

К. В. Воронин, А. В. Долгих, В. В. Мацковский

СРАВНИТЕЛЬНОЕ РАДИОУГЛЕРОДНОЕ И ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ ИКОНЫ «БОГОМАТЕРЬ ИЕРУСАЛИМСКАЯ»

Резюме. В работе представлены результаты сравнительного дендрохронологического и радиоуглеродного датирования деревянной основы средневековой русской иконы XV в. Богоматерь Иерусалимская. Была поставлена задача сравнения полученных радиоуглеродных дат с результатами дендрохронологического анализа. Для выполнения дендрохронологических исследований верхние торцы иконных досок были зачищены, проведена их макрофотосъемка. Для проведения радиоуглеродного анализа были взяты образцы древесных колец из тех же торцов досок. Было отобрано и датировано 6 образцов. Дендрохронологическая дата иконы – 1524 г., радиоуглеродная – 1524–1546 гг. По данным искусствоведческого исследования икона датируется первой половиной XV в.

Ключевые слова: Богоматерь Иерусалимская, средневековье, изобразительное искусство, икона, радиоуглеродное датирование, ускорительная масс-спектрометрия, дендрохронологическое датирование, «wiggle-matching», Европейский Север России.

Русская средневековая икона как предмет изучения традиционно является объектом внимания историков искусства. Благодаря работам О. В. Лелековой и М. М. Наумовой в анализ памятников русской средневековой живописи были внедрены химико-технологические исследования (*Лелекова, Наумова, 1987; Наумова, 1998*). Но эти методы, касаясь вопросов датирования, оперируют эмпирически созданными относительными хронологиями, в качестве реперов для которых использованы немногочисленные исторически датированные или подписные памятники искусства, и, как правило, не позволяют получать конкретные даты создания для конкретных произведений или хотя бы узкие доверительные хронологические интервалы этих дат.

Вместе с тем, средневековая икона представляет собой объект, созданный в значительной степени из органических материалов, возрастом в несколько сотен лет, сопоставимый по древности с археологическими артефактами, пригодный для датирования методами дендрохронологии и радиоуглеродного анализа.

В данной работе представлены результаты сравнительного дендрохронологического и радиоуглеродного датирования средневековой русской иконы Богоматерь Иерусалимская.

Ранее нами датировалась икона Богоматерь Дексиократусса начала XV в., тогда были показаны недостатки жидкостно-сцинтилляционного метода радиоуглеродного датирования для данных объектов исследования (*Voronin et al., 2015*).

Объект исследования: русская икона XV в. «Богоматерь с младенцем типа Иерусалимской» (МОГ) из коллекции АНО «Наследие».

Цель исследования: провести дендрохронологическое и радиоуглеродное датирование деревянной основы иконы; соотнести полученные радиоуглеродные даты с результатами дендрохронологии.

Методы исследования

Для выполнения дендрохронологического анализа верхние торцы иконных досок были зачищены. Была проведена макрофотосъемка торцов досок с расстояния 10 см с последовательным наложением фотографий для панорамного изображения каждой доски. При помощи программы Lignovision по фотографиям была проведена разметка годовичных колец и измерена их ширина. По общепринятой методике (Fritts, 1976; Cook, Kairiukstis, 1990) была проведена перекрестная датировка в программе TSAPWin (Rinn, 1996) с последующей проверкой качества в программе COFECHA (Holmes, 1983).

Для выполнения радиоуглеродного анализа проводился отбор образцов древесных колец из торцов иконных досок, зачищенных для дендрохронологического анализа. Отбор материала для одной датировки проводился из одного годовичного кольца, в случае узких колец – из двух годовичных колец. Было отобрано и продатировано 6 образцов с промежутком между образцами в 9 годовичных колец.

Отобранные образцы были датированы методом ускорительной масс-спектрометрии (УМС) в Центре прикладных изотопных исследований Университета штата Джорджии (г. Афины, США). Они были очищены от органических примесей последовательными процедурами с применением HCl и NaOH, в дальнейшем был получен графит, в котором на CAIS 0.5 MeV ускорителе было измерено содержание ^{14}C изотопа (Vogel et al., 1984).

Калибровка радиоуглеродных дат производилась в программе OxCal v4.1.7 (Bronk Ramsey, 1995) на основе калибровочной кривой IntCal 09 (Reimer et al., 2009). Статистический метод согласования радиоуглеродных дат («wiggle-matching») проводился также в программе OxCal v4.1.7 (Bronk Ramsey et al., 2001). Процедура wiggle-matching (метод согласования вариаций, или метод стыковки флуктуаций) использует уже известную разницу (шаг) в последовательности древесных колец и позволяет значительно сузить интервалы вероятностей получаемых калибровочных дат на основе постулатов байесовской статистики.

