; кург. 8 – 98; кург. 9 – 156; кург. 10 – 204 кольца.

В результате перекрестного датирования предложена модель относительной хронологии могильника Быстровка-2, согласно которой наиболее ранним является кург. 4, за ним следует кург. 3, далее – 5, а наиболее поздними являются кург. 9 и 10, причем погребения в них практически синхронны (рис. 8). Следует отметить, что в силу минимальности отрезка синхронизации дендрошкалы для кург. 4 со свод-



Рис. 8. Синхронизация кривых роста годовых колец для курганов могильника Быстровка-2.
а – обр. 18955; б – кург. 9; в – кург. 10; г – кург. 5; д – кург. 8; е – кург. 7; ж – кург. 3; з – кург. 4.

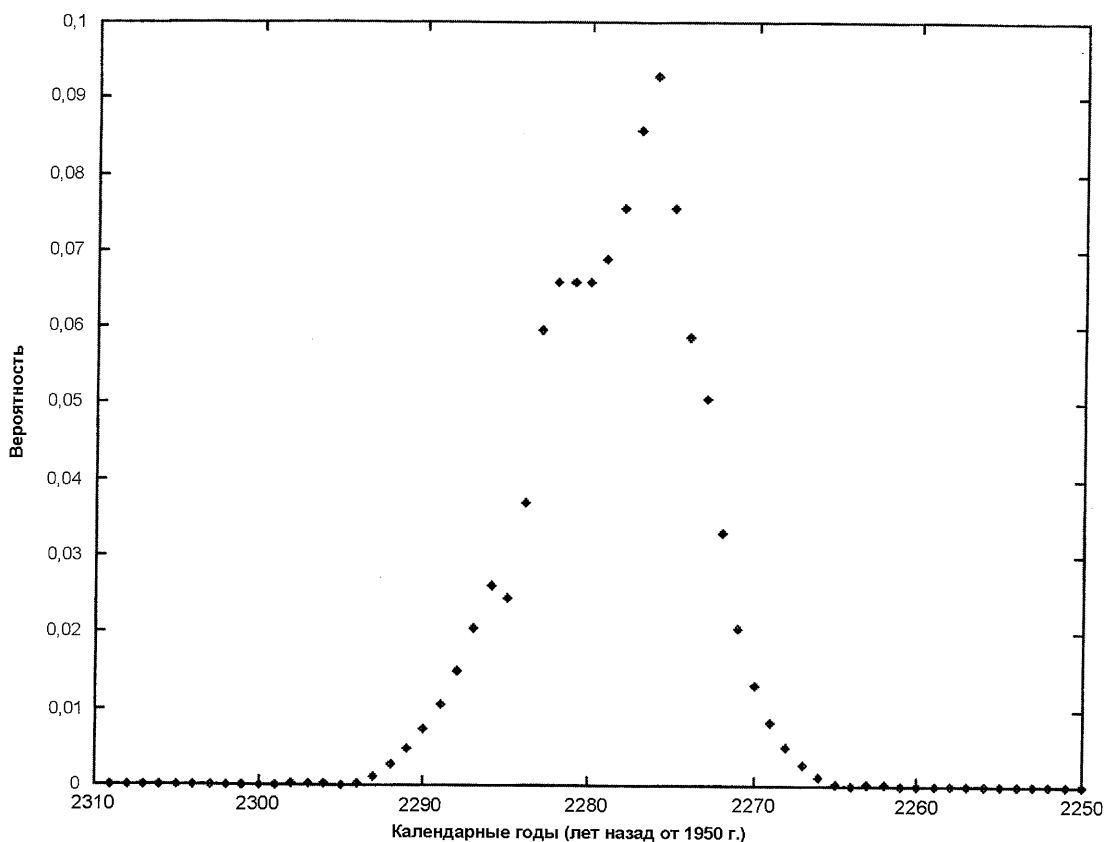


Рис. 9. Кривая апостериорной плотности распределения калиброванных дат для обр. 18955.

ной шкалой всего некрополя (83 года) его определение как самого раннего не является строго доказанным.

