

О ДАТИРОВКЕ ДУБОВОГО БРЕВНА ИЗ КРЕПОСТИ НА НОВГОРОДСКОМ (РЮРИКОВОМ) ГОРОДИЩЕ

© 2025 г. Н.В. Хвошинская^{1,*}, А.В. Долгих^{2,**}, В.В. Мацковский^{2,***},
О.М. Олейников^{3,****}

¹Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Институт географии РАН, Москва, Россия

³Институт археологии РАН, Москва, Россия

*E-mail: kottimoshka85@mail.ru

**E-mail: dolgikh@igras.ru

***E-mail: matskovsky@igras.ru

****E-mail: olejnikov1960@yandex.ru

Поступила в редакцию 16.04.2025 г.

После доработки 16.04.2025 г.

Принята к публикации 22.04.2025 г.

Одним из древнейших фортификационных сооружений раннего средневековья на севере Руси была крепость на Рюриковом городище. Исследования деталей ее конструкций проводились экспедицией Института истории материальной культуры РАН в течение ряда лет. Удалось установить, что деревоземляные укрепления состояли из двух линий городней, расположенных на разных уровнях. В 2021 г. в наиболее низкой мысовой части памятника был вскрыт хорошо сохранившийся отрезок прясла фасадной стены крепости. В результате были уточнены особенности ее конструкции, а также отобрано значительное количество образцов для определения времени ее сооружения с помощью естественнонаучных методов. При использовании дендрохронологического метода была получена дата внешнего сохранившегося кольца дубового бревна, входившего в фортификационное сооружение, — 847 г. С помощью радиоуглеродного датирования с применением ускорительной масс-спектрометрии (AMS) для внешнего сохранившегося кольца этого же бревна была получена смоделированная калиброванная радиоуглеродная дата 837–979 AD (2σ, вероятность 95.4 %). Дендрохронологическая дата (847 г.) попадает в этот смоделированный калиброванный интервал радиоуглеродной даты. В дальнейшем при выявлении на исследуемом образце древесного кольца, соответствующего событию радиоактивного выброса 774 г. (Мияке), можно будет уточнить дату строительства крепостных сооружений на Рюриковом городище с точностью до года.

Ключевые слова: Рюриково городище, деревоземляные сооружения, радиоуглеродное и дендрохронологическое датирование дуба, 862 г.

DOI: 10.31857/S0869606325030124

Одним из древнейших фортификационных сооружений раннего средневековья на севере Руси была крепость на Рюриковом городище. Исследования деталей ее конструкций проводились экспедицией Института истории материальной культуры РАН в течение ряда лет (1999–2003, 2019–2021 гг.) (Хвошинская и др., 2023. С. 9–19). В результате удалось выявить две линии деревоземляных укреплений, расположенных на разных уровнях. Внутренние сооружения представляли собой трехстенные срубы, засыпанные супесью, целью которых, видимо, являлось укрепление берегового эскарпа. Перед ними находилась вторая, внешняя, линия крепостных

конструкций. От площадки, являвшейся основанием внутренних деревоземляных укреплений, была сделана подрезка материка еще практически на 1.5 м, где была оборудована нижняя площадка, с которой стал возводиться внешний дубовый панцирь. Важным результатом явилось открытие цокольной части прясла стены, стоящей на материке в непо потревоженном виде (Хвошинская. 2021. С. 112–119). Сохранность дерева, благодаря влажности почвы, позволила в деталях проследить ее конструктивные особенности. Это была монолитная стена, расположенная в 6.5 м от внутренних деревянных конструкций и в 2 м от края рва, т.е. между деревоземляными укреплениями и рвом существовала площадка — берма. Особенно



Рис. 1. Нижняя часть фасадной стены крепости Рюрикава городища. Вид с юга.

Fig. 1. The lower part of the façade wall of the Ryurikovo Gorodishche fortress. View from the south

хорошо сохранился отрезок стены, сложенный из пяти лежащих друг на друге длинных (7.5–8 м) дубовых бревен (диаметр – 25–30 см) (рис. 1; 2, 1). С внутренней стороны в них были врублены поперечные стенки, фактически выполняющие роль опор, держащих фасадную часть. У подножия с внешней стороны стену подпирали довольно мощные хорошо сохранившиеся колья, вбитые в грунт. В результате раскопок было зафиксировано семь поперечных стенок разной сохранности и длины (от 1 до 3.6 м) на высоту до 1.1 м.

При разрушении крепости длинные бревна, составлявшие основу внешнего дубового панциря, скатывались вниз и консервировались благодаря влажному глинистому грунту в заполнении рва. В 2021 г. на краю рва в юго-восточной части раскопа были расчищены два бревна (диаметром 22 и 26 см), лежащие параллельно друг другу в верхней части заполнения рва (рис. 2, 2), а также обнаружено мощное дубовое бревно длиной более 4 м, диаметром 45 см, расположенное перпендикулярно внешней стене крепости (рис. 2, 3). В средней части бревна вырублен паз с отверстием, за которое можно было подцепить бревно (рис. 3, 1).