Результаты и их обсуждение

Икона написана на одной сосновой доске размером $65 \times 43 \times 2,5$ см (рис. 1, на вклейке, с. 399). Она относится к изводу Богоматери Иерусалимской, изображавшейся в прямом и зеркальном переводе, популярной в землях Великого Новгорода.

По иконографии, присутствию в декоре нимбов канфаренного узора, использованию гипсового грунта, а в красочных смесях редкого свинцово-оловянистого желтого пигмента, характерного для западноевропейской живописи, О. В. Лелекова и М. М. Наумова (ГосНИИР, г. Москва) отнесли икону к памят-

никам новгородского круга и датировали ее началом XV в. Опираясь на стиль живописи, Е. М. Саенкова (ГТГ, г. Москва) атрибутировала икону как памятник новгородских земель первой половины XV в. Под памятниками новгородского круга подразумеваются иконы, иконографически, стилистически и технологически написанные в русле новгородской традиции в каком-либо художественном центре обширных новгородских владений, но не обязательно в самом Великом Новгороде или его ближайших окрестностях.

Дендрохронологическое датирование иконы по Вологодской (1085–2009 гг.; *Соломина и др.*, 2011; *Карпунин, Мацковский*, 2014), Соловецкой (1185–2009 гг.; *Соломина и др.*, 2011; *Мацковский и др.*, 2013) дендрошкалам, а также по дендрошкале церкви в Пияле (Онежский р-н, Архангельская обл.; 1367–1652 гг.; *Черных, Сергеева*, 1997; неопубликованные материалы лаборатории дендрохронологии Института географии РАН) показало одинаковую дату для внешнего кольца (MOG 1) – 1524 год с высокими статистическими показателями (t -value 4,2–6,2). Датирование по дендрошкале из Великого Новгорода (1102–1514 гг.; *Колчин*, 1963; дополнено данными: *Пежемский, Мацковский*, 2013) не дало надежных результатов. Статистические показатели датировки внешнего кольца (MOG 1) для 1524 г. по этой шкале низкие (t -value = 2.4).

Более высокие статистические характеристики датирования, полученные для Соловецкой дендрошкалы, позволяют предположить происхождение древесины, из которой изготовлена доска иконы, с севера современной Архангельской области.

Калибровка полученных УМС-датировок показывает, что основная часть радиоуглеродных калиброванных дат пересекается с дендродатами (табл. 1). Однако временные интервалы калиброванных дат довольно велики (от 42 до 180 лет, 2σ 95,4%). В одном случае мы не получили пересечение между дендродатой и калиброванной радиоуглеродной датой (образец MOG 6: 1491–1492 гг. по дендрохронологии и 1520–1654 гг. по радиоуглероду, 2σ). Эти проблемы калибровки характерны для мест «изгибов» и «плато» радиоуглеродной калибровочной кривой. Для исходных дат с невысокой погрешностью (например, MOG 4: 350 ± 20 , рис. 2, на вклейке, с. 400) на калибровочной кривой может оказаться 2 и более пересечений. В связи с этим интервал калиброванной даты резко увеличивается до 150 и даже 300 лет во II тыс. н. э. Именно в районе 1530–1630 гг. отмечается крупный «изгиб», осложняющий калибровку радиоуглеродных дат для середины XV – середины XVII в.

Существенно сузить временной интервал вероятной радиоуглеродной датировки позволяет статистический метод согласования, применяющийся к последовательности радиоуглеродных дат для (одного) объекта с известным временным интервалом (числом годовых колец) между ними.

