

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ И РАДИОУГЛЕРОДНОЕ ДАТИРОВАНИЕ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОГО ДУБА (1074–1306 гг.)

© 2020 г. А.А. Карпухин^{1,*}, Б.Ф. Хасанов^{2,**}, Н.А. Кренке^{1,***},
М.М. Певзнер^{3,****}, Л.Н. Соловьева^{1,*****}

¹Институт археологии РАН, Москва, Россия

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

³Геологический институт РАН, Москва, Россия

*E-mail: Karpukhin.A@rambler.ru

**E-mail: bulatfk@gmail.com

***E-mail: nkrenke@mail.ru

****E-mail: m_pevzner@mail.ru

*****E-mail: lidia77-77@mail.ru

Поступила в редакцию 14.04.2018 г.

В статье рассматриваются результаты дендрохронологического и радиоуглеродного датирования годичных колец дубовых могильных досок и элементов гробов средневекового кладбища г. Вязьма Смоленской обл. Сопоставляются результаты дендрохронологических, калиброванных и моделированных методом сопоставления флуктуаций (*wiggle-matching*) радиоуглеродных датировок. Итог работы – создание первой для археологических памятников европейской части России абсолютно датированной древесно-кольцевой хронологии по дубу общей протяженностью в 233 года (1074–1306). В составе географической сети абсолютно датированных дендрохронологических шкал по дубу, созданных для Европы, древесно-кольцевая хронология Вязьмы является ее самой восточной точкой. Цель статьи – предоставить научному сообществу древесно-кольцевую хронологию по дубу, которая может быть использована в исследованиях по дендроархеологии, дендроклиматологии и дендроэкологии. Полученная хронология демонстрирует устойчивую взаимосвязь с древесно-кольцевыми хронологиями дуба, происходящего из аллювиальных отложений р. Западная Двина и р. Вилия близ г. Сморгонь (Северо-Западная Белоруссия).

Ключевые слова: дендрохронология, древесно-кольцевые хронологии, радиоуглеродное датирование, флуктуации (*wiggle-matching*), деревянные доски надгробий.

DOI: 10.31857/S086960630008250-4

В 2017 г. на Соборном холме г. Вязьма (“Малый город” письменных источников XVII в.) Смоленской обл. проводились археологические раскопки на месте строительства церковного дома. Двумя раскопами вскрыта площадь около 180 м². При этом установлено, что в центральной части холма изначально находилось кладбище, к которому примыкала жилая застройка. Всего зафиксировано 39 погребений. Постепенно кладбище росло, оттесняя застройку. Могила на краю холма врезались в культурный слой мощностью до 0.8 м. Планировка кладбища указывает на то, что могилы были четко обозначены на поверхности, случаи наложения одного погребения на другое не отмечены. Вероятно, территория кладбища подверглась сильному пожару, после чего место надолго превратилось в пустырь. Датированные находки и серия

радиоуглеродных дат органики из культурного слоя, в который были впущены погребения, указывают на то, что его накопление происходило в XIII в. (Кренке и др., 2019).

Все погребения совершены по сходному обряду с использованием дубовых дощатых гробов, скрепленных деревянными поперечными планками. Гробы аналогичной конструкции известны по материалам раскопок кладбищ XII–XIII вв. в Киеве и Минске (Сагайдак, 1991. С. 96–100; Тарасенко, 1957. С. 228–232). Уникальность кладбища Вязьмы заключалась в том, что места погребений были отмечены на дневной поверхности дубовыми гладко выструганными досками-надгробиями без каких-либо надписей (рис. 1).

Поскольку не все доски оказались хорошей сохранности (у некоторых погребений они и



Рис. 1. Вид с юго-запада на раскоп 4 Соборного холма г. Вязьма (2017 г). В центре — кладбище конца XIII—начала XIV в. с намогильными досками. На врезке — дубовые доски-надгробия погребений 23 и 24.

Fig. 1. View of excavation site 4 on the Cathedral Hill of Vyazma (2017) from the south-west. In the centre, there is a cemetery of the late 13th–early 14th century with tomb boards. The inset — oak tomb boards 23 and 24

вовсе не сохранились) для дендрохронологического датирования с торцевых частей могильных досок и крышек гробов было отобрано только 14 поперечных спилов. Определение видовой принадлежности древесины, проведенное в лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН путем анализа анатомических признаков ее строения под бинокулярным микроскопом по трем срезам в поперечном, радиальном и тангенциальном направлениях, показало, что все образцы представлены древесиной дуба.

Среди материалов средневековых археологических памятников Восточной Европы, ранее изучавшихся в лаборатории ИА РАН, доля лиственных пород обычно составляла 2–2.5%. До 3% образцов лиственных древесных пород встречалось лишь в памятниках западных регионов, причем здесь среди них преобладал как раз дуб (Черных, 1996. С. 33, 34). Исследования древесины из раскопов Великого Новгорода и Пскова, проведенные в других лабораториях,

также демонстрируют невысокие (2 и 5% соответственно) показатели использования древесины лиственных пород, среди которых, как правило, доминирует дуб (Тарабардина, 2009. С. 79; Кулакова, 2009. С. 73). В то же время работы с материалами Новгорода последних лет не подтверждают сделанных ранее наблюдений о встречаемости дуба лишь в ранних слоях X в. Постепенно происходит пополнение коллекции за счет материалов XII–XIV вв., которое, однако, не слишком меняет процентное соотношение использованных древесных пород. В Старой Руссе было зафиксировано использование дуба в строительных горизонтах XI–первой половины XV в. на уровне порядка 7–8% от всей коллекции (Тарабардина, 2011. С. 192). Материалы Коломны и Ярославля демонстрируют несколько более высокую долю дубовой древесины, однако и здесь она не превышает 9% (Черных, Карпухин, 2004. С. 97; Карпухин и др., 2011. С. 92). Отдельные факты применения дуба в строительстве зафиксированы