Оконечность бревна обработана в виде мощной петли (рис. 3, 2), между ней и основным телом бревна выдолблен желоб, в котором сохранился обрывок толстой лыковой веревки. Подобные петли в бревнах делались для вывозки деревьев из леса, они хорошо известны по этнографическим и археологическим данным. Обнаруженные бревна имели удивительно хорошую сохранность и идеально подходили к отбору образцов на дендрохронологический анализ (Хвощинская, 2021. С. 107–120). Один из спилов с наиболее мощного дубового бревна из раскопок 2021 г. стал объектом исследования в лаборатории дендрохронологии Института географии РАН (рис. 2, 3)¹. В настоящей статье представлены результаты этого исследования.

¹ В лаборатории дендрохронологии Центра археологических исследований Новгородского музея-заповедника проводилось изучение спилов из раскопок 2019–2021 гг., в том числе «дубовой колоды» возрастом 265 лет. Образцы, в которых фиксируются неповрежденные внешние кольца, датируются автором исследования 858–862 гг. (доклад О.А. Тарабардиной «О датировке укреплений Рюрикава городища» на конференции «Новгород и Новгородская земля. История и археология» в Новгородском музее-заповеднике, прочитанный 25 января 2022 г.).

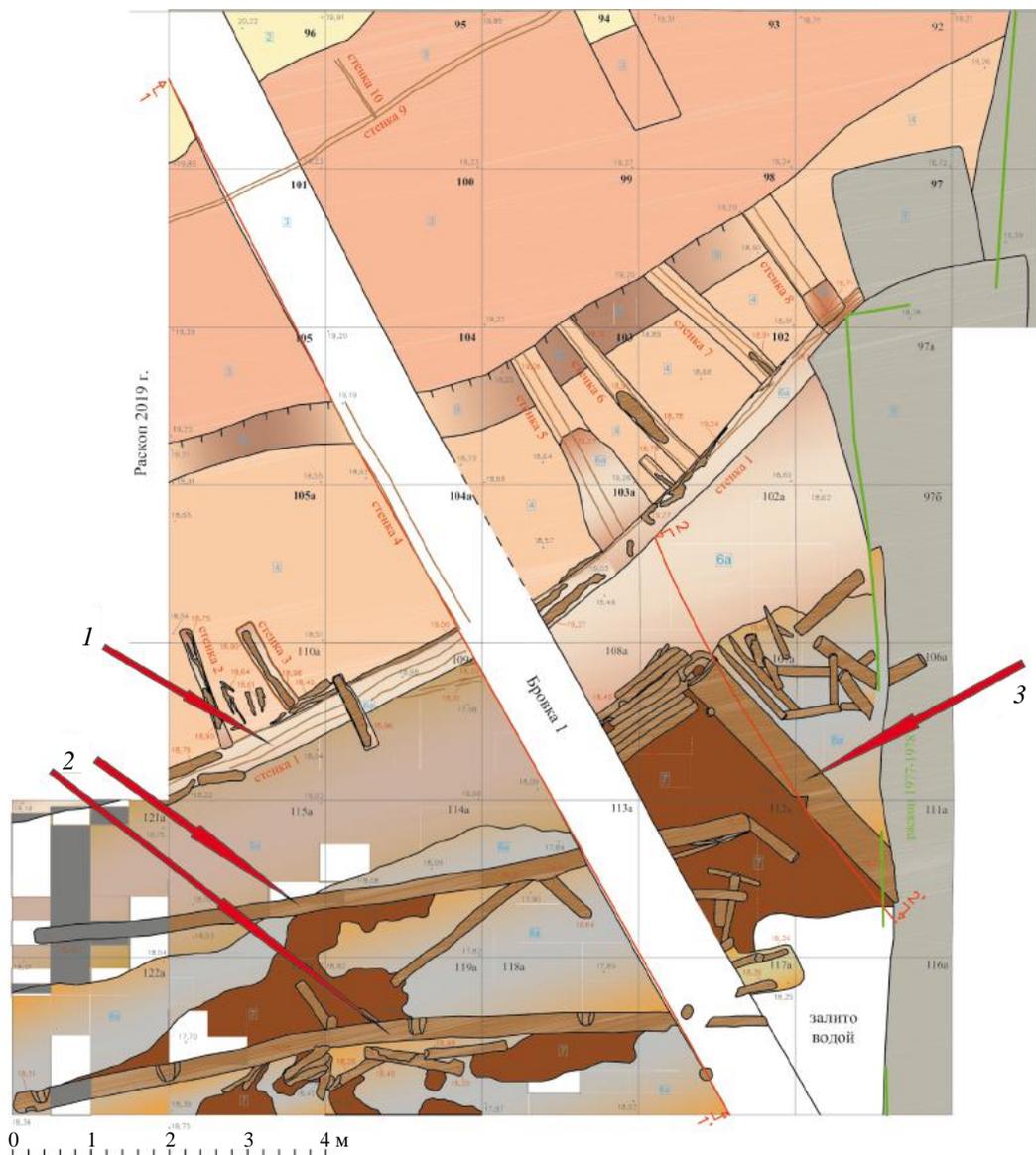


Рис. 2. План раскопа 2021 г. на уровне горизонта 6. 1 – отрезок стены, сложенный из пяти лежащих друг на друге длинных (7.5 – 8 м) дубовых бревен (диаметр 25 – 30 см); 2 – бревна внешнего дубового панциря, скатившиеся вниз в заполнении рва после разрушения крепости; 3 – дубовое бревно длиной более 4 м, диаметром 45 см, расположенное перпендикулярно внешней стене крепости.

Fig. 2. Excavation plan of 2021 at horizon 6. 1 – a section of the wall made of five long (7.5–8 m) oak logs (25–30 cm in diameter) lying on top of each other; 2 – logs of the outer oak shell that rolled down to fill the moat after the destruction of the fortress; 3 – an oak log more than 4 m long, 45 cm in diameter, located perpendicular to the outer wall of the fortress