Полученные нами по обр. 18955 16 радиоуглеродных дат (см. табл. 1) были использованы для привязки древесно-кольцевой хронологии к календарной шкале времени методом “подгонки по зубцам”. График распределения последующей плотности для θ_1 представлен на рис. 9. На нем ясно виден пик, соответствующий на календарной шкале времени 2276 календарных лет назад (от 1950 г. н.э.), или 327 г. до н.э. Вероятность того, что θ_1 относится именно к этому году, составляет 9,2%. В целом с вероятностью 97% величина θ_1 находится в интервале 2290 – 2270 календарных лет назад; более того, для интервала 2284 – 2273 вероятность составляет 80%. Необходимо отметить асимметричность кривой распределения последующей плотности, обусловленную извилистой формой калибровочной кривой.

Приняв 2276 календарных лет назад как наилучшую “подгонку”, мы соотнесли серию радиоуглеродных дат (с их ошибками измерения) с калибровочной кривой так, чтобы наиболее поздняя из них совпала именно с отметкой 2276 календарных лет назад (рис. 10). Как фон показан фрагмент калибровочной

кривой для интервала 2250 – 2450 с ошибкой измерения радиоуглеродного возраста образцов, положенных в основу кривой (детали см.: [Christen, Litton, 1995]). Следует отметить, что практически все радиоуглеродные даты, кроме 2515 ± 30 л.н. (AA-37810), находятся на таком расстоянии от калибровочной кривой, которое не превышает двукратную ошибку измерения ($\pm 2\sigma$). По нашему мнению, это очень хорошая “подгонка” с чрезвычайно высокой точностью – в пределах 12 лет – для древесины возрастом около 2400 лет. Естественно, такая точность не является абсолютной, т.к., во-первых, датировались образцы из 10 колец каждый; во-вторых, ошибка измерения для калибровочной кривой на отрезке 2500 – 2000 л.н. составляет $\pm 10 - 44$ года (среднее ± 21 год по 50 измерениям от 5 до 495 г. до н.э.) [Stuiver, Becker, 1993, p. 59]; в-третьих, ошибка датирования групп колец составляет $\pm 22 - 49$ лет (см. табл. 1). Однако метод “wiggle-matching” остается наиболее точным для привязки дендрошкел к календарной шкале времени.

Имея дату 327 г. до н.э. как окончание “привязанной” дендрошкалы (кольца № 150 – 160), нам необходимо вычесть из нее 38 лет для установления даты последнего наличного кольца, т.к. общее их число в образце равно 198. Таким образом, мы получаем дату

