

DOI: 10.17746/1563-0102.2018.46.4.109-113
УДК 902.674

**В.С. Мыглан¹, З.Ю. Жарников¹, М.О. Сидорова^{1, 2},
В.В. Баринов¹, А.В. Тайник¹**

¹Сибирский федеральный университет
пр. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Россия
E-mail: v.mygлан@gmail.com; zaxari1@yandex.ru; mayasidorova12@gmail.com;
nelisgar@mail.ru; tainik_anna@mail.ru

²Институт археологии и этнографии СО РАН
пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия

Применение метода blue intensity для датирования памятников деревянного зодчества Сибири

Несмотря на успехи последних лет в деле установления времени сооружения памятников деревянного зодчества с помощью дендрохронологического анализа, значительные трудности вызывает датировка объектов культурного наследия, расположенных в центральных районах Сибирского региона, где прирост древесных растений слабо изменяется по причине отсутствия выраженного лимитирующего фактора. Выходом из сложившейся ситуации является привлечение других, более чувствительных к изменению окружающей среды параметров годичного кольца. Исходя из оценки эффективности и себестоимости, наиболее широкие перспективы открывает новый метод – blue intensity, основанный на измерении оптической плотности древесины. В статье рассмотрены вопросы, связанные с пробоподготовкой, измерением оптической плотности годичного кольца и построением хронологий по этому параметру. Дана оценка эффективности его использования в сравнении с традиционным подходом (ширина годичного кольца) для датирования исторической древесины в умеренной климатической зоне Сибири. Результаты исследования двух памятников деревянного зодчества г. Енисейска (дом Громова, 1870 г., и лавка Гафарова, 1909 г.) демонстрируют, что новый метод позволяет эффективно выполнять датировку, даже в условиях отсутствия выраженного лимитирующего фактора.

Ключевые слова: blue intensity, методика, памятники деревянного зодчества, Сибирь, календарная датировка.

**V.S. Mygлан¹, Z.Y. Zharnikov¹, M.O. Sidorova^{1, 2},
V.V. Barinov¹, and A.V. Tainik¹**

¹Siberian Federal University,
Pr. Svobodny 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia
E-mail: v.mygлан@gmail.com; zaxari1@yandex.ru; mayasidorova12@gmail.com;
nelisgar@mail.ru; tainik_anna@mail.ru

²Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch,
Russian Academy of Sciences,
Pr. Akademika Lavrentieva 17, Novosibirsk, 630090, Russia

Application of the Blue-Intensity Method for Dating Wooden Buildings in Siberia

Despite the success achieved in the tree-ring dating of wood samples from archaeological excavations over the recent years, attempts to apply this method to relatively recent wooden constructions in central Siberia run into considerable difficulties, because the increment of wood in that area shows little variation due to the virtual absence of limiting factors. To solve this problem, we used the blue intensity method, based on measuring the optical density of wood. This method is more sensitive to environmental changes of annual growth rates and is optimal in terms of efficiency and cost. This article describes the techniques of sample preparation, measuring optical density of annual rings, and the construction of chronologies based on this indicator. The efficiency of the method is

assessed by comparing it with the traditional approach based on tree-ring width for dating wood from the temperate zone of Siberia. Results of dating two wooden structures (the Gromov house (1870) and the Gafarov store (1909)) indicate the efficiency of the new method virtually without limiting factors affecting increment rates.

Keywords: Blue-intensity, method, wooden architecture, Siberia, calendar dating.

Введение

В последние годы в России активно проводятся дендрохронологические исследования, направленные на установление календарного времени сооружения памятников археологии и архитектуры [Мацковский, Соломин, Бушуева, 2013; Воронин, 2010; Шиятов, Хантемиров, 2000; Карпухин, 2009; Горячев, Мыглан, Омурова, 2013]. В Сибири, несмотря на достигнутые успехи [Мыглан, Слюсаренко, Майничева, 2009; Жарников, Визгалов, Князева и др., 2014; Жарников и др., 2014; Баринов и др., 2016; Сидорова, Жарников, Мыглан, 2016], мы столкнулись с рядом проблем при датировке объектов культурного наследия в умеренной климатической зоне (Омской, Новосибирской, Иркутской обл. и др.). Одна из них связана с тем, что прирост годичных колец древесных растений слабо изменяется из-за отсутствия выраженного лимитирующего фактора. Данное обстоятельство существенно осложняет работу по сведению индивидуальных серий прироста в обобщенные древесно-кольцевые хронологии по постройкам и их последующую перекрестную датировку. По этой причине в ряде случаев было невозможно установить время сооружения исторических памятников. Выходом из сложившейся ситуации является привлечение других, более чувствительных к изменению окружающей среды параметров годичного кольца, которые позволят обойти существующее ограничение.