Спил был измерен по двум радиусам на полуавтоматической установке Lintab 6, получены две серии измерений 146 годичных колец. Перекрестное датирование проведено в программах COFESHA (Holmes, 1983), CDendro и TSAPWin; были рассчитаны коэффициенты корреляции и значение статистика Стьюдента t-value для исходных и преобразованных серий измерений (Baillie, Pilcher, 1983; Eckstein, Bauch, 1969). Для дендрохронологического датирования

была использована абсолютно датированная мастер-хронология «Западная Двина», покрывающая период 572–1382 гг. и полученная на основе дубов из аллювиальных осадков реки Западной Двины и ее притока Велесы (Khasanov et al., 2021).

Напомним, что к настоящему моменту даже для хвойных пород деревьев лишь некоторые дендрошкалы (или же древесно-кольцевые хронологии) археологических памятников

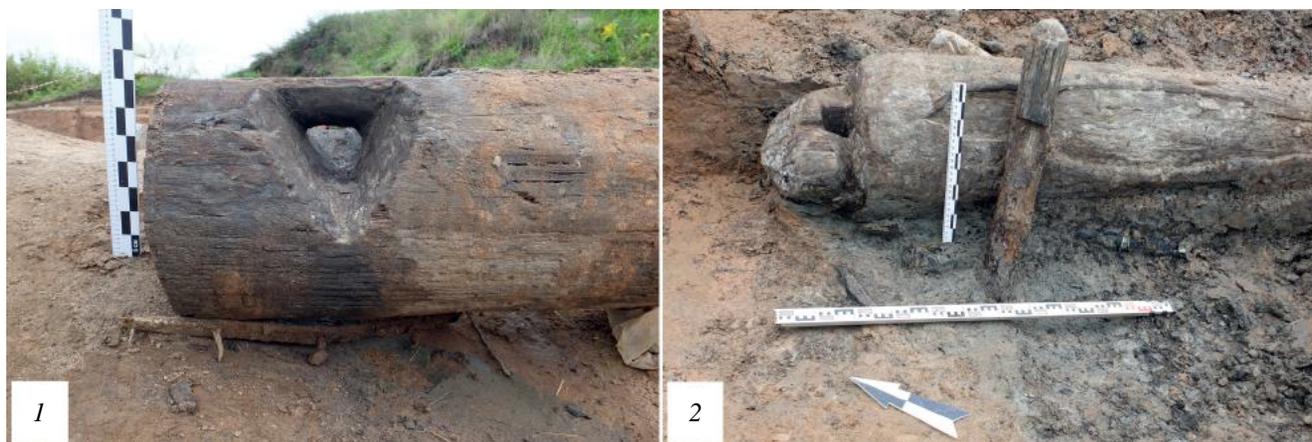


Рис. 3. Исследуемое дубовое бревно: 1 – паз с отверстием в средней части бревна; 2 – петля на конце бревна.
Fig. 3. The oak log under study: 1 - a groove with a hole in the middle part of the log; 2 – a loop at the log end

Европейской части России «абсолютно» (календарно) датированы, т.е. привязаны к ныне живущим деревьям напрямую или через другие абсолютно датированные дендрошкалы (Карпучин, Мацковский, 2014; Тарабардина и др. 2016; Solomina, Matskovsky, 2021; Solomina et al., 2022; Энгватова, Лазарев, Мацковский. 2022). Большинство же хвойных дендрошквал археологических памятников получили свои календарные датировки путем перекрестного датирования между собой или по древесине архитектурных памятников, имеющих календарные даты из исторических источников (Колчин, 1963. С. 37–64; Черных, 1972. С. 89, 90; Карпучин, 2009). Известны случаи, когда привязка дендрошквал к историческим датам приводила к ошибкам датирования на один год и более.