В нашем случае имеется серия из 6 образцов с шагом в 10 лет (MOG 1: 1442 г. – MOG 6: 1491–1492, табл. 1), охватывающая 50-летний период. Для всего ряда из 6 дат итоговая статистическая характеристика $A\sigma_{6b}$ оказалась невысокой (28,8%, для достоверной серии должно быть >60%). Это связано с невысокой длиной ряда, который на калибровочной кривой захватывает лишь участок как самого «изгиба», так и участок до «изгиба». Кроме того, на невысокие статистические показатели оказал влияние тот факт, что ра-

Таблица 1. Результаты УМСрадиоуглеродного датирования иконы
«Богоматерь Иерусалимская»

Образец	Дендро дата, AD	Лабораторный индекс (^{14}C)	^{14}C возраст, лет назад	Калиброванный возраст, AD 2σ (95,4%)
MOG 1	1442	UGAMS-15779	420 \pm 20	1435-1488
MOG 2	1452	UGAMS-15780	440 \pm 20	1427-1469
MOG 3	1462-1463	UGAMS-15781	33020	1487-1641
MOG 4	1472	UGAMS-15782	350 \pm 20	1461-1529 (0,426) 1544-1634 (0,528)
MOG 5	1482	UGAMS-15783	370 \pm 20	1450-1524 (0,627) 1572-1630 (0,327)
MOG 6	1491-1492	UGAMS-15784	290 \pm 20	1520-1593 (0,62) 1619-1654 (0,334)

диоуглеродная дата образца MOG 6, полученная для годовых колец дендрохронологически датированных 1491–1492 гг., оказалась более поздней: интервалы 2σ 1520–1593 (0,62) и 1619–1654 (0,334). Таким образом, результаты радиоуглеродного датирования данного образца представляются явно омоложенными.

Известно, что единичные радиоуглеродные даты иногда сильно «выпадают» как из археологического контекста, так и из серии других дат, предположительно того же возраста. Дополнительную проверку надежности радиоуглеродной даты дает процедура согласования. Она позволяет сравнить дату с другими аналогичными датами, отстоящими от нее на известное число календарных лет. При этом, если часть дат выпадают из последовательности (о чем говорит низкое значение A_{comb}), появляется основание для их исключения – из-за несогласованности с другими датами серии. Успешная статистическая процедура согласования оказалась возможной для последовательности из трех дат: MOG 1: 1442 г., шаг 30 лет, MOG 4: 1472 г., шаг 10 лет, MOG 5: 1482 г. (рис. 3, на вклейке, с. 400), т. е. даты MOG 2, 3, 6 были исключены на основании несогласованности с другими тремя. В результате была получена высокая итоговая статистическая характеристика A_{comb} – 107,9%. Для образца MOG 5 (^{14}C 370 \pm 20 л. н., калиброванные интервалы 2σ : 1450–1524 гг. (62,7%) и 1572–1630 гг., 32,7%), отобранного из древесного кольца с дендрохронологической датой 1482 г., получен итоговый интервал 1483–1504 гг. (с вероятностью 68,2%) или 1479–1516 гг. (с вероятностью 95,4%).

Итоговая радиоуглеродная дата для внешнего кольца (1524 г.), полученная на основе процедуры согласования – 1525–1546 гг. (1 σ ; 68,2%) или 1521–1558 (2 σ ; 95,4%).

Выводы

Сочетание дендрохронологического и радиоуглеродного датирования иконных досок является наиболее корректным подходом определения возраста памятников иконописи, т. к. эти методы, дополняя друг друга, позволяют получить наиболее достоверные результаты.

У каждого из этих методов имеются ограничения применения, но их совместное использование позволяет в некоторой степени их компенсировать и увеличить вероятность получения правильного результата.

Статистически достоверные результаты дендрохронологического датирования памятников искусства также позволяют определить регион произрастания дерева, из которого изготовлена доска иконы.

Для иконы Богоматерь Иерусалимская (1-я половина XV в. – по данным искусствоведческой атрибуции; начало XV в. – по данным технологического исследования) получены дендрохронологическая дата внешнего кольца иконной доски – 1524 г. (высокая статистическая достоверность), радиоуглеродная дата 1524–1546 гг. (68,2%). В этом случае дендрохронологическое датирование весьма достоверно и является основой для анализа погрешностей в результатах радиоуглеродного датирования.

Дендрохронологический анализ деревянной основы иконы показал, что сосна, из которой она изготовлена, произрастала на Русском Севере, наиболее вероятно – на севере Архангельской области. Этот географический регион, вероятно, можно рассматривать и как место написания этой иконы, так как импорт древесины с этих территорий в другие районы Руси в XV–XVI вв. был маловероятен и не упоминается в источниках.