Исходя из оценки эффективности и себестоимости, наиболее широкие перспективы открывает новый метод – blue intensity (BI), основанный на измерении оптической плотности древесины [Larsson, 2013; Rydval et al., 2014]. Суть метода состоит в измерении интенсивности отраженного годичными кольцами синего света. Чем плотнее древесина, тем она темнее и тем меньше величина отраженного света. Исследователями установлено, что корреляция между максимальной плотностью и отражением выше в голубом спектре, поэтому метод получил название «интенсивность голубого» (blue intensity) [Долгова, 2017, с. 209–210]. В представленной работе на примере датирования двух архитектурных построек г. Енисейска рассмотрены вопросы, связанные с пробоподготовкой, измерением оптической плотности годичных колец и построением хронологий по этому параметру. Дана оценка эффективности его использования для установления календарного времени сооружения памятников деревянного зодчества.

Материалы и методы

Календарное датирование любого исторического памятника предполагает наличие двух составляющих – привязанной к календарной шкале обобщенной индексированной древесно-кольцевой хронологии (ДКХ) по району исследования и «плавающей» ДКХ, построенной по образцам с исследуемого объекта [Баринов и др., 2016]. Материалом для построения индексированной древесно-кольцевой хронологии послужили керны сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*, L.) с участка коренного леса Podg, расположенного в 70 км к юго-западу от г. Енисейска (58°11' с.ш., 91°53' в.д.). Образцы (19 экз.) отбирались по стандартной методике возрастным буравом на высоте 1,3 м над уровнем земной поверхности. В качестве объектов для календарного датирования нами были привлечены два памятника деревянного зодчества г. Енисейска: дом жестянщика Громова (ул. Кирова, 70) и лавка Гафарова (ул. Богграда, 53) [Дом с лавкой..., 2011; Жилой дом..., 2011]. Керны с построек (13 и 16 экз. соответственно) отбирались щадящим способом – буравом для сухой древесины диаметром 8 мм.

Для получения корректных результатов при измерении оптической плотности древесины все образцы подверглись процедуре спиртовой экстракции смол в приборе Сокслета [Jensen, 2007]. Длительность процесса при интенсивном кипении варьировалась от 10 до 24 ч и продолжалась до полного прекращения окрашивания спирта в экстракционной камере. После окончания процедуры керны помещались под пресс при комнатной температуре во избежание их деформации. Затем они приклеивались на деревянные подложки таким образом, чтобы трахеиды годичных колец располагались строго вертикально относительно плоскости подложки. Образцы с аномалиями в приросте удалялись из выборки.

Далее верхний слой образцов срезался до получения ровной поверхности на санном микротоме [Gärtner, Nievergelt, 2010] ножами № 35 (Thermo) и BA-170 P (NT Cutter). После этого ее оцифровывали на сканере Epson Perfection V850 Pro (предварительно откалиброванном при помощи отражающей мишени Monaco System (MONR2014:08-02)). Согласно рекомендациям разработчиков метода сканирование проводилось при разрешении 1 200 точек на дюйм [Rydval et al., 2014]. Если керны содержали кольца шириной менее 300 мк, то они оказывались слабо различимы. В этом случае образцы сканировались при разрешении 3 200 и 4 800 точек на дюйм.

В дальнейшем изображения со сканера обрабатывались в программе CooRecorder 8.1 [Larsson, 2013], с помощью которой определялись два параметра: оптическая плотность поздней древесины и ширина годичного кольца. Графическое представление полученных данных выполнялось в программе CDendro 8.1. [Ibid.]. Для верификации данных по ширине годичных колец было проведено повторное измерение на полуавтоматической установке LINTAB VI (с точностью 0,01 мм).

Датирование всех измеренных серий выполнялось посредством сочетания графической перекрестной датировки [Douglass, 1919] и кросс-корреляционного анализа в пакете специализированных программ для дендрохронологических исследований – DPL [Holmes, 1983] и TSAP V3.5 [Rinn, 1996]. Возрастной тренд удалялся путем стандартизации скользящим сплайном в 2/3 длины каждой серии в программе ARSTAN [Cook, Krusic, 2008]. Качество построенных хронологий оценивалось на основе традиционных показателей: коэффициентов корреляции, чувствительности, стандартного отклонения и др. [Wigley, Briffa, Jones, 1984].