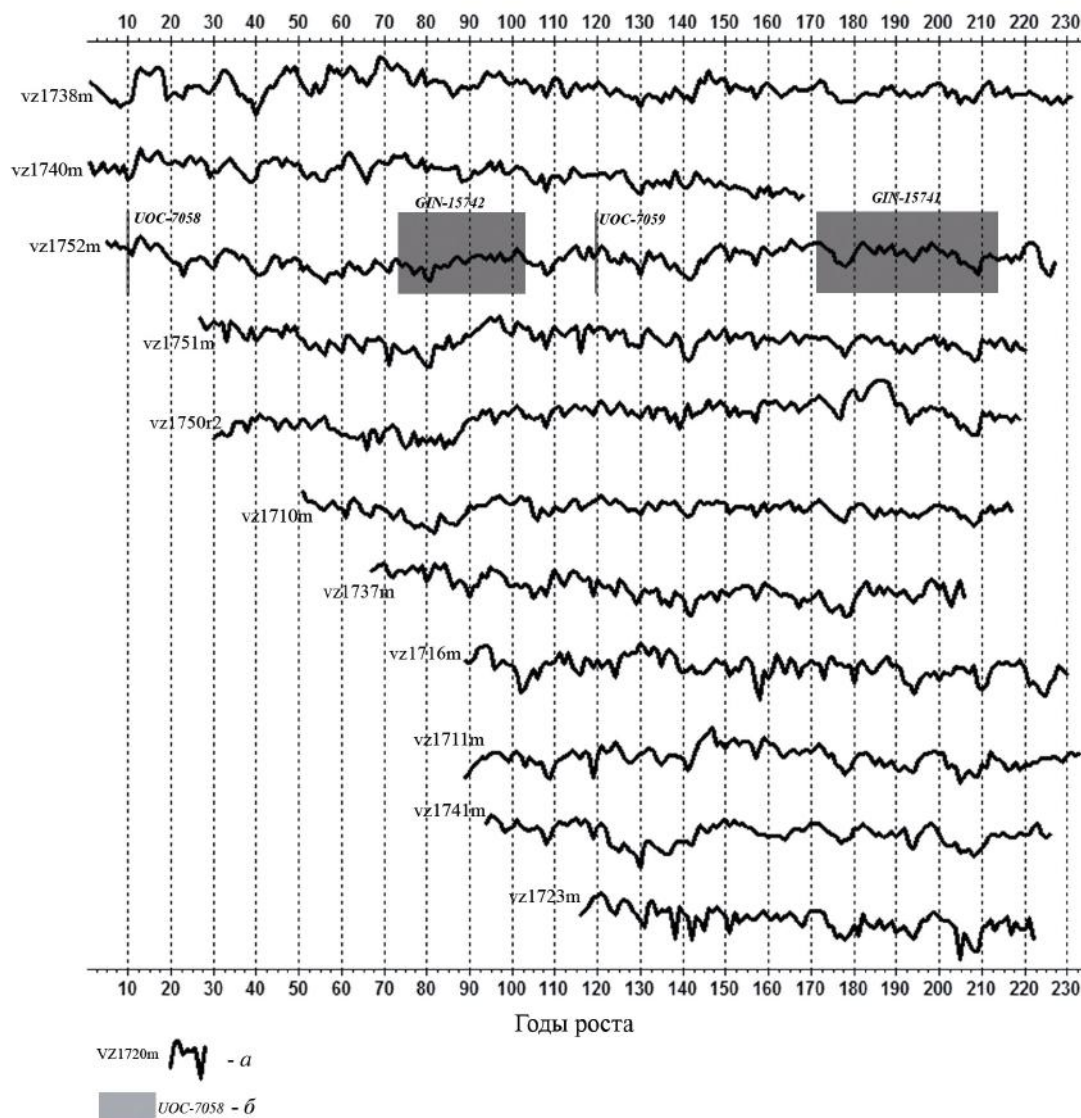


Рис. 2. Относительная древесно-кольцевая хронология образцов дуба погребальных конструкций из Вязьмы с указанием участков отбора проб для радиоуглеродного анализа (шифры образцов и радиоуглеродных дат согласно табл. 1, 2). Условные обозначения: *a* — шифр и график (логарифмическая шкала) погодичного прироста образца древесины; *б* — место отбора пробы для радиоуглеродного анализа с лабораторным кодом полученной даты.

Fig. 2. Relative tree-ring chronology of oak samples of the Vyazma funeral structures indicating locations of sampling for radiocarbon analysis (samples and radiocarbon dates are designated according to Tables 1, 2)

при археологических исследованиях Рюрикова городища (Носов и др., 2017. С. 10, 11). При раскопках в Тайницком саду Московского Кремля выявлено девять построек XV–XVI вв., представлявших собой “впускные”, заглубленные в грунт части конструкций, сооруженные полностью из дуба (Карпухин, Соловьева, 2017. С. 10, 11). Однако в процентном отношении в составе всей собранной дендроколлекции из раскопок в Москве доля дубовой древесины также сравнительно невелика.

Именно редкой встречаемостью дуба в конструкциях археологических памятников средневековой Руси объясняется отсутствие абсолютно датированных дендрохронологических шкал, или же древесно-кольцевых хронологий, по дубу, которые могли бы быть использованы в качестве дендроэталонов для абсолютного дендрохронологического датирования новых образцов дуба.

На общем фоне небольшая серия образцов дуба из Вязьмы выделяется довольно существенным биологическим возрастом древесных

Таблица 1. Образцы древесины дуба, включенные в древесно-кольцевую хронологию**Table 1.** Oak wood samples included in the tree-ring chronology

№ п/п	Лабораторный шифр	Погребение №	Деталь	Возраст (лет)	Порядковые № годовичных колец в общей относительной хронологии
1	vz1738m	24	Доска-надгробие	231	1-231
2	vz1740m	26	—“—	168	1-168
3	vz1752m	39	—“—	223	5-227
4	vz1751m	36	—“—	194	27-220
5	vz1750r2	35	—“—	190	30-219
6	vz1710m	1	—“—	167	51-217
7	vz1737m	23	Могильная доска	140	67-206
8	vz1716m	11	Крышка гроба	145	73-214
9	vz1711m	3	Доска-надгробие	142	89-233
10	vz1741m	23	Крышка гроба	133	94-226
11	vz1723m	15	Доска-надгробие	107	116-222

стволов — от 107 до 274 лет. Только 1 из 14 образцов имел возраст 70 лет. Измерения ширины годовичных колец проводились в лаборатории ИА РАН с помощью бинокулярного микроскопа на полуавтоматической измерительной станции LINTAB™5 с точностью до 0.01 мм по двум радиусам. Затем для каждого образца при помощи графического модуля программного пакета TSAPWin Scientific Version 0.59 (Rinn, 1996) радиальные измерения синхронизированы между собой и создан усредненный древесно-кольцевой ряд. Полученные средние ряды погодичного прироста использованы для составления относительной древесно-кольцевой хронологии. Перекрестное относительное датирование усредненных рядов проведено при помощи программы COFESHA (Holmes, 1983) с последующей проверкой итогов в пакете TSAPWin Scientific. В результате получена относительная древесно-кольцевая хронология по дубу общей протяженностью в 233 года, включающая в себя усредненные ряды измерений погодичного прироста 11 образцов. С целью определения абсолютного возраста составленной последовательности годовичных колец был осуществлен отбор проб для радиоуглеродного датирования (рис. 2; табл. 1).

Из торцевого спила могильной доски погребения 39 путем его распила и шлифовки удалось получить тонкий (5–7 мм) поперечный срез. Затем под бинокулярным микроскопом по годовичным кольцам при помощи скальпеля проводился скол древесины в ее продольном направлении. Планировавшийся отбор образцов по одному древесному кольцу

с регулярным 10-летним шагом не удалось осуществить в полном объеме из-за наличия блоков очень тонких годовичных колец, особенно во внешней части древесного ствола. В результате получено несколько проб, содержащих древесину единичных наиболее широких годовичных колец с известными, хотя и не одинаковыми, временными интервалами между ними. Кроме того, после пробоотбора в нашем распоряжении оказались отдельные блоки годовичных колец, количество и местоположение которых в древесно-кольцевой последовательности было четко определенным.

