

УДК 630+655.3.062.25

А.Н. Хох, младший научный сотрудник

*Научно-практического центра Государственного
комитета судебных экспертиз Республики Беларусь*

Д.Е. Кузменков, начальник научного отдела

*специальных исследований Научно-практического
центра Государственного комитета судебных
экспертиз Республики Беларусь*

О ВОЗМОЖНЫХ ПОДХОДАХ К ПОВЫШЕНИЮ КОНТРАСТНОСТИ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ

Приведен обзор методов повышения контрастности годичных колец с целью увеличения визуальной различимости ранней и поздней древесины, которые могут найти применение в экспертной практике.

Ключевые слова: судебная дендрохронология, ширина годичного кольца, ранняя древесина, поздняя древесина, контрастность.

Наведено огляд методів підвищення контрастності річних кілець з метою збільшення візуальної розрізняюваності ранньої та пізньої деревини, які можуть бути застосовані в експертній практиці.

We give a review of the methods to sharpen the contrast of tree rings that can be used in forensic practice with the goal of increasing the visual discernibility of the early wood and the late wood.

В настоящее время благодаря развитию методов дендрохронологии и разработкам современного измерительного и аналитического оборудования расширились возможности использования дендроанализа в экспертной деятельности.

Доказательством данного тезиса является тот факт, что за последние 15 лет количество публикаций, посвященных судебной дендрохронологии, возросло с 18 в 1994 году до 98 в 2014 году, то есть увеличилось примерно в пять с половиной раз (рис. 1).

При проведении дендрохронологических экспертных исследований из-за недостаточной визуальной различимости зон поздней и ранней древесины часто возникают ошибки в датировке, связанные как с неверным подсчетом числа видимых колец, так и с невозможностью выявления выпавших и ложных колец. Это неизбежно ограничивает количество обследуемых объектов, уменьшает достоверность выводов и приводит к искажению результатов. Решение этой проблемы лежит в плоскости повышения контрастности годичных колец.

На сегодняшний день в специализированной научной и судебно-экспертной литературе имеются лишь отрывочные сведения о возможных способах обработ-