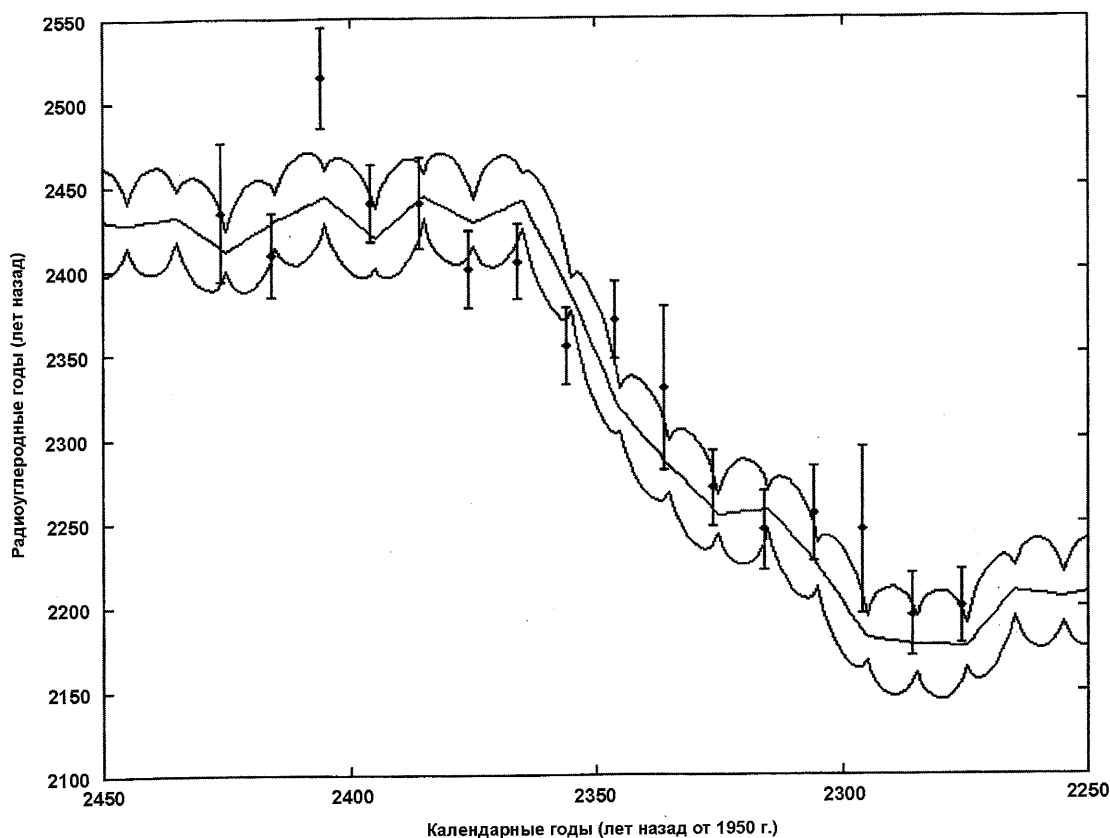


Рис. 10. Сопоставление серии радиоуглеродных дат, полученных по обр. 18955, с калибровочной кривой (сплошная линия).

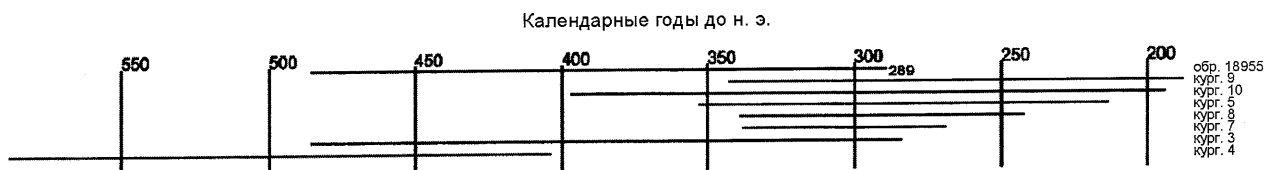


Рис. 11. Календарные интервалы дендрощкал для курганов могильника Быстровка-2.

289 г. до н.э., которая соответствует времени образования последнего наличного кольца в колоде из погр. 25 кург. 3. Предположив потерю наружных колец в количестве не более 10 – 20 (с учетом зафиксированного возраста дерева и внешних параметров образца), можно считать установленную дату близкой к реальному времени сооружения данного погребения.

С учетом рассчитанной календарной даты конкретного погребения и последовательности сооружения курганов, установленной в рамках обобщенной древесно-кольцевой хронологии, мы можем предложить реконструкцию возраста памятника Быстровка-2 (рис. 11, табл. 3). Необходимо отметить, что период

сооружения погребений в определенном кургане не целиком соответствует длине дендрощкалы для этого кургана, т.к. последняя включает в себя все предшествующие годы, когда шло образование древесных колец в тех стволах, которые после рубки использовались для изготовления погребальных конструкций.