Небольшая масса проб, полученных по единичным годовичным кольцам, потребовала проведения дорогостоящего AMS-датирования, в связи с чем только два образца, относящиеся к годовичным кольцам № 10 и 120 общей древесно-кольцевой хронологии, были переданы в AMS лабораторию Университета Оттавы (Канада). Датирование еще двух блоков, содержащих массивы древесины 73-103 и 172-214 годовичных колец (табл. 2), осуществлялось методом сцинтилляционной β-спектрометрии в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН.

Дальнейшая работа с электронной версией относительной древесно-кольцевой хронологии из Вязьмы проводилась в лаборатории исторической экологии Института проблем экологии и эволюции РАН, одним из направлений деятельности которой является изучение субфоссиальной древесины дуба из аллювиальных отложений речных долин. Относительная

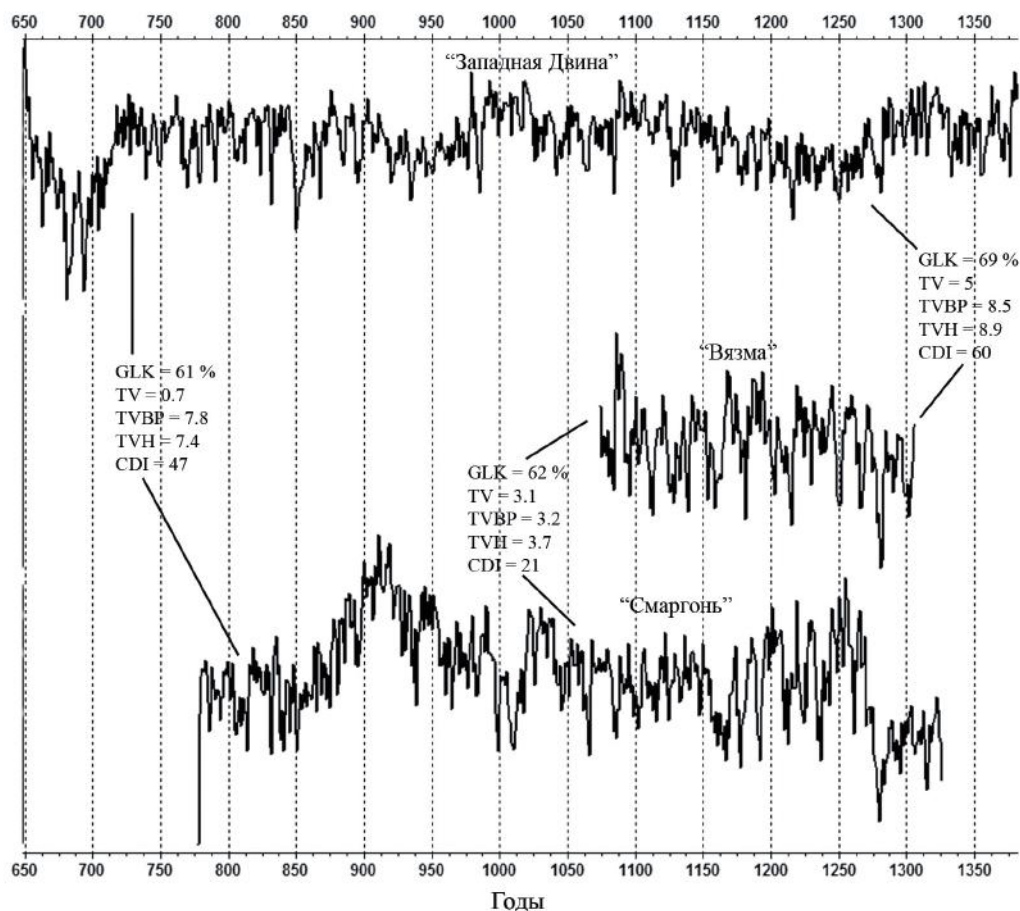


Рис. 3. Результаты абсолютного перекрестного датирования усредненных древесно-кольцевых хронологий по дубу Вязмы и Западной Двины по древесно-кольцевой хронологии (blr001) ископаемой древесины дуба из Смаргоны (логарифмическая шкала). GLK — сумма равных наклонных интервалов (Eckstein, Bauch, 1969); TV — t-критерий Стьюдента; TVBP — t-критерий Бейли-Пильчера (Baillie, Pilcher, 1973); TVH — t-критерий после удаления тренда (Hollstein, 1980); CDI — индекс перекрестного датирования.

Fig. 3. The results of absolute cross-dating of averaged Vyazma and the Western Dvina oak tree-ring chronologies against the tree-ring chronology (blr001) of fossil oak wood from Smargon (logarithmic scale). GLK — the sum of equal inclined intervals (Eckstein, Bauch, 1969); TV — Student's t-test; TVBP — Baillie-Pilcher t-test (Baillie, Pilcher, 1973); TVH — t-test after trend removal (Hollstein, 1980); CDI — cross dating index

датировка вяземских материалов оказалась возможной по “плавающей” древесно-кольцевой хронологии протяженностью в 734 года, включающей в себя измерения годовичных колец 51 образца древесины дуба, происходящего из речных отложений р. Западная Двина и ее притока — р. Велеса (примерно 160 км к северо-западу от Вязмы). При этом наиболее позднее годовичное кольцо вяземской хронологии оказалось на 76 лет старше последнего кольца хронологии “Западная Двина”. Абсолютное датирование этого блока из двух древесно-кольцевых хронологий непосредственно дендрохронологическим методом оказалось возможным только после появления в открытом доступе (International Tree-Ring Data Bank)

данных по измерениям образцов абсолютно датированной древесно-кольцевой хронологии (blr001 — <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/22159>) ископаемой древесины дуба р. Вилия близ г. Смаргонь в Северо-Западной Белоруссии, охватывающей интервал 778–1326 гг. (Vitas et al., 2014. Tree chronology № 16).

В результате проведенного перекрестного датирования (рис. 3) относительная древесно-кольцевая хронология погребальных конструкций из Вязмы получила свои абсолютные календарные привязки — ее крайними точками стали 1074 и 1306 гг.

Таким образом, в нашем распоряжении оказалась абсолютно датированная методом

Таблица 2. Радиоуглеродные даты дубовой могильной доски погребения 39 из Вязьмы**Table 2.** Radiocarbon dates of an oak tomb board of burial 39 from Vyazma

Лабораторный код	Конвенционная радиоуглеродная дата (BP)	Порядковый № годовичных колец по общей относительной хронологии	Количество годовичных колец в образце для радиоуглеродного анализа	Временной интервал до следующего образца, определенный по годовичным кольцам (лет)
UOC-7058	945±25	10	1	78±15
GIN-15742	915±30	73-103	31	32±15
UOC-7059	865±25	120	1	73±21
GIN-15741	745±30	172-214	43	—

UOC – AMS лаборатория Университета Оттавы.

GIN – Лаборатория Геологического института РАН.

дендрохронологии древесно-кольцевая последовательность, обеспеченная, кроме того, и серией из четырех радиоуглеродных дат (табл. 2). В связи с этим представилась любопытная в методическом плане возможность как сопоставить результаты этих датировок, так и провести сравнения результатов моделирования радиоуглеродных дат двумя различными способами сопоставления флуктуаций (*wiggle-matching*).