Результаты и обсуждение

Построение региональной хронологии. Образцы с участка коренного леса (Podg) были измерены с помощью CooRecorder и LINTAB VI. Индивидуальные серии прироста были перекрестно датированы и стандартизированы. Результатом стало построение трех 255-летних хронологий: podg_bi – по оптической плотности древесины, podg_cr и podg_lint – по ширине годичных колец, измеренных с помощью CooRecorder и LINTAB VI соответственно (табл. 1). Их сопоставление по таким показателям, как стандартное отклонение и коэффициент чувствительности, не показало существенного разброса в значениях. Коэффициент корреляции (Пирсона) между ДКХ по ширине годичных колец, измеренных двумя разными способами, свидетельствует о почти линейной зависимости (0,98). Между хронологиями по ширине и оптической плотности годичных колец прослеживается значимая отрицательная корреляция (табл. 1).

Построение хронологий по памятникам деревянного зодчества. Измерение образцов с дома Громова и лавки Гафарова, как и в случае с участком Podg, позволило получить данные по двум параметрам. Результатом стало построение четырех хронологий по ширине годичных колец, измеренных с помощью CooRecorder и LINTAB VI (соответственно gaf_cr, grom_cr и gaf_lint, grom_lint), и двух по оптической плотности – gaf_bi и grom_bi (табл. 2). Их сравнение по таким показателям, как стандартное от-

Таблица 1. Статистические характеристики древесно-кольцевых хронологий по участку Podg

ДКХ	sd	m	podg_lint	podg_cr
podg_lint	0,21	0,13	–	0,98
podg_cr	0,22	0,14	0,98	–
podg_bi	0,27	0,11	–0,57	–0,58

Примечания. Расчеты выполнены для общего периода 1850–2016 гг., $p < 0,05$; sd – стандартное отклонение, m – коэффициент чувствительности; жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции.

Таблица 2. Статистические характеристики древесно-кольцевых хронологий по дому Громова и лавке Гафарова

ДКХ	sd	m	gaf_lint	grom_lint	gaf_cr	grom_cr
gaf_lint	0,15	0,11	–	–	–	–
grom_lint	0,12	0,10	–	–	–	–
gaf_cr	0,13	0,10	0,95	–	–	–
grom_cr	0,15	0,12	–	0,96	–	–
gaf_bi	0,23	0,21	–0,39	–	–0,38	–
grom_bi	0,19	0,18	–	–0,49	–	–0,53

Примечания. Расчеты выполнены для общего периода 1791–1870 гг., $p < 0,05$; усл. обозн. см. в примеч. к табл. 1.

клонение и коэффициент чувствительности, показало, что ДКХ по оптической плотности древесины имеют больший разброс значений относительно среднего и почти в 2 раза чувствительнее (табл. 2). Судя по коэффициентам корреляции (Пирсона), как и в случае с живыми деревьями, между данными, полученными при измерении ширины годичных колец разными способами (CooRecorder и LINTAB VI), прослеживается высокая, почти линейная зависимость, а между хронологиями по ширине и оптической плотности годичных колец фиксируется значимая отрицательная корреляция (табл. 2).

Календарная датировка. На завершающем этапе была проведена перекрестная датировка хронологий по оптической плотности и ширине годичного кольца для памятников деревянного зодчества в программе COFESHA, которая позволяет оценить качество ДКХ и определить время сооружения построек [Holmes, 1983]. Результаты кросс-корреляционного анализа показали, что хронология по оптической плотности поздней древесины для лавки Гафарова надежно датируется 1909 г. (по пяти сегментам, окном в 50 и шагом в 25 лет, значение