Также с определенной поправкой следует принимать календарные даты отдельных погребений, сгруппированных по курганам. Это связано с плохой сохранностью деревянных конструкций – почти всегда отсутствует большее или меньшее количество колец с наружной части образца. Кроме того, надо учитывать отеску стволов, например, при изготовлении плах для рам-обкладок, которые широко представлены в быс-

Таблица 3. Дендрошкалы и абсолютная хронология курганов могильника Быстровка-2

Объект	Длина дендрошкалы, кол-во лет	Календарный интервал дендрошкалы, гг. до н.э.	Время сооружения погребений, гг. до н.э.
Обр. 18955	198	486 – 289	Ок. 280
Кург. 3	203	486 – 284	330 – 280
Кург. 4	186	589 – 404	500 – 400
Кург. 5	141	353 – 213	290 – 210
Кург. 7 (погр. 6)	70	338 – 269	Ок. 250
Кург. 8 (погр. 6)	98	339 – 242	Ок. 240
Кург. 9	156	343 – 188	230 – 180
Кург. 10	204	397 – 194	240 – 190

тровских погребениях. При отеске также утрачивалась часть колец как из внутреннего, так и из наружного слоя дерева.

Таким образом, у подавляющего большинства имеющихся образцов отсутствовали последние годовичные кольца, образовавшиеся при жизни дерева, которые позволили бы датировать погребения с максимальной точностью (“порубочные даты”). Количество утраченных колец часто не представлялось возможным установить с необходимой точностью. В этом случае мы имеем дело с т.н. непорубочными датами, когда при отсутствии наружных колец дата образования последнего сохранившегося на образце годовичного слоя считается лишь “*terminus post quem*”, или годом, после которого дерево было срублено [Черных, 1996, с. 57]. Соответственно, календарные интервалы, когда сооружались курганы Быстровки-2, определялись нами как время между датами “*terminus post quem*” для достоверно самого раннего и самого позднего погребения каждого кургана. Период, в течение которого возвели большинство насыпей могильника Быстровка-2, приходится на начало V – начало II в. до н.э. (с учетом указанной выше проблематичности определения кург. 4 как самого раннего).

Для установления времени функционирования всего Быстровского некрополя использовались радиоуглеродные даты, полученные по образцам дерева и кости (см. табл. 2). Их калибровка показала следующее. Наиболее ранняя дата (Быстровка-2, кург. 2, погр. 13) приходится на период 810 – 540 гг. до н.э.; наиболее поздняя (Быстровка-2, кург. 5, погр. 32) – 378 – 1 гг. до н.э. По отдельным курганам Быстровки-2 получены следующие обобщенные интервалы: кург. 2 – 810 – 390 гг. до н.э.; кург. 3 – 800 – 200; кург. 4 – 480 – 90; кург. 5 – 410 – 1; кург. 6 – 390 – 10; кург. 7 – 480 – 170; кург. 9 – 760 – 180; кург. 10 – 790 – 60 гг. до н.э. Таким образом, на основании радиоуглеродных дат можно наметить последовательность сооружения курганов (от ранних к поздним): кург. 2 – кург. 3, 9 и 10 – кург. 4, 5, 7 и 6.

Календарные интервалы дат для курганных групп Быстровка-1 и 3 находятся в целом внутри временного

диапазона Быстровки-2 (см. табл. 2). Малое количество дат (три) для этих памятников не позволяет провести более детальное сопоставление.

Достоверность соотнесения календарной привязки дендрохронологической шкалы и радиоуглеродных дат отдельных погребений Быстровки-2 подтверждается также традиционными археологическими критериями, в частности стратиграфией. Это очевидно для целой серии ярусных захоронений Быстровки-2, расположенных друг над другом. Так, в кург. 4 погр. 5а (верхнее) датируется по дендрошкале 490 г. до н.э., а погр. 5б (нижнее) – 493 г. до н.э. По результатам радиоуглеродного датирования деревянных конструкций для этих же погребений календарные интервалы составляют: погр. 5а – 410 – 90 гг. до н.э.; погр. 5б – 350 – 110 гг. до н.э.

Кроме ярусных захоронений Быстровки-2 совпадение дат, полученных двумя методами, характерно и для других могил. Например, погр. 27б кург. 4 датируется по дендрошкале 404 г. до н.э., а по костям погребенного – 390 – 120 гг. до н.э.; погр. 13 кург. 5 – соответственно 253 г. до н.э. и 410 – 240 гг. до н.э., а погр. 32 того же кургана – 263 г. до н.э. и 378 – 1 гг. до н.э.