Для дендрошквал по дубу, которые могут быть использованы в качестве эталонов для дендрохронологического датирования новых образцов дуба в европейской части России, ситуация еще более сложная. Эти сложности объясняются относительно редкой (по сравнению с хвойной древесиной) встречаемостью древесины дуба в конструкциях археологических памятников средневековой Руси. Лишь недавно была представлена первая для археологических памятников европейской части России абсолютно датированная дендрошкала по дубу (для Вязьмы, 1074–1306 гг., Карпучин и др., 2020). Также недавно была опубликована древесно-кольцевая хронология «Западная Двина» (572–1382 гг., Khasanov et al., 2021), построенная на основе древесины дуба из аллювиальных отложений, которую мы и использовали для дендрохронологического датирования в данной работе. Обе

эти шкалы доступны в Международном банке дендрохронологических данных².

На радиоуглеродное датирование были отобраны два образца из отдельных древесных колец массой до 100 мг (кольца №8 и 143 – от сердцевины, кольца №142 и 7 – от внешнего сохранившегося кольца, соответственно, разница между образцами 135 колец)³. Радиоуглеродное датирование с применением ускорительной масс-спектрометрии (AMS) полученных образцов было проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН (код лаборатории IGAN, Москва, очистка образцов от посторонних примесей, выделение датирующей фракции, графитизация полученных препаратов, изготовление NEC-мишеней) и в Центре прикладных изотопных исследований Университета штата Джорджии (код лаборатории UGAMS, г. Афины, США, измерение соотношения $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ в графитах на ускорителе CAIS 0.5 MeV).

В качестве датирующей фракции была выделена целлюлоза (Hajdas et al., 2017). Графитизация полученных препаратов была выполнена на автоматической системе графитизации AGE3 (Ionplus, Швейцария), совмещенной с элементным анализатором Vario Isotope select (Elementar, Германия). Полученные графиты были запрессованы в NEC мишени с помощью пневматического пресса (PSP, Ionplus). Измеренные соотношения $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ сравнивали с эталонным соотношением Oxalic Acid I (NBS SRM 4990).

²<https://www.ncei.noaa.gov/products/paleoclimatology/tree-ring>

³Базовые принципы радиоуглеродного датирования изложены в статье (Зазовская, 2016).

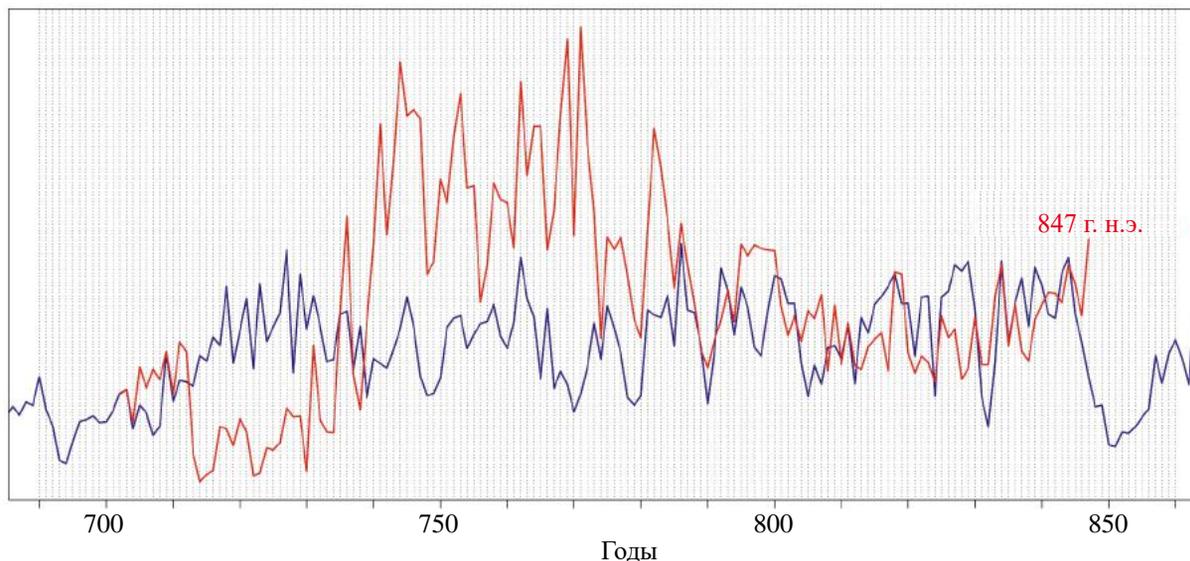


Рис. 4. Дендрохронологическое датирование серии измерений ширины колец спила бревна из Рюрикова городища (показана красным) относительно хронологии Западной Двины (показана синим).