Обычная калибровка полученных радиоуглеродных дат, выполненная с использованием

атмосферной калибровочной кривой IntCal13 (Reimer et al., 2013) в программе OxCal v.4.3.2, показала, что три наиболее ранние даты приходятся на участки “плато” калибровочной кривой (рис. 4; табл. 3, 4). При этом отдельные ее пики обуславливают как разбивку некоторых калиброванных дат на несколько хронологических интервалов (для дат UOC-7058 и GIN-15742), так и значительную протяженность интервала (для даты UOC-7059) даже при вероятности в 1σ. Тем не менее результаты калибровки не противоречат относительной хронологической последовательности,

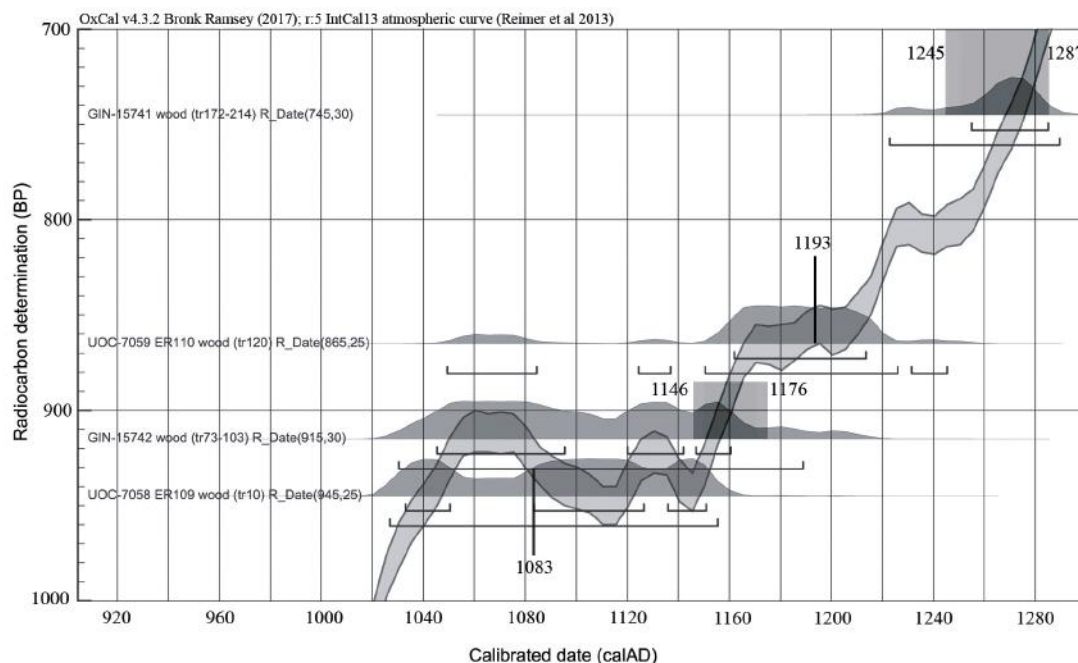
**Рис. 4.** Соотношение дендрохронологических и калиброванных радиоуглеродных датировок.**Fig. 4.** The ratio of dendrochronological and calibrated radiocarbon dating

Таблица 3. Соотношение дендрохронологических и радиоуглеродных (доверительный интервал 68.2%) датировок**Table 3.** The ratio of dendrochronological and radiocarbon (confidence interval of 68.2%) dates

Лабораторный код	Количество годичных колец в образце	Конвенционная радиоуглеродная дата (BP)	Калиброванная радиоуглеродная дата (cal AD)		Моделированные радиоуглеродные даты (cal AD)				Дендрохронологическая дата
			Дата	Вероятность, %	D_последовательность, Дата	Вероятность, %	V_последовательность, Дата	Вероятность, %	
UOC-7058	1	945±25	1083–1126 1033–1050 1136–1151	39.3 15.5 13.4	1073–1098	91.8	1032–1129	98.3	1083
GIN-15742	31	915±30	1045–1095 1120–1142 1147–1160	40.7 17.1 10.4	1151–1176	81.8	1118–1196	85.5	1146–1176
UOC-7059	1	865±25	1162–1213	68.2	1183–1208	121.3	1159–1217	120.7	1193
GIN-15741	43	745±30	1255–1285	68.2	1256–1281	103.9	1224–1285	95.7	1245–1287
	Моделированная дата последнего (№ 233) годичного кольца древесно-кольцевой хронологии				1296–1321	N=4 Acomb=97.3% (An=35.4%)	1270–1323	Amodel=96.3% Aoverall=98.5%	1306

Таблица 4. Соотношение дендрохронологических и радиоуглеродных (доверительный интервал 95.4%) датировок**Table 4.** The ratio of dendrochronological and radiocarbon (confidence interval of 95.4%) dates

Лабораторный код	Количество годичных колец в образце	Конвенционная радиоуглеродная дата (BP)	Калиброванная радиоуглеродная дата (cal AD)		Моделированные радиоуглеродные даты (cal AD)				Дендрохронологическая дата
			Дата	Вероятность, %	D_последовательность, Дата	Вероятность, %	V_последовательность, Дата	Вероятность, %	
UOC-7058	1	945±25	1027–1155	95.4	1047–1102	91.8	1032–1129	98.3	1083
GIN-15742	31	915±30	1030–1189	95.4	1125–1180	81.8	1118–1196	85.5	1146–1176
UOC-7059	1	865±25	1150–1226 1049–1084 1124–1137	82.4 9.4 1.7	1157–1212	121.3	1159–1217	120.7	1193
GIN-15741	43	745±30	1223–1289	95.4	1230–1285	103.9	1224–1285	95.7	1245–1287
	Моделированная дата последнего (№ 233) годичного кольца древесно-кольцевой хронологии				1270–1325	N=4 Acomb=97.3% (An=35.4%)	1270–1323	Amodel=96.3% Aoverall=98.5%	1306