В соответствии с еще одним традиционным “законом” археологии (закон Й. Ворсо) о датировке погребального комплекса по самому позднему предмету [Там же] встает проблема выбора наиболее достоверного из нескольких хронологических интервалов, получающихся иногда в результате калибровки (см.: [Plicht, 1993]). На наш взгляд, дендрохронологическая шкала, привязанная к календарному времени, дает возможность отдать предпочтение одному такому интервалу для определения возраста захоронения.

Соотнесение последовательности сооружения курганов, установленной по данным дендрохронологии и по результатам радиоуглеродного датирования, свидетельствует об их достаточно хорошем соответствии. Например, оба метода дают основание говорить об одновременности части погребений в кург. 3 и 5 и захоронений в кург. 10 и 9 Быстровки-2. Несов-

падение дендрохронологических и радиоуглеродных данных прослеживается только для кург. 4: по дендрохронологической шкале он является наиболее ранним (см. рис. 11), а по результатам радиоуглеродного датирования костей погребенных оказывается одним из поздних (см. табл. 2). Это не ставит под сомнение сделанные ранее выводы, а лишь требует более детального анализа причин наблюдаемого несоответствия, что заслуживает отдельной публикации.

Датирование Быстровского некрополя радиоуглеродным и дендрохронологическим методами является одним из оснований для пересмотра хронологии этого обширного погребального комплекса, а также общей даты березовского этапа раннего железного века в Верхнем Приобье и открывает новые перспективы для построения более объективной хронологии памятников эпохи раннего железа в Верхнеобском регионе.

Особенно важным является еще и то обстоятельство, что вторая половина I тыс. до н.э. для степной и лесостепной Евразии, включая юг Западной Сибири, — один из переломных периодов эпохи раннего железа, когда у одних этнотерриториальных групп населения процесс культурогенеза завершается, а у других он только начинается. Интенсивность контактов древнего населения и различные культурные влияния значительно усложняют возможность получения достоверной информации по хронологии предметного комплекса. Классическое правило датировки археологических комплексов по самым “поздним” предметам материальной культуры далеко не всегда бывает адекватно реальности, хотя бы потому, что типология и хронология бытования различных вещей с учетом территориальных особенностей чаще всего детально не разработаны или, по крайней мере, не подвергаются соответствующей критике.

Датировка по аналогиям, как правило, обозначает историческую эпоху, но не позволяет точно установить время. В каждом конкретном случае требуется особое выяснение хронологического интервала бытования той или иной разновидности предметного комплекса в пределах определенной территории. Для Верхнего Приобья в эпоху раннего железа это приобретает особое значение, поскольку вещевой комплекс очень часто бывает или слишком “невыразителен”, или противоречив для получения конкретных дат.

В публикациях методического характера уже в конце 1980-х гг. признавалось, что “датировку по аналогиям нельзя считать строго научным методом” [Мартынов, Шер, 1989, с. 177], поскольку она не отвечает требованию удовлетворительного воспроизведения результатов при обработке определенных данных по одной методике. Действительно, “датировка по аналогиям одних и тех же объектов нередко приводит разных авторов к различным результатам” [Там же].

В отличие от “традиционного” археологического датирования естественно-научные методы вполне отвечают условию воспроизводимости результатов и менее зависимы от субъективизма исследователей. Сочетание методов дендрохронологического и радиоуглеродного датирования материалов наиболее представительных некрополей Верхнеобского региона эпохи раннего железа дает возможность проверять и корректировать хронологию этих памятников.

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что время образования последнего наличного кольца в обр. 18955 из погр. 25 кург. 3 могильника Быстровка-2 соответствует календарной дате 289 г. до н.э. С учетом этого, а также на основании выявленной методом дендрохронологии последовательности сооружения курганов Быстровки-2 их можно датировать началом V — началом II в. до н.э.

Калибровка серии радиоуглеродных дат, полученных по дереву и по костям из погребений курганных групп Быстровка-1 — 3, в целом согласуется с результатами привязки дендрошкалы к календарной шкале времени.