Fig. 4. Dendrochronological dating of a series of measurements for the width of the log rings from the Ryurikovo Gorodishche (shown in red) relative to the Western Dvina chronology (shown in blue)

Полученные даты были рассчитаны с учетом погрешности на изотопное фракционирование.

Калибровка радиоуглеродных дат производилась в программе OxCal v4.4 на основе калибровочной кривой IntCal 20 (Bronk Ramsey, 2009; Reimer et al., 2020). Статистический метод согласования радиоуглеродных дат («wiggle-matching») выполнялся также в программе OxCal v4.4 (Bronk Ramsey, van der Plicht, Weninger, 2001).

Дендрохронологический метод дал датировку внешнего сохранившегося кольца 847 г. (рис. 4). Показатели сходства осредненной серии измерений для исследованного спила с мастер-хронологией Западной Двины t -value находятся в интервале от 4.1 до 4.4 в зависимости от преобразования исходных измерений. Данные значения показателя t -value не позволяют однозначно полагаться на полученную дендрохронологическую датировку. Однако с учетом удаленности региона, для которого получена использованная мастер-хронология, можно предварительно принять ее за основу. Уточнение датировки на основе дендрохронологического анализа возможно при появлении новых мастер-хронологий для близлежащих районов и/или при независимом подтверждении датировок для других бревен из Рюрикова городища. Кроме того, внешнее сохранившееся (и датированное) кольцо спила может не являться подкоровым и, следовательно, не отражать дату рубки из-за быстрой

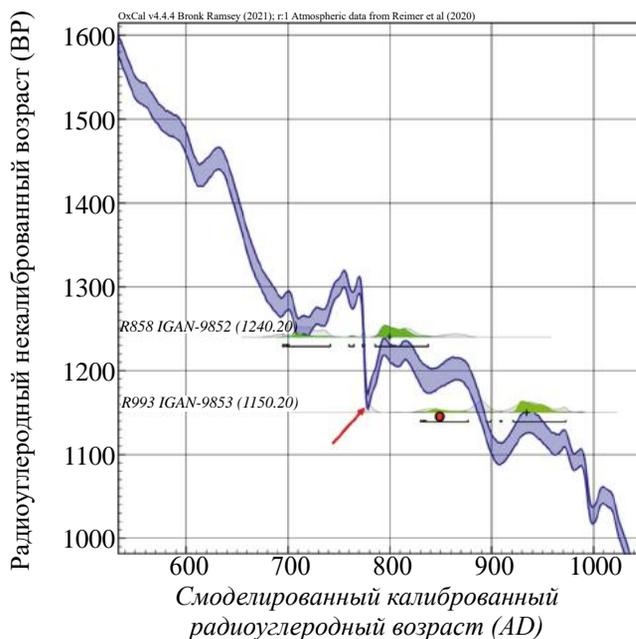


Рис. 5. Радиоуглеродные даты на калибровочной кривой IntCal 20 (показана голубым). Распределение вероятности калиброванных дат (серая заливка), распределение вероятности смоделированных (wiggle-matching) дат – зеленым, черными линиями – смоделированные калиброванные интервалы (2σ , вероятность 95.4%). Красной стрелкой показано на калибровочной кривой событие Мияке 774 г.

Fig. 5. Radiocarbon dates on the IntCal 20 calibration curve (shown in blue). The probability distribution of calibrated dates (gray fill), the probability distribution of wiggle-matching dates is shown in green, the black lines show simulated calibrated intervals (2σ , 95.4% probability). The red arrow on the calibration curve shows the 774AD Miyake event

Результаты радиоуглеродного датирования
Radiocarbon dating results

Древесное кольцо, условный год*, полученная дендро-датировка	Лабораторный номер (IGAN)	Радиоуглеродный (^{14}C) возраст			
		Некалиброванный возраст, лет назад (BP)**	Калиброванный возраст, г. н.э. (2σ , 95,4 %)**	Смоделированный возраст, г. н.э. (2σ , 95,4 %)**	Статистические индексы A / Acomb
К -142 (№8 от центра) 705 г. н.э.	9852	1240±20	683-743 (42.5%) 761-766 (0.9%) 773-776 (2.5%) 286-838 (40.0%) 846-878 (9,5%)	695-696 (0.3%) 698-699 (0.2%) 701-742 (17.6%) 760-765 (1.1%) 773-775 (0.6%) 786-838 (75.6%)	114.3
К -7 (№143 от центра) 840 г. н.э.	9853	1150±20	776-787 (8.15) 828-859 (10.0%) 872-977 (77.4%)	830-832 (0.3%) 833-834 (0.2%) 836-877 (17.6%) 895-900 (1.1%) 908-910 (0.6%) 921-973 (75.6%)	105.7
К 0 (внешнее, №150 от центра) 847 г. н.э.	—	—	—	837-838 (0.3%) 840-841 (0.2%) 842-883 (17.6%) 902-906 (1.1%) 915-917 (0.6%) 927-979 (75.6%)	114.3

*Внешнее древесное кольцо датировано условным 0 годом, далее от внешнего кольца к сердцевине нумерация уменьшается.