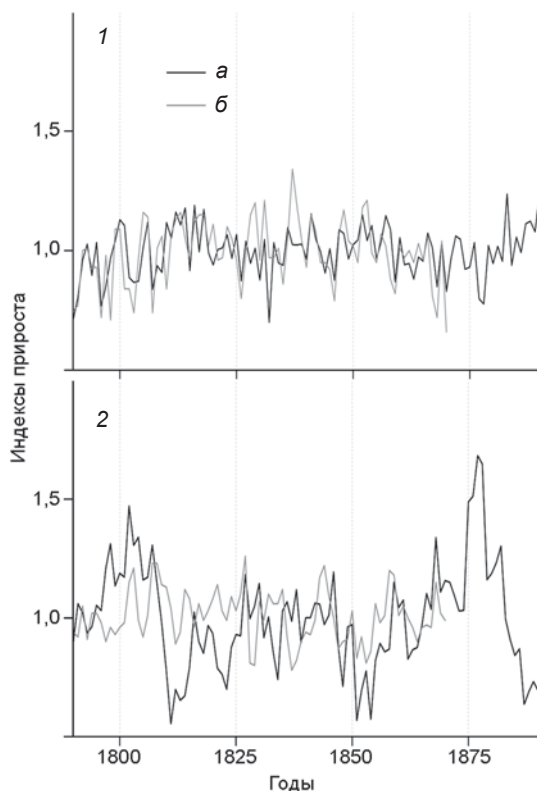
коэффициента множественной корреляции 0,44), а для дома Громова – 1870 г. (по трем сегментам, окном в 50 и шагом в 25 лет, значение коэффициента множественной корреляции 0,43). При этом хронологии по ширине годичных колец не позволили уверенно датировать постройки.

Расчет коэффициентов корреляции (Пирсона) подтвердил существенную разницу при использовании параметров оптической плотности и ширины годичных колец (табл. 3). Различия между этими параметрами наглядно проиллюстрированы на примере графической датировки дома Громова (см. рисунок).

Таблица 3. Коэффициенты корреляции (Пирсона) между хронологиями по VI и ширине годичного кольца

ДКХ	gaf_bi	grom_bi	gaf_cr	grom_cr	gaf_lint	grom_lint
podg_bi	0,54	0,57	–	–	–	–
podg_cr	–	–	0,23	0,31	0,13	0,27
podg_lint	–	–	0,19	0,28	0,09	0,24

*См. примеч. к табл. 2.



Заключение

В ходе проведенного исследования на примере календарного датирования памятников деревянного зодчества г. Енисейска была выполнена оценка эффективности применения метода blue intensity в сравнении с традиционным дендрохронологическим, основанном на анализе ширины годичных колец. Сопоставление полученных данных показало, что оптическая плотность поздней древесины имеет большую чувствительность к изменениям окружающей среды. На примере датирования лавки Гафарова (1909 г.) и дома Громова (1870 г.) продемонстрировано несомненное преимущество использования этого параметра для датировки исторических памятников, расположенных в умеренной климатической зоне.

Сравнение данных по ширине годичного кольца, полученных разными способами (CooRecorder и LINTAB VI), показало, что точность этих измерений сопоставима. В таком случае применение метода blue intensity имеет несомненное преимущество, поскольку, несмотря на увеличение временных затрат на пробоподготовку, появляется возможность одновременно определять два параметра – ширину и оптическую плотность годичного кольца. Кроме того,

Графическая перекрестная датировка индексированных хронологий по району исследования (а) и ДКХ по дому Громова (б).

1 – по оптической плотности древесины (справа измерительное оборудование); 2 – по ширине годичного кольца (справа измерительное оборудование).

себестоимость оборудования для измерения параметров годичного кольца методом ВІ оказалась на порядок дешевле, чем при использовании измерительной установки LINTAB VI со стереомикроскопом.

Таким образом, результаты работы продемонстрировали, что использование метода blue intensity открывает большие перспективы для исследователей в деле установления календарного возраста памятников археологии и архитектуры в районах умеренной климатической зоны.

Благодарности

Экспедиционные работы выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15-14-30011), анализ полученных данных – при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-06-06986).