Совокупность полученных данных позволяет поставить вопрос об удревнении Быстровского некрополя. Значительная серия дат (более 40), определенных по материалам курганных групп Быстровка-2, закладывает основу для разработки периодизации эпохи раннего железа в Верхнем Приобье на качественно новом уровне. Помимо этого, появляется возможность установить дробную хронологию отдельно взятого, но очень представительного Быстровского некрополя, время функционирования которого охватывает фактически всю вторую половину I тыс. до н.э.

Не менее значима и возможность объективной оценки радиоуглеродных дат в рамках обширной серии с привлечением современных статистических методов обработки. Это уже не простое, часто случайное “соответствие” радиоуглеродных дат традиционной археологической хронологии, а их независимый анализ.

Итоги подобных исследований приобретают особое значение в том случае, если они отличаются представительностью исходных данных и независимостью полученных выводов. Эти результаты, несомненно, могут быть использованы в качестве “точки отсчета” для корректировки хронологии серий “датирующих предметов” из обширных некрополей, таких как у с. Быстровка, и целого ряда других “синхронных” могильников Верхнего Приобья.

Список литературы

Арсланов Х.А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. — 300 с.

- Бородовский А.П.** Проблемы планиграфии Быстровского некрополя // Пятые исторические чтения памяти Михаила Петровича Грязнова. – Омск: Изд-во Ом. ун-та, 2000. – С. 13 – 14.
- Бородовский А.П., Орлова Л.А.** Радиоуглеродные датировки Быстровского некрополя эпохи раннего железа из Новосибирского Приобья // Пространство культуры в археолого-этнографическом измерении: Западная Сибирь и сопредельные территории: Материалы XII Зап.-Сиб. археол.-этногр. конф. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2001. – С. 287 – 289.
- Грязнов М.П.** История древних племен верхней Оби. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – 163 с. – (МИА; № 48).
- Дергачев В.А., Векслер В.С.** Применение радиоуглеродного метода для изучения природной среды прошлого. – Л.: Изд-во Физ.-техн. ин-та АН СССР, 1991. – 258 с.
- Дураков И.А., Мжельская Т.В.** Исследования могильника Быстровка-3 // 75 лет Новосибирскому областному краеведческому музею. – Новосибирск: Новосиб. краевед. музей, 1995. – С. 47 – 65.
- Кирюшин Ю.Ф., Фролов Я.В.** Комплекс памятников эпохи раннего железа в районе с. Елунино // Древние поселения Алтая. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1998. – С. 110 – 137.
- Клейн Л.С.** Структура археологической теории // Вопр. философии. – 1980. – № 3. – С. 99 – 115.
- Кузьмин Я.В.** Сопоставление хронологий средневековых памятников юга Дальнего Востока России // РА. – 1993. – № 2. – С. 189 – 192.
- Кунгуров А.Л.** К вопросу об этнокультурной ситуации в Барнаульско-Бийском Приобье во второй половине I тыс. до н.э. // Пространство культуры в археолого-этнографическом измерении: Западная Сибирь и сопредельные территории: Материалы XII Зап.-Сиб. археол.-этногр. конф. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2001. – С. 293 – 296.
- Мартынов А.И., Шер Я.А.** Методы археологического исследования. – М.: Высш. шк., 1989. – 222 с.
- Орлова Л.А.** Радиоуглеродный метод датирования в археологии // Методы естественных наук в археологических реконструкциях. – Новосибирск: ИАЭТ СО РАН, 1995а. – Ч. 1. – С. 87 – 97.
- Орлова Л.А.** Радиоуглеродное датирование археологических памятников Сибири и Дальнего Востока // Методы естественных наук в археологических реконструкциях. – Новосибирск: ИАЭТ СО РАН, 1995б. – Ч. 2. – С. 207 – 232.