**Радиоуглеродные даты принято давать в годах назад от 1950 г.

***При одной сигме вероятность — 68.2%, при двух сигмах — 95.4%;

****Полужирным шрифтом выделен интервал, в который попадает полученная дендрохронологическая датировка.

деградации заболонной древесины дуба. Количество заболонных колец у дуба черешчатого (*Quercus robur*) может варьироваться в довольно широком диапазоне — от нескольких колец до 50–60. Поэтому все полученные датировки следует интерпретировать как *terminus post quem*. Разница полученной датировки (847 г.) с датой призвания Рюрика на княжение (862 г.) в 15 лет, таким образом, легко укладывается в обычное количество утраченных (сгнивших) заболонных годовичных колец древесины дуба.

Для внешнего сохранившегося кольца исследуемого дубового бревна получена смоделированная калиброванная радиоуглеродная дата 837-979 AD (2σ , вероятность 95.4%) с высокими статистическими показателями согласования Acomb более 100 (для успешного прохождения процедуры требуется значение не менее 60) (таблица). Полученный широкий смоделированный калиброванный интервал обусловлен изгибами и плато на калибровочной кривой IntCal 20, при этом дендрохронологическая дата (847 г.) попадает в полученный смоделированный калиброванный интервал радиоуглеродной даты (рис. 5).

Дендрохронологический анализ с учетом радиоуглеродной датировки показывает, что в данном спиле имеется древесное кольцо (№ 77 от

центра) 774 г. н.э., связанное с событием Мияке (Miyake et al., 2012) — резким увеличением образования космогенных изотопов в атмосфере и соответствующим ему обнаруженным скачком концентрации радиоактивного изотопа углерода ^{14}C в древесных кольцах из разных мест Земли. В перспективе — в случае нахождения пика концентрации ^{14}C в соответствующем годовичном кольце — это позволит датировать данный спил с точностью до года радиоуглеродным методом (Büntgen et al., 2018). Ранее событие Мияке 774 г. позволило датировать с точностью до года археологическую древесину из крепости Пор-Бажын (Kuitems et al., 2020).