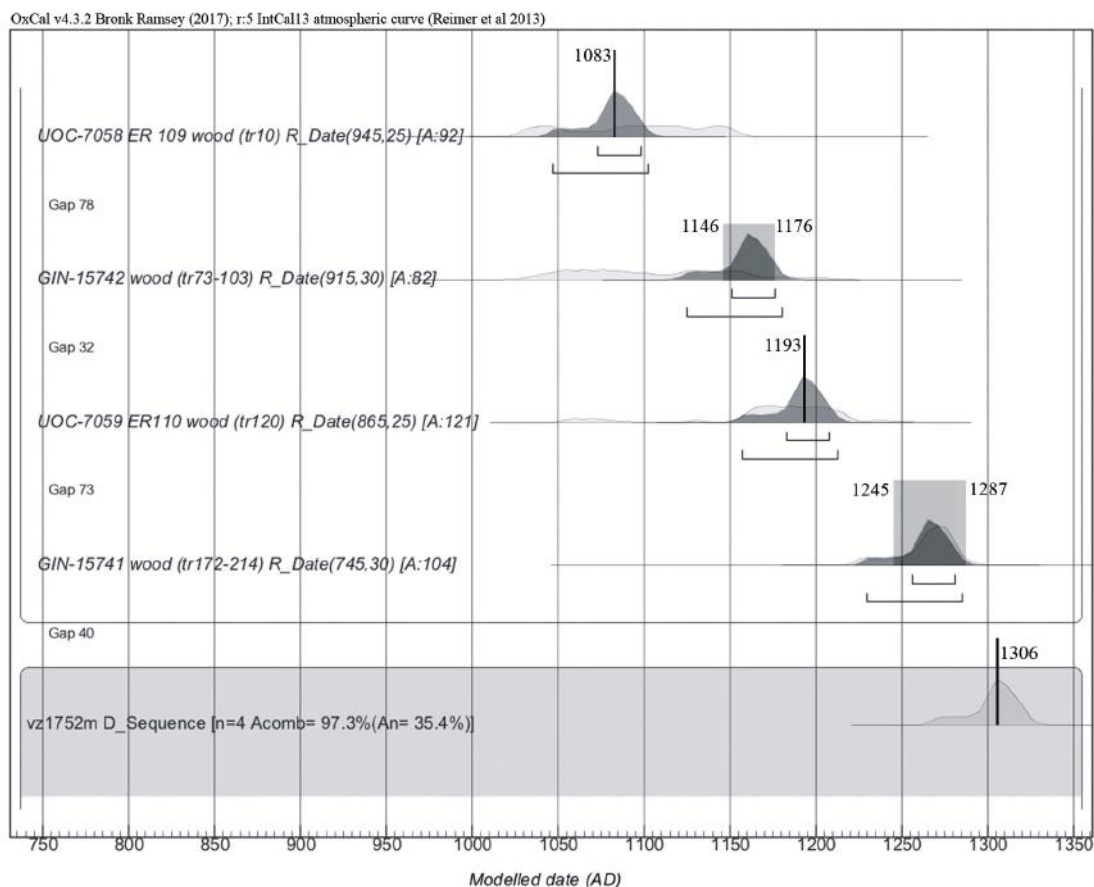


Рис. 5. Соотношение дендрохронологических и моделированных (D_Sequence) радиоуглеродных датировок.
Fig. 5. The ratio of dendrochronological and simulated (D_Sequence) radiocarbon dating

полученной по порядковым номерам годовых колец, и все дендрохронологические даты укладываются в интервалы калиброванных дат.

При попытке моделирования дат методом сопоставления флуктуаций (*wiggle-matching*) мы столкнулись с проблемой разнородности проб, по которым были получены радиоуглеродные даты. Поскольку две пробы, датированные методом сцинтилляционной β -спектрометрии, содержали в себе одна 31, другая 43 годовых кольца, возникла трудность с выбором наиболее корректной модели описания хронологических разрывов между элементами последовательности (датами).

При моделировании радиоуглеродных датировок, полученных по древесным кольцам, как правило, используется способ, реализованный в программе OxCal v4.3.2 как функция “D_последовательность” (D_Sequence). Эта функция позволяет задать четкий хронологический

интервал между пробами, известный по количеству годовых колец, и является одним из частных случаев метода сопоставления флуктуаций (Bronk Ramsey et al., 2001). На практике отбор проб для радиоуглеродного анализа осуществляется или последовательными блоками по 5, 10, 20 годовых колец (см., например: Lange et al., 2001; Slusarenko et al., 2001; Vasiliev et al., 2001; Kuzmin et al., 2004; Meadows, Zunde, 2014; Panyushkina et al., 2016), или по одному годовичному кольцу (Tyers et al., 2009).

При построении модели с использованием функции “D_последовательность” (D_Sequence) по блокам из нескольких годовых колец предполагается, что смоделированная радиоуглеродная дата относится к середине (центральному годовичному кольцу) каждого такого блока. Однако вполне вероятно, что каждое отдельное древесное кольцо блока может внести разное количество углерода, зависящее

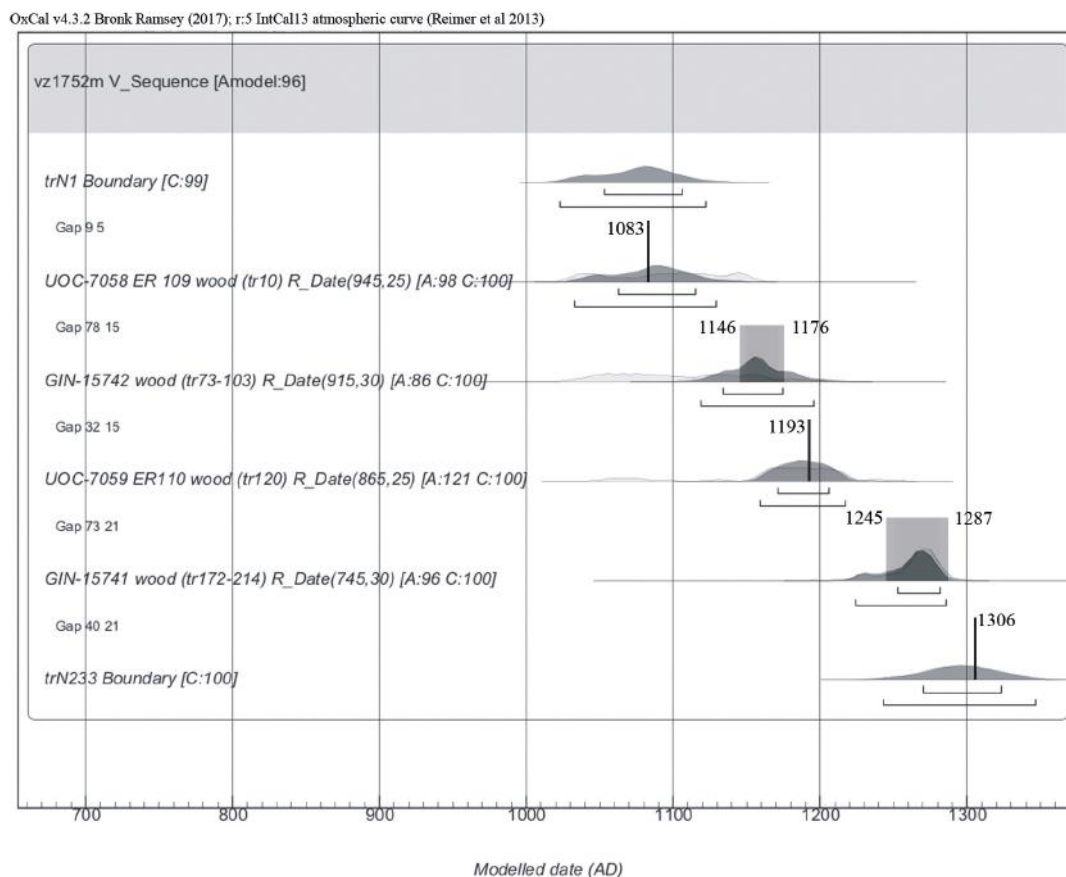


Рис. 6. Соотношение дендрохронологических и моделированных (V_Sequence) радиоуглеродных датировок.
Fig. 6. The ratio of dendrochronological and simulated (V_Sequence) radiocarbon dating

от массы (толщины кольца), поэтому смоделированная дата может оказаться не совсем эквивалентной центру блока. В нашем случае ситуация несколько осложнялась как разнородностью радиоуглеродных проб, поскольку две из них были отобраны с единичных годовых колец, а две представляли собой 31- и 43-летние блоки колец, так и неравномерностью хронологических интервалов между ними. Тем не менее результаты моделирования самих радиоуглеродных дат по составленной последовательности и моделирование даты последнего (наиболее позднего) годовичного кольца дубовой древесно-кольцевой хронологии Вязьмы, вероятно, следует признать удачными (рис. 5; табл. 3, 4). Параметры согласованности составленной модели ($N = 4$, $A_{comb} = 97.3\%$ ($A_n = 35.4\%$)) не выявляют проблем с моделью в целом или индивидуальными измерениями (Bronk Ramsey, 2009. Р. 356, 357).