- Орлова Л.А.** Радиоуглеродное датирование археологических памятников Сибири и Дальнего Востока. II // Деревянко А.П., Холмошников Ю.П., Ростовцев П.С., Воронин В.Т. Статистический анализ позднелепестчатых комплексов Северной Азии. – Новосибирск: Изд-во НИИ МОО НГУ, 1998. – С. 74 – 88.
- Плихт Й., ван дер.** Калибровка радиоуглеродной временной шкалы // Археологические вести. – СПб., 1998. – № 5. – С. 78 – 85.
- Погребальный обряд древних племен Алтая.** – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1996. – 200 с.
- Слюсаренко И.Ю., Бородовский А.П.** Перспективы и проблемы дендрохронологических исследований в Новосибирском Приобье // Интеграция археологических и этнографических исследований. – Новосибирск: Новосиб. гос. пед. ун-т; Омск: Ом. гос. ун-т, 1996. – Ч. 2. – С. 56 – 61.
- Троицкая Т.Н.** Могильник Быстровка как исторический источник // Археологические памятники лесостепной полосы Западной Сибири. – Новосибирск: Новосиб. гос. пед. ун-т, 1983. – С. 31 – 50.
- Троицкая Т.Н., Бородовский А.П.** Большереченская культура лесостепного Приобья. – Новосибирск: Наука, 1994. – 184 с.
- Троицкая Т.Н., Молодин В.И., Соболев В.И.** Археологическая карта Новосибирской области. – Новосибирск: Наука, 1980. – 183 с.
- Худяков Ю.С.** Вооружение средневековых кочевников Южной Сибири и Центральной Азии. – Новосибирск: Наука, 1986. – 268 с.
- Черных Н.Б.** Дендрохронология и археология. – Москва: NOX, 1996. – 216 с.
- Aitken M.J.** Science-based Dating in Archaeology. – L.: Longman, 1990. – 274 p.
- Buck C.E., Cavanagh W.G., Litton C.D.** Bayesian Interpretation of Archaeological Data. – Chichester: John Wiley & Sons, 1996. – 307 p.
- Buck C.E., Kenworthy J.B., Litton C.D., Smith A.F.M.** Combining Archaeological and Radiocarbon Information: A Bayesian Approach to Calibration // Antiquity. – 1991. – Vol. 65, N 250. – P. 808 – 821.
- Calibration 1993** / Eds. M. Stuiver, A. Long, R.S. Kra // Radiocarbon. – 1993. – Vol. 35, N 1. – P. 1 – 244.
- Christen J.A.** Bayesian Interpretation of Radiocarbon Results: Ph.D. thesis. – Nottingham: University of Nottingham, 1994. – 267 p.
- Christen J.A., Litton C.D.** A Bayesian Approach to Wiggle Matching // Journal of Archaeological Science. – 1995. – Vol. 22, N 7. – P. 719 – 725.
- Francuz J., Ruoff U., Seifert M., Stuker S., Wypraechtger K.** 15 Jahre Dendrochronologie in Zurich // Dendrochronologia. – 1985. – N 3. – P. 207 – 216.
- INTCAL-98: Calibration Issue** / Eds. M. Stuiver, J. van der Plicht // Radiocarbon. – 1998. – Vol. 40, N 3. – P. 1041 – 1159.
- Klein J., Lerman J.C., Damon P.E., Ralph E.K.** Calibration of Radiocarbon Dates: Tables Based on the Consensus Data of the Workshop on Calibrating the Radiocarbon Time Scale // Radiocarbon. – 1982. – Vol. 24, N 1. – P. 103 – 150.
- Kojo Y., Kalin R.M., Long A.** High-Precision “Wiggle-Matching” in Radiocarbon Dating // Journal of Archaeological Science. – 1994. – Vol. 21, N 4. – P. 475 – 479.
- Kromer B., Becker B.** German Oak and Pine ^{14}C Calibration, 7200 – 9400 BC // Radiocarbon. – 1993. – Vol. 35, N 1. – P. 125 – 135.
- Libby W.F.** Radiocarbon Dating. – 2nd ed. – Chicago: University of Chicago Press, 1955. – 267 p.
- Litton C.D., Buck C.E.** The Bayesian Approach to the Interpretation of Archaeological Data // Archaeometry. – 1995. – Vol. 37, N 1. – P. 1 – 24.
- 1986 Calibration Issue** / Eds. M. Stuiver, R.S. Kra // Radiocarbon. – 1986. – Vol. 28, N 2B. – P. 805 – 1030.
- Pearson G.W.** How to Cope with Calibration // Antiquity. – 1987. – Vol. 61, N 231. – P. 98 – 103.
- Pearson G.W., Becker B., Qua F.** High-Precision ^{14}C Measurement of German and Irish Oaks to Show the Natural ^{14}C Variations from 7890 to 5000 BC // Radiocarbon. – 1993. – Vol. 35, N 1. – P. 93 – 104.
- Pearson G.W., Pilcher J.R., Baillie M.G.L., Corbett D.M., Qua F.** High-Precision ^{14}C Measurements of Irish Oaks