В заключение можно констатировать, что порубочную дату исследуемого бревна из ранней крепости городища, относимую дендрологическим методом к времени, близкому летописной дате призвания Рюрика на княжение, в будущем можно будет подтвердить методом радиоуглеродного датирования отдельного сохранившегося кольца с образца этого бревна, соответствующего событию Мияке 774 г., либо при получении надежной дендрохронологической датировки по новым абсолютным дендрощкалам для дуба с северо-запада России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Зазовская Э.П.* Радиоуглеродное датирование – современное состояние, проблемы, перспективы развития и использование в археологии // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2016. № 1 (32). С. 151–164.
- Карпухин А.А.* Абсолютные дендрохронологические шкалы археологических памятников европейской части России // Археология, этнография и антропология Евразии. 2009. № 1 (37). С. 62–70.
- Карпухин А.А., Мацковский В.В.* Абсолютная генерализованная дендрохронологическая шкала бассейнов рек Шексна и Сухона (1085–2009 гг.) // Российская археология. 2014. № 2. С. 76–87.
- Карпухин А.А., Хасанов Б.Ф., Кренке Н.А. и др.* Дендрохронологическое датирование и радиоуглеродное датирование восточноевропейского дуба (1074–1306 гг.) // Российская археология. 2020. № 1. С. 9–21.
- Колчин Б.А.* Дендрохронология Новгорода // Труды Новгородской археологической экспедиции. Т. 3. Новые методы в археологии. М.: Наука, 1963 (Материалы и исследования по археологии СССР; № 117). С. 5–103.
- Тарабардина О.А., Карпухин А.А., Мацковский В.В., Соловьёва Л.Н.* Дендрохронология средневекового Новгорода: анализ хронологического и количественного распределения дендродат // Краткие сообщения Института археологии. 2016. Вып. 245, ч. I. С. 22–35.
- Хвощинская Н.В.* Укрепления Рюрикова городища под Новгородом в контексте новейших археологических изысканий // Археологические вести. 2021. Вып. 33. С. 107–120.
- Хвощинская Н.В., Григорьева О.В., Дорофеева Т.С., Кузнецова В.Н.* Изучение остатков древней крепости на Рюриковом городище в 2021 г. // Новгород и Новгородская земля. История и археология. Вып. 36. Великий Новгород: Первый издательско-полиграфический холдинг, 2023. С. 9–19.
- Черных Н.Б.* Дендрохронология средневековых памятников Восточной Европы // Проблемы абсолютного датирования в археологии. М.: Наука, 1972. С. 93–112.
- Энговатова А.В., Лазарев А.С., Мацковский В.В.* Новые археологические находки для дендрохронологической шкалы по хвойным породам для Ярославской и Костромской областей // Археология Подмосковья: материалы науч. семинара. Вып. 18. М.: ИА РАН, 2022. С. 91–106.
- Baillie M.G.L., Pilcher J.R.* A simple cross-dating program for tree-ring research // Tree-Ring Bulletin. 1983. Vol. 33. P. 7–14.
- Eckstein D., Bauch J.* Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit // Forstwissenschaftliches Centralblatt. 1969. 88. S. 230–250.
- Holmes R.L.* Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement // Tree-Ring Bulletin. 1983. Vol. 43. P. 69–78.
- Bronk Ramsey C., van der Plicht J., Weninger B.* «Wiggle matching» radiocarbon dates // Radiocarbon. 2001. Vol. 43, № 2A. P. 381–389.
- Bronk Ramsey C.* Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. Vol. 51, № 1. P. 337–360.
- Büntgen U., Wacker L., Galyán J.D. et al.* Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE // Nature Communications. 2018. 9. 3605.
<https://doi.org/10.1038/s41467-018-06036-0>
- Hajdas I., Hendriks L., Fontana A., Monegato G.* Evaluation of Preparation Methods in Radiocarbon Dating of Old Wood // Radiocarbon. 2017. Vol. 59, № 3. P. 727–737.
<https://doi.org/10.1017/RDC.2016.98>
- Khasanov B.F., Karpukhin A.A., Krenke N.A. et al.* Long oak tree-ring chronologies from Central Russia and their potential for dating // Tree-ring Research. 2021. Vol. 77. P. 53–62.
- Kuitens M., Panin A., Scifo A., Arzhantseva I. et al.* Radiocarbon-based approach capable of subannual precision resolves the origins of the site of Por-Bajin // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2020. Vol. 117, № 25. P. 14038–14041.
- Miyake F., Nagaya K., Masuda K., Nakamura T.* A signature of cosmic-ray increase in AD 774–775 from tree rings in Japan // Nature. 2012. 486, 7402. P. 240–242.
- Reimer P., Austin W., Bard E. et al.* The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62, № 4. P. 725–757.
- Solomina O., Matskovsky V.* Dendrochronology in European Russia in the Early 21st Century: State of the Art // Frontiers in Ecology and Evolution. 2021.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2021.738199>
- Solomina O., Matskovsky V., Dolgova E. et al.* Tree-ring data set for dendroclimatic reconstructions and dendrochronological dating in European Russia // Scientific data. 2022. Vol. 9.
<https://doi.org/10.1038/s41597-022-01456-6>

ON THE DATING OF AN OAK LOG FROM THE FORTRESS AT NOVGOROD (RYURIKOVO) GORODISHCHE

Natalia V. Khvoshchinskaya^{1,*}, Andrey V. Dolgikh^{2,**},
Vladimir V. Matskovsky^{2,***}, and Oleg M. Oleynikov^{3,****}

¹*Institute for the History of Material Culture RAS, St. Petersburg, Russia*

²*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

³*Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia*

*E-mail: kottimoshka85@mail.ru

**E-mail: dolgikh@igras.ru

***E-mail: matskovsky@igras.ru

****E-mail: oleynikov1960@yandex.ru

The fortress at the Ryurikovo Gorodishche is one of the earliest fortification structures of the early Middle Ages in the North of Rus. The details of its construction were studied by the expedition of the Institute for the History of Material Culture RAS over a number of years. It was possible to establish that the timber-and-earthen fortifications consisted of two lines of *gorodnya* (log frame) located at different levels. In 2021, a well-preserved section of the fortress façade wall was uncovered in the lowest cusp part of the site. As a result, its design features were clarified and a significant number of samples were collected to determine the time of its construction with science methods. The dendrochronological method gave 847 AD as the date of the outer surviving ring of an oak log that was part of the fortification. Radiocarbon dating with AMS produced a modeled calibrated radiocarbon date of 837–979 AD (2σ, probability 95.4%) for the outer surviving ring of the same log. The dendrochronological date (847 AD) falls within this modeled calibrated interval of the radiocarbon date. If further investigations detect a tree ring corresponding to the radioactive emission event of 774 AD (Miyake) on the studied sample, it will be possible to specify the construction date for the Ryurikovo Gorodishche fortifications with an accuracy of up to a year.

Keywords: Ryurikovo Gorodishche, timber-earthen structures, radiocarbon and dendrochronological dating of oak, 862.