Смоделированная при помощи функции “D_последовательность” (D_Sequence) радио-

углеродная дата наиболее позднего годовичного кольца древесно-кольцевой последовательности, датированного дендрохронологически 1306 годом, представлена хронологическим интервалом 1296–1321 гг. (68.2%) или 1270–1325 гг. (95.4%).

Другой способ моделирования радиоуглеродных дат методом сопоставления флуктуаций осуществляется в программе OxCal v.4.3.2 при помощи функции “V_последовательность” (V_Sequence). По своей сути этот способ — расширенный вариант предыдущего. В отличие от D_Sequence он позволяет описать временные интервалы между радиоуглеродными датами не с точностью до года, а в качестве хронологических диапазонов. В тех случаях, когда радиоуглеродные даты получены по многолетним блокам годовичных колец, при моделировании учитывается не временной интервал между центральными кольцами блоков, а весь хронологический диапазон блока, описываемый как центральное годовичное кольцо плюс/

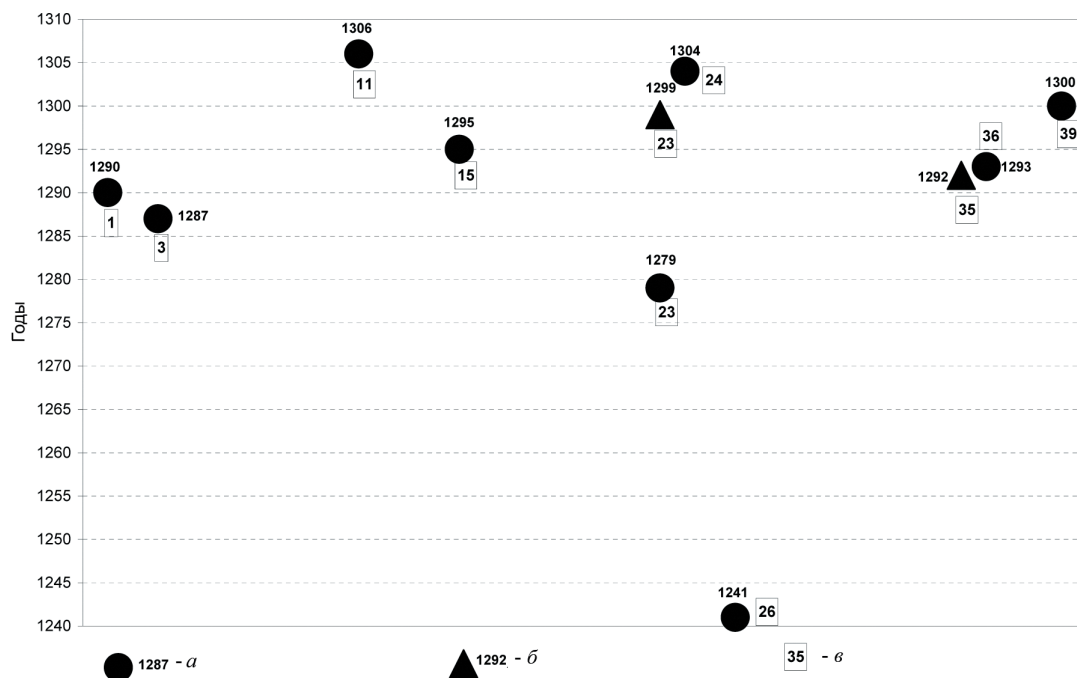


Рис. 7. Хронологическое распределение дендродат последних сохранившихся годовичных колец досок-надгробий и крышек гробов. Условные обозначения: *a* — дата последнего годовичного кольца доски-надгробия; *b* — дата последнего годовичного кольца крышки гроба; *v* — номер погребения.

Fig. 7. Chronological distribution of dendrodates of the last surviving tree rings of boards from tombs and coffin lids

минус количество лет, определяемых исходя из количества годовичных колец в каждом блоке. Вероятно, в нашем случае такой способ более корректен. При этом полученные результаты (рис. 6; табл. 3, 4) демонстрируют более протяженный интервал для моделированной радиоуглеродной даты последнего годовичного кольца древесно-кольцевой хронологии, чем в случае использования функции D_Sequence: 1270–1323 гг. (68.2%) или 1243–1346 гг. (95.4%) при приемлемых параметрах согласованности модели ($A_{model} = 96.3\%$, $A_{overall} = 98.5\%$) (Bronk Ramsey, 2009. P. 356, 357).

Таким образом, результаты калибровки и моделирования радиоуглеродных дат не противоречат абсолютным датам, полученным для древесно-кольцевой хронологии дубовых погребальных конструкций Вязьмы путем ее перекрестного дендрохронологического датирования по древесно-кольцевым хронологиям субфоссильного дуба из аллювиальных отложений р. Западная Двина и р. Вилия близ г. Сморгонь. При этом наиболее узкие хронологические интервалы радиоуглеродных дат (25 лет) удалось получить при моделировании методом сопоставления флуктуаций

(*wiggle-matching*) с использованием функции D_Sequence.

Возвращаясь к собственно археологическому контексту полученных датировок, хотелось бы особо подчеркнуть, что точное определение времени осуществления захоронений на исследованном кладбище Вязьмы путем прямой экстраполяции полученных дендрохронологических дат последних сохранившихся годовичных колец элементов погребальных конструкций вряд ли можно считать в полной мере корректным. Очевидно, что при изготовлении надгробных досок и крышек гробов, даже если оно осуществлялось без предварительной выдержки древесины, проводилась ее столярная обработка, уничтожившая некоторое трудноопределимое количество внешних годовичных колец. С другой стороны, анализ хронологического распределения полученных датировок (рис. 7) демонстрирует, что подавляющее большинство дат укладывается в относительно небольшой временной интервал — порядка 30 лет.

Довольно любопытен результат, полученный для погребения 23. Даты последних годовичных колец доски-надгробия и крышки гроба демонстрируют хронологический разрыв

в 20 лет, при этом дата могильной доски оказывается более ранней, чем крышки. Однако расположение вплотную к нему погребения 24 и небольшое смещение досок-надгробий обоих погребений относительно продольных осей гробов может свидетельствовать о перемещении доски в древности при рытье более поздней из могил. Возможно, при совершении второго захоронения доски этих погребений могли быть перепутаны местами.