to Show the Natural ^{14}C Variations from AD 1840 – 5210 BC // Radiocarbon. – 1986. – Vol. 28, N 2B. – P. 911 – 934.

Pearson G.W., Stuiver M. High-Precision Calibration of the Radiocarbon Time-Scale 500 – 2500 BC // Radiocarbon. – 1986. – Vol. 28, N 2B. – P. 839 – 862.

Plicht J., van der. The Groningen Radiocarbon Calibration Program // Radiocarbon. – 1993. – Vol. 35, N 1. – P. 231 – 237.

Plicht J., van der, Mook W.G., Hasper H. Automatic Calibration of Radiocarbon Ages // Pact. – 1990. – Vol. 29: Proceedings of the Second International Symposium on ^{14}C and Archaeology / Eds. W.G. Mook, H.T. Waterbolk. – P. 81 – 94.

Ramsey C.B. Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: the OxCal Program // Radiocarbon. – 1995. – Vol. 37, N 2. – P. 425 – 430.

Slusarenko I.Y., Christen J.A., Orlova L.A., Kuzmin Y.V. ^{14}C Wiggle Matching of the “Floating” Tree-Ring Chronology from the Altai Mountains, Southern Siberia: The Ulandryk-4 Case Study // Radiocarbon. – 2001. – Vol. 43, N 2A. – P. 425 – 431.

Stuiver M., Becker B. High-Precision Decadal Calibration of the Radiocarbon Time Scale, AD 1950 – 6000 BC // Radiocarbon. – 1993. – Vol. 35, N 1. – P. 35 – 65.

Stuiver M., Pearson G.W. High-Precision Calibration of the Radiocarbon Time-Scale AD 1950 – 500 BC // Radiocarbon. – 1986. – Vol. 28, N 2B. – P. 805 – 838.

Stuiver M., Reimer P.J. Extended ^{14}C Data Base and Revised CALIB 3.0 ^{14}C Age Calibration Program // Radiocarbon. – 1993. – Vol. 35, N 1. – P. 215 – 230.

Stuiver M., Reimer P.J., Bard E., Beck J.W., Burr G.S., Hughen K.A., Kromer B., McCormac G., van der Plicht J., Spurk M. INTCAL-98 radiocarbon age calibration, 24000 – 0 cal BP // Radiocarbon. – 1998. – Vol. 40, N 3. – P. 1041 – 1083.

Suess H. Bristlecone Pine Calibration of the Radiocarbon Time Scale from 4100 BC to 1500 BC // Radiocarbon Dating and Methods of Low-Level Counting. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1967. – P. 143 – 150.

Taylor R.E. Radiocarbon Dating: An Archaeological Perspective. – Orlando, FL: Academic Press, 1987. – 212 p.

Taylor R.E. Radiocarbon Dating // Chronometric Dating in Archaeology / Eds. R.E. Taylor, M.J. Aitken. – N.Y.; L.: Plenum Press, 1997. – P. 65 – 96.

Vries H. de. Variations in Concentration of Radiocarbon Within Time and Location on Earth // Proceedings Koninklijke Nedelandse Akademie van Wetenschappen. Ser. B. – 1958. – Vol. 61. – P. 1 – 9.

Материал поступил в редколлегию 1.04.02 г.