ЛИТЕРАТУРА

- Карпухин А. А., Мацковский В. В.*, 2014. Абсолютная генерализированная дендрохронологическая шкала бассейнов рек Шексны и Сухоны (1085–2009 гг.) // РА. № 2. С. 76–87.
- Колчин Б. А.*, 1963. Дендрохронология Новгорода // Новые методы в археологии. М.: Наука. С. 5–103. (МИА; № 117).
- Лелекова О. В., Наумова М. М.*, 1987. К изучению материалов и техники средневековой живописи // Древнерусское искусство: исследования и атрибуции. СПб. С. 454–466.
- Мацковский В. В., Соломина О. Н., Бушуева И. С.*, 2013. Дендрохронология Соловецких островов // Соловецкий сборник. Вып. 9. Архангельск. С. 41–58.
- Наумова М. М.*, 1998. Техника средневековой живописи. М.: ГосНИИР. 87 с.
- Пежемский Д. В., Мацковский В. В.*, 2013. О датировке кладбища у Никольского собора на Ярославском Дворище в Великом Новгороде // Вестник антропологии. №3(25). С. 89–99.
- Соломина О. Н., Мацковский В. В., Жуков Р. С.*, 2011. Дендрохронологические «летописи» «Вологда» и «Соловки» как источник данных о климате последнего тысячелетия // Доклады Академии наук. Т. 439. № 4. С. 539–544.
- Черных Н. Б., Сергеева Н. Ф.*, 1997. Дендрохронология архитектурных памятников на севере России (бассейн Северной Двины и Онеги) // РА. №1. С. 109–124.
- Bronk Ramsey C.*, 1995. Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program // Radiocarbon. Vol. 37. No. 2. P. 425–430.

- Bronk Ramsey C., van der Plicht J., Weninger B.*, 2001. «Wiggle matching» radiocarbon dates // Radiocarbon. Vol. 43. No. 2A. P. 381–389.
- Cook E. R., Kairiukstis L. A.*, 1990. Methods of Dendrochronology: applications in the environmental sciences. Dordrecht: Kluwer. 394 p.
- Fritts H. C.*, 1976. Tree rings and climate. London; New-York. 567 p.
- Holmes R. L.*, 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // Tree-Ring Bulletin. Vol. 44. P. 69–78.
- Reimer P. J., Baillie M. G. L., Bard E. et al.*, 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP // Radiocarbon. Vol. 51. No. 4. P. 1111–1150.
- Rinn F.*, 1996. TSAP.Version 3.0. Reference manual. Computer program for time series analysis and presentation. Heidelberg. 262 p.
- Vogel J. S., Southon J. R., Nelson D. E., Brown T. A.*, 1984. Performance of catalytically condensed carbon for use in accelerator mass spectrometry // Proceedings of the 3rd International Symposium on Accelerator Mass Spectrometry. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research / Eds.: W. Wolfli, H. A. Polach, H. H. Anderson. B5. P. 289–293.
- Voronin K., Dolgikh A., Matskovsky V., Cherkinsky A., Skripkin V., Alexandrovskiy A.*, 2015. Comparative dendrochronological and ¹⁴C dating of 15th century Russian icon // Radiocarbon. In print.

Сведения об авторах

- Воронин Константин Владимирович, Институт археологии РАН, ул. Дм. Ульянова, 19, Москва, 117036, Россия; e-mail: ooo.sab2001@gmail.com;
- Долгих Андрей Владимирович, Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29, Москва, 119017, Россия; e-mail: dolgikh@igas.rus.
- Мацковский Владимир Владимирович, Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29, Москва, 119017, Россия; e-mail: matskovsky@igras.ru. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ №МК-7865.2015.6.

K. K. Voronin, A. V. Dolgikh, V. V. Matskovsky

Comparative radiocarbon and dendrochronological dating of the icon «Mother of God, Jerusalem type»

Abstract. Russian icon «the Mother of God with the Child» of Jerusalem type from the North of Russia have been dated by radiocarbon AMS and dendrochronological methods. The dendrochronological date of the outer ring of the board of the icon is 1524 AD (high statistical reliability). AMS wiggle-matching modeled date for the same tree-ring is 1524–1546 (1σ, 68,2%). According art-attribution and technological research the icon have been dated back to the 1st half of the 15th century.

Key words: Mother of God of Jerusalem type, Middle Ages, fine arts, icon, radiocarbon dating, AMS-spectrometry, dendrochronological dating, «wiggle-matching», North of European Russia.

About the authors

- Voronin Konstantin K., Institute of Archaeology Russian Academy of Sciences, ul. Dm. Ulyanova, 19, Moscow, 117036, Russian Federation; e-mail: ooo.sab2001@gmail.com;
- Dolgikh Andrey V., Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Staromonetny per., 29, Moscow, 119017, Russian Federation; e-mail: dolgikh@igas.rus.
- Matskovsky Vladimir V., Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Staromonetny per., 29, Moscow, 119017, Russian Federation; e-mail: matskovsky@igras.ru.