Итак, главный итог данной работы — создание первой для археологических памятников европейской части России абсолютно датированной древесно-кольцевой хронологии по дубу, включающей в себя измерения годичных колец 11 образцов суммарной протяженностью в 233 года (1074–1306 гг.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Карпунин А.А., Соловьева Л.Н., Энговатова А.В. Дендрохронологическое датирование сооружений XIII в. из раскопок в Ярославле // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 2. М.: ИА РАН, 2011. С. 92–114.
- Карпунин А.А., Соловьева Л.Н. Некоторые результаты дендрохронологического анализа образцов древесины из раскопа 1 в Тайницком саду Московского Кремля // Аналитические исследования лаборатории естественнонаучных методов. Вып. 4. М.: ИА РАН, 2017. С. 10–16.
- Кренке Н.А., Ершов И.Н., Кудрявцев Б.В., Платоновский Р.Б., Раева В.А. Соборный холм Вязьмы в свете новых раскопок 2017 г. // Тверь, Тверская земля и сопредельные территории в эпоху средневековья. Вып. 12. Тверь: ТНИИР-центр, 2019. С. 388–405.
- Кулакова М.И. Некоторые итоги дендрохронологического изучения археологической древесины из раскопок Пскова // Археология, этнография и антропология Евразии. 2009. № 1 (37). С. 71–76.
- Носов Е.Н., Плохов А.В., Хвоцинская Н.В. Рюриково городище. Новые этапы исследований. СПб.: Дмитрий Буланин, 2017 (Труды ИИМК РАН; т. XLIX). 288 с.
- Сагайдак М.А. Давньокиївський Поділ. Київ: Наук. думка, 1991. 168 с.
- Тарасенко В.Р. Древний Минск // Труды Института истории Академии наук БССР. Т. 1: Материалы по археологии БССР. Минск: Изд-во АН БССР, 1957. С. 182–257.
- Тарабардина О.А. Дендрохронология средневекового Новгорода // Археология, этнография и антропология Евразии. 2009. № 1 (37). С. 79–84.
- Тарабардина О.А. Новгород и Старая Русса: дендрохронология средневековых городов Северо-Западной Руси // Труды III (XIX) Всероссийского археологического съезда. Т. II. СПб.; М.; Великий Новгород, 2011. С. 191–192.
- Черных Н.Б. Дендрохронология и археология. М.: NOX, 1996. 216 с.
- Черных Н.Б., Карпунин А.А. О хронологии оборонительных сооружений Коломны // КСИА. 2004. Вып. 216. С. 97–103.
- Baillie M.G.L., Pilcher J.R. A simple cross-dating program for tree-ring research // Tree-Ring Bulletin. V. 33. Tucson: Univ. of Arizona, 1973. P. 7–14.
- Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. V. 51. P. 337–360.
- Bronk Ramsey C., Plicht J.V., Weninger B. 'Wiggle Matching' Radiocarbon Dates // Radiocarbon. 2001. V. 43. P. 381–389.
- Eckstein D., Bauch J. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit // Forstwissenschaftliches. 1969. Bd. 88. H. 4. S. 230–250.
- Hollstein E. Mitteleuropäische Eichenchronologie. Mainz: Philipp von Zabern, 1980. 273 S.
- Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // Tree-Ring Bulletin. V. 43. Tucson: Univ. of Arizona, 1983. P. 69–78.
- Kuzmin Y.V., Slusarenko I.Y., Hajdas I., Bonani G., Christen J.A. The Comparison of ^{14}C Wiggle-Matching Results for the 'Floating' Tree-Ring Chronology of the Ulandryk-4 Burial Ground (Altai Mountains, Siberia) // Radiocarbon. 2004. V. 46. P. 943–948.
- Lange T., Barbetti M., Donahue D.J. Radiocarbon measurements of tree rings from 14 ka Huon pine // Radiocarbon. 2001. V. 43. P. 449–452.
- Meadows J., Zunde M. A lake fortress, a floating chronology, and an atmospheric anomaly: the surprising results of a radiocarbon wiggle-match from Āraiši, Latvia // Geochronometria. 2014. V. 41. P. 223–233.
- Panyushkina I.P., Slyusarenko I.Y., Sala R., Deom J.-M., Toleubayev A.T. Calendar Age of the Baigetobe Kurgan from the Iron Age Saka Cemetery in Shilikty Valley, Kazakhstan // Radiocarbon. 2016. V. 58. P. 157–167.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliðason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S., Plicht J. IntCal13 and Marine 13 Radiocarbon Age

- Calibration curves 0-50000 Years cal BP // *Radiocarbon*. 2013. V. 55. P. 1869–1887.
- Rinn F. TSAP, V3.5. Computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg: Frank Rinn Distribution, 1996. 264 p.
- Slusarenko I.Y., Christen J.A., Orlova L.A., Kuzmin Y.V., Burr G.S. ^{14}C wiggle-matching of the “floating” tree-ring chronology from the Altai Mountains, southern Siberia: the Ulandryk-4 case study // *Radiocarbon*. 2001. V. 43. P. 425–431.
- Tyers C., Sidell J., Plicht J.V., Marshal P., Cook G., Bronk Ramsey C., Bayliss A. Wiggle-Matching Using Known-Age Pine from Jermyn Street, London // *Radiocarbon*. 2009. V. 51. P. 385–396.
- Vasiliev S.S., Bokovenko N.A., Chugunov K.A., Dergachev V.A., Sementsov A.A., Slusarenko I.Y., Zaitseva G.I. Tree-rings, “Wiggle Matching” and statistics in the chronological studies of Scythian Age sites in Azia // *Geochronometria*. 2001. V. 20. P. 61–68.
- Vitas A., Mažeika J., Petrošius R., Pukienė R. Radiocarbon and dendrochronological dating of sub-fossil oaks from Smarhoń riverine sediments // *Geochronometria*. 2014. V. 41. P. 121–128.

DENDROCHRONOLOGICAL AND RADIOCARBON DATING OF EASTERN EUROPEAN OAK (1074–1306)

Alexey A. Karpukhin^{1,*}, Bulat F. Khasanov^{2,**}, Nikolay A. Krenke^{1,***},
Maria M. Pevzner^{3,****}, Lydia N. Solovyeva^{1,*****}

¹*Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia*

²*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia*

³*Geological Institute RAS, Moscow, Russia*

*E-mail: Karpukhin.A@rambler.ru

**E-mail: bulatfk@gmail.com

***E-mail: nkrenke@mail.ru

****E-mail: m_pevzner@mail.ru

*****E-mail: lidia77-77@mail.ru

The article discusses the results of dendrochronological and radiocarbon dating of tree rings of oak tomb boards and elements of the coffins of the Vyazma medieval cemetery in Smolensk Region. The study compares the results of dendrochronological, calibrated radiocarbon dating and simulated wiggle-match dating. As a result of this work, the first absolutely dated tree-ring chronology by oak for the archaeological sites of the European Russia was developed with a total span of 233 years (1074–1306). In the geographic network of absolutely dated dendrochronological oak scales developed for Europe, the Vyazma tree-ring chronology is its easternmost point. The purpose of the article is to provide the scientific community with a tree-ring oak chronology that can be used in dendroarchaeological, dendroclimatological and dendroecological studies. The developed chronology demonstrates a stable relationship with the tree-ring chronologies by oak originating from alluvial deposits of the rivers Western Dvina and Vilia near the town of Smargon (North-West Belarus).