REFERENCES

- Baillie M.G.L., Pilcher J.R., 1983. A simple cross-dating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33, pp. 7–14.
- Bronk Ramsey C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51, 1, pp. 337–360.
- Bronk Ramsey C., van der Plicht J., Weninger B., 2001. «Wiggle matching» radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 43, 2A, pp. 381–389.
- Büntgen U., Wacker L., Galván J.D. et al., 2018. Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE. *Nature Communications*, 9, 3605. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06036-0>
- Chernykh N.B., 1972. Dendrochronology of medieval sites of Eastern Europe. *Problemy absolutnogo datirovaniya v arkhologii [Problems of absolute dating in archaeology]*. Moscow: Nauka, pp. 93–112. (In Russ.)
- Eckstein D., Bauch J., 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 88, pp. 230–250.
- Engovatova A.V., Lazarev A.S., Matskovskiy V.V., 2022. New archaeological finds for the dendrochronological scale of coniferous species for Yaroslavl and Kostroma Regions. *Arkheologiya Podmoskov'ya: materialy nauchnogo seminara [Archaeology of Moscow Region: Proceedings of the scientific seminar]*, 18. Moscow: Institut arkhologii Rossiyskoy akademii nauk, pp. 91–106. (In Russ.)
- Hajdas I., Hendriks L., Fontana A., Monegato G., 2017. Evaluation of Preparation Methods in Radiocarbon Dating of Old Wood. *Radiocarbon*, 59, 3, pp. 727–737. <https://doi.org/10.1017/RDC.2016.98>
- Holmes R.L., 1983. Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43, pp. 69–78.
- Karpukhin A.A., 2009. Absolute dendrochronological scales of archaeological sites in European Russia. *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii [Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia]*, 1 (37), pp. 62–70. (In Russ.)
- Karpukhin A.A., Matskovskiy V.V., 2014. An absolute generalized tree-ring chronology of the Sheksna and Sukhona River basins (1085–2009). *Rossiyskaya arkhologiya [Russian archaeology]*, 2, pp. 76–87. (In Russ.)
- Karpukhin A.A., Khasanov B.F., Krenke N.A et al., 2020. Dendrochronological and radiocarbon dating of Eastern

- European oak (1074–1306). *Rossiyskaya arkheologiya [Russian archaeology]*, 1, pp. 9–21. (In Russ.)
- Khasanov B.F., Karpukhin A.A., Krenke N.A. et al., 2021. Long oak tree-ring chronologies from Central Russia and their potential for dating. *Tree-ring Research*, 77, pp. 53–62.
- Khvoshchinskaya N.V., 2021. Fortifications of the Rurikovo Gorodishche near Novgorod in the context of the latest archaeological research. *Arkheologicheskie vesti [Archaeological news]*, 33, pp. 107–120. (In Russ.)
- Khvoshchinskaya N.V., Grigor'eva O.V., Dorofeeva T.S., Kuznetsova V.N., 2023. Study of the remains of an old fortress in the Rurikovo Gorodishche in 2021. *Novgorod i Novgorodskaya zemlya. Istoriya i arkheologiya [Novgorod and the Novgorod land. History and archaeology]*, 36. Velikiy Novgorod: Pervyy izdatel'sko-poligraficheskiy kholding, pp. 9–19. (In Russ.)
- Kolchin B.A., 1963. Tree-ring chronology of Novgorod. *Trudy Novgorodskoy arkheologicheskoy ekspeditsii [Proceedings of the Novgorod archaeological expedition]*, 3. *Novye metody v arkheologii [New methods in archaeology]*. Moscow: Nauka, pp. 5–103. (Materialy i issledovaniya po arkheologii SSSR, 117). (In Russ.)
- Kuitens M., Panin A., Scifo A., Arzhantseva I. et al., 2020. Radiocarbon-based approach capable of subannual precision resolves the origins of the site of Por-Bajin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 25, pp. 14038–14041.
- Miyake F., Nagaya K., Masuda K., Nakamura T., 2012. A signature of cosmic-ray increase in AD 774–775 from tree rings in Japan. *Nature*, 486, 7402, pp. 240–242.
- Reimer P., Austin W., Bard E. et al., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62, 4, pp. 725–757.
- Solomina O., Matskovsky V., 2021. Dendrochronology in European Russia in the Early 21st Century: State of the Art. *Frontiers in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.738199>
- Solomina O., Matskovsky V., Dolgova E. et al., 2022. Tree-ring data set for dendroclimatic reconstructions and dendrochronological dating in European Russia. *Scientific data*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01456-6>
- Tarabardina O.A., Karpukhin A.A., Matskovskiy V.V., Solov'eva L.N., 2016. Dendrochronology of medieval Novgorod: analysis of the chronological and quantitative distribution of dendrochronological dates of wood samples. *Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii [Brief Communications of the Institute of Archaeology]*, 245, I, pp. 22–35. (In Russ.)
- Zazovskaya E.P., 2016. Radiocarbon dating – modern state, problems, development prospects and application in archaeology. *Vestnik arkheologii, antropologii i etnografii [Vestnik Archeologii, Antropologii i Etnografii]*, 1 (32), pp. 151–164. (In Russ.)