Рис. 1. Икона «Богоматерь Иерусалимская»

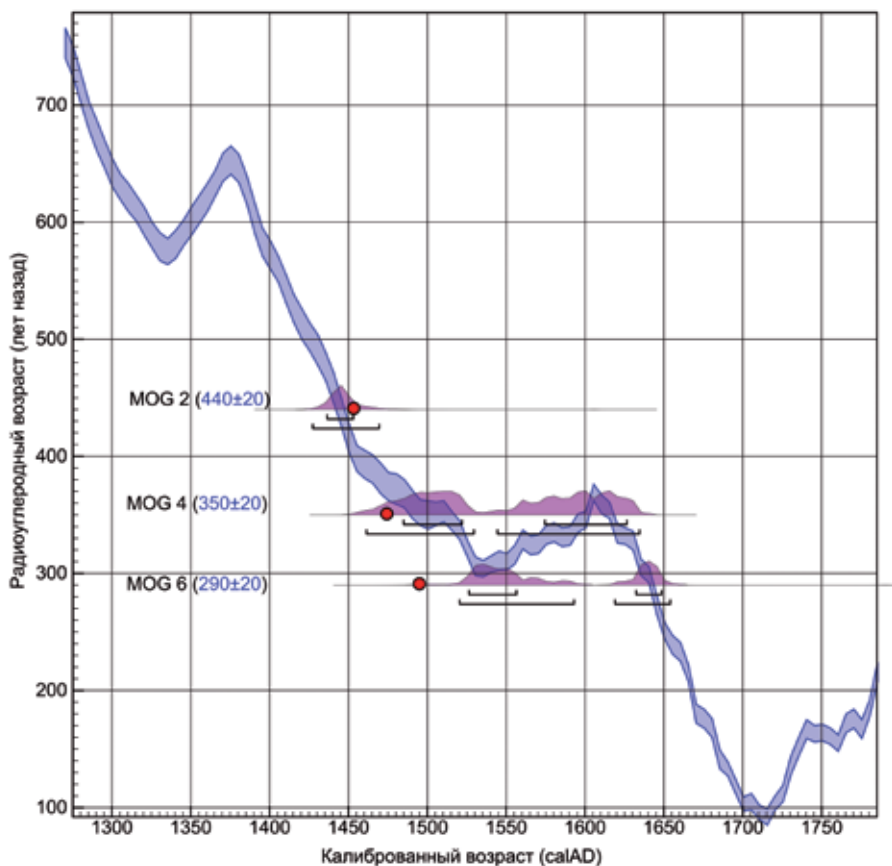


Рис. 2. Икона «Богоматерь Иерусалимская». Примеры расположения радиоуглеродных УМС дат на калибровочной кривой. Красные точки показывают соответствующие дендродаты

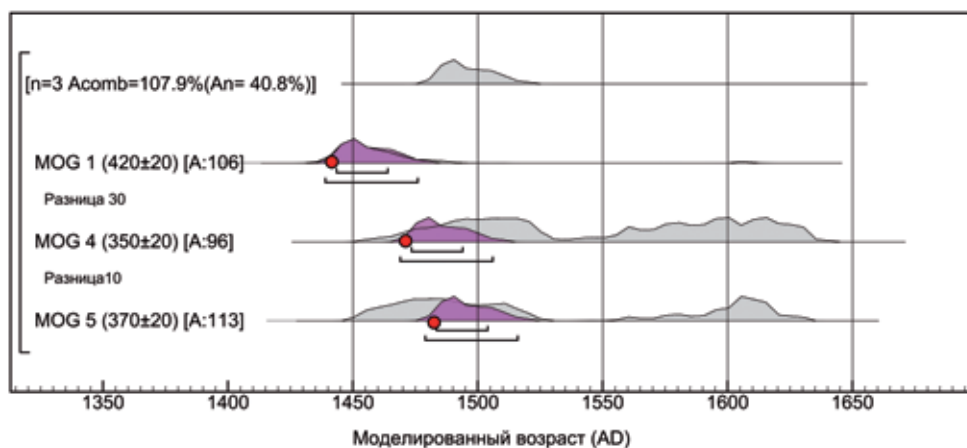


Рис. 3. Результаты процедуры согласования (wiggle-matching) для радиоуглеродных УМС дат. Красные точки показывают соответствующие дендродаты