Keywords: dendrochronology, tree-ring chronologies, radiocarbon dating, wiggle-matching, wooden tomb boards.

REFERENCES

- Baillie M.G.L., Pilcher J.R., 1973. A simple cross-dating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33. Tucson: Univ. of Arizona, pp. 7–14.
- Bronk Ramsey C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, vol. 51, iss. 1, pp. 337–360.
- Bronk Ramsey C., Plicht J.V., Weninger B., 2001. ‘Wiggle Matching’ Radiocarbon Dates. *Radiocarbon*, vol. 43, iss. 2A, pp. 381–389.
- Chernykh N.B., 1996. Dendrokronologiya i arkheologiya [Dendrochronology and archaeology]. Moscow: NOX. 216 p.
- Chernykh N.B., Karpukhin A.A., 2004. On the chronology of the defense structures of Kolomna. *KSIA [Brief Communications of the Institute of Archaeology]*, 216, pp. 97–103. (In Russ.)
- Eckstein D., Bauch J., 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches*, vol. 88, iss. 4, pp. 230–250.
- Hollstein E., 1980. Mitteleuropäische Eichenchronologie. Mainz: Philipp von Zabern. 273 p.
- Holmes R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43. Tucson: Univ. of Arizona, pp. 69–78.

- Karpukhin A.A., Solov'yeva L.N., 2017. Some results of dendrochronological analysis of wood samples from excavation site 1 in the Taynitsky Garden of the Moscow Kremlin. *Analiticheskiye issledovaniya laboratorii estestvennonauchnykh metodov [Analytical studies of the Laboratory of Scientific Methods]*, 4. Moscow: IA RAN, pp. 10–16. (In Russ.)
- Karpukhin A.A., Solov'yeva L.N., Engovatova A.V., 2011. Dendrochronological dating of the 13th century structures from excavations in Yaroslavl. *Analiticheskiye issledovaniya laboratorii estestvennonauchnykh metodov [Analytical studies of the Laboratory of Scientific Methods]*, 2. Moscow: IA RAN, pp. 92–114. (In Russ.)
- Krenke N.A., Ershov I.N., Kudryavtsev B.V., Platonovskiy R.B., Rayeva V.A., 2019. Vyazma Cathedral Hill in the light of new excavations in 2017. *Tver', Tverskaya zemlya i sopredel'nyye territorii v epokhu srednevekov'ya [Tver, the Tver land and adjacent territories in the Middle Ages]*, 12. Tver': TNIIR-tsent, pp. 388–405. (In Russ.)
- Kulakova M.I., 2009. Some results of the dendrochronological study of archaeological wood from the excavations of Pskov. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii [Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia]*, 1(37), pp. 71–76. (In Russ.)
- Kuzmin Y.V., Slusarenko I.Y., Hajdas I., Bonani G., Christen J.A., 2004. The Comparison of ¹⁴C Wiggle-Matching Results for the 'Floating' Tree-Ring Chronology of the Ulandryk-4 Burial Ground (Altai Mountains, Siberia). *Radiocarbon*, vol. 46, iss. 2, pp. 943–948.
- Lange T., Barbetti M., Donahue D.J., 2001. Radiocarbon measurements of tree rings from 14 ka Huon pine. *Radiocarbon*, vol. 43, iss. 2A, pp. 449–452.
- Meadows J., Zunde M., 2014. A lake fortress, a floating chronology, and an atmospheric anomaly: the surprising results of a radiocarbon wiggle-match from Āraiši, Latvia. *Geochronometria*, vol. 41, iss. 3, pp. 223–233.
- Nosov E.N., Plokhov A.V., Khvoshchinskaya N.V., 2017. Ryurikovo gorodishche. Novyye etapy issledovaniy [Ryurikovo Gorodishche. New stages of research]. St. Petersburg: Dmitriy Bulanin. 288 p. (Trudy IIMK RAN, XLIX).
- Panyushkina I.P., Slyusarenko I.Y., Sala R., Deom J.-M., Toleubayev A.T., 2016. Calendar Age of the Baigetobe Kurgan from the Iron Age Saka Cemetery in Shilikty Valley, Kazakhstan. *Radiocarbon*, vol. 58, iss. 1, pp. 157–167.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafflidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S., Plicht J., 2013. IntCal13 and Marine 13 Radiocarbon Age Calibration curves 0–50000 Years cal BP. *Radiocarbon*, vol. 55, iss. 4, pp. 1869–1887.
- Rinn F., 1996. TSAP, V3.5. Computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg: Frank Rinn Distribution. 264 p.
- Sagaydak M.A., 1991. Davn'okiivs'kiy Podil [Old Kyiv Podol (low part)]. Kiiv: Nauk. dumka. 168 p.
- Slusarenko I.Y., Christen J.A., Orlova L.A., Kuzmin Y.V., Burr G.S., 2001. ¹⁴C wiggle-matching of the "floating" tree-ring chronology from the Altai Mountains, southern Siberia: the Ulandryk-4 case study. *Radiocarbon*, vol. 43, iss. 2A, pp. 425–431.
- Tarabardina O.A., 2009. Dendrochronology of medieval Novgorod. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii [Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia]*, 1 (37), pp. 79–84. (In Russ.)
- Tarabardina O.A., 2011. Novgorod and Staraya Russa: dendrochronology of the medieval cities of Northwest Russia. *Trudy III (XIX) Vseross. arkheol. s'yezda [Works of the III (XIX) All-Russian archaeological congress]*, II. St. Petersburg; Moscow; Velikiy Novgorod, pp. 191–192. (In Russ.)
- Tarasenko V.R., 1957. Ancient Minsk. *Trudy Instituta istorii AN BSSR [Proceedings of the Institute of History of the Academy of Sciences of the BSSR]*, 1. Materialy po arkheologii BSSR [Materials on the archaeology of the BSSR]. Minsk: Izd. AN BSSR, pp. 182–257. (In Russ.)
- Tyers C., Sidell J., Plicht J.V., Marshal P., Cook G., Bronk Ramsey C., Bayliss A., 2009. Wiggle-Matching Using Known-Age Pine from Jermyn Street, London. *Radiocarbon*, vol. 51, iss. 2, pp. 385–396.
- Vasiliev S.S., Bokovenko N.A., Chugunov K.A., Dergachev V.A., Sementsov A.A., Slusarenko I.Y., Zaitseva G.I., 2001. Tree-rings, "Wiggle Matching" and statistics in the chronological studies of Scythian Age sites in Azia. *Geochronometria*, vol. 20, pp. 61–68.
- Vitas A., Mažeika J., Petrošius R., Pukienė R., 2014. Radiocarbon and dendrochronological dating of sub-fossil oaks from Smarhoń riverine sediments. *Geochronometria*, vol. 41, iss. 2, pp. 121–128.