Список литературы

- Баринов В.В., Жарников З.Ю., Зайцева Е.А., Кениг А.В., Мыглан В.С., Сидорова М.О.** Дендрохронологическое датирование памятников истории и культуры п. Горноправдинск // Вестн. угрюдения. – 2016. – № 2 (25). – С. 85–97.
- Воронин В.И.** Дендрохронологическая датировка бревен лежни под фундаментом колокольни Спасской церкви в Иркутске // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2010. – № 1. – С. 78–82.
- Горячев В.М., Мыглан В.С., Омурова Г.Т.** Определение возраста образцов древесины из строений Полуйского мысового городка по дендрохронологическому методу // Кардаш О.В. Обдорские городки конца XVI – первой трети XVIII в.: история и материальная культура. – Екатеринбург; Салехард: Магеллан, 2013. – С. 370–376.
- Долгова Е.А.** Связь с засушливостью ширины кольца ранней и поздней древесины и оптической плотности колец сосны (на примере Калужской области) // Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным. – СПб.: Нестор-История, 2017. – С. 208–222.
- Дом с лавкой Гафарова.** Конец XIX века [Электронный ресурс] // Историко-культурное наследие: каталог объектов наследия. – 2011. – URL: <http://www.yeniseisk-heritage.ru/object/9/ru> (дата обращения: 05.11.2017 г.).
- Жарников З.Ю., Визгалов Г.П., Князева Е.В., Коноваленко М.В., Мыглан В.С.** Результаты дендрохронологической датировки Стадухинского острога // РА. – 2014. – № 2. – С. 164–170.
- Жарников З.Ю., Рудковская М.А., Визгалов Г.П., Мыглан В.С.** Дендрохронологическая датировка построек центральной части посада Старотуруханского городища // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2014. – № 2. – С. 67–76.
- Жилой дом** жестянщика Громова. XIX век [Электронный ресурс] // Историко-культурное наследие: каталог объектов наследия. – 2011. – URL: <http://www.yeniseisk-heritage.ru/object/23/ru> (дата обращения: 05.11.2017 г.).
- Карпунин А.А.** Абсолютные дендрохронологические шкалы археологических памятников европейской части России // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2009. – № 1. – С. 62–70.
- Мацковский В.В., Соломина О. Н., Бушуева И.С.** Дендрохронология Соловецких островов // Соловецкий сборник. – 2013. – Вып. 9. – С. 41–58.
- Мыглан В.С., Слюсаренко И.Ю., Майничева А.Ю.** Спасская церковь из Зашиверска: дендрохронологический аспект // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2009. – № 3. – С. 103–110.
- Сидорова М.О., Жарников З.Ю., Мыглан В.С.** Определение календарного времени сооружения памятников деревянного зодчества историко-культурного комплекса «Старина Сибирская» (Омская область) // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – № 1. – С. 33–39.
- Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М.** Дендрохронологическая датировка древесины кустарников из археологического поселения Ярте VI на полуострове Ямал // Древности Ямала. – Екатеринбург; Салехард: УрО РАН, 2000. – Вып. 1. – С. 112–120.
- Cook E.R., Krusic P.J.** A Tree-Ring Standardization Program Based on Detrending and Autoregressive Time Series Modeling, with Interactive Graphics (ARSTAN). – 2008. – URL: <http://www.ldeo.columbia.edu/res/fac/tr/public/publicSoftware.html> (дата обращения: 05.11.2017 г.).
- Douglass A.E.** Climatic cycles and tree-growth: A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. – Wash.: Carnegie Inst., 1919. – Vol. 1. – 127 p.
- Gärtner H., Nievergelt D.** The core-microtome: A new tool for surface preparation on cores and time series analysis of varying cell parameters // Dendrochronologia. – 2010. – Vol. 28, iss. 2. – P. 85–92.
- Holmes R.L.** Dendrochronological Program Library / Laboratory of Tree-ring Research. – Tucson: Univ. of Arizona, 1983. – 51 p.
- Jensen W.B.** The Origin of the Soxhlet Extractor // J. of Chemical education. – 2007. – Vol. 84, iss. 12. – P. 1913–1914.
- Larsson L.** CooRecorder and Cdendro programs of the CooRecorder/Cdendro package version 7.6. – 2013. – URL: <http://www.cybis.se/forfun/dendro/> (дата обращения: 05.11.2017 г.).
- Rinn F.** TSAP V3.5. Computer program for tree-ring analysis and presentation. – Heidelberg: Frank Rinn Distribution, 1996. – 269 p.
- Rydval M., Larsson L.-Å., McGlynn L., Gunnarson B.E., Loader N.J., Young G.H.F., Wilson R.** Blue intensity for dendroclimatology: should we have the blues? Experiments from Scotland // Dendrochronologia. – 2014. – Vol. 32, iss. 3. – P. 191–204.
- Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D.** On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology // J. of Climate and Applied Meteorology. – 1984. – Vol. 23, iss. 2. – P. 201–213.

*Материал поступил в редколлегию 26.05.17 г.,
в окончательном варианте – 15.11.17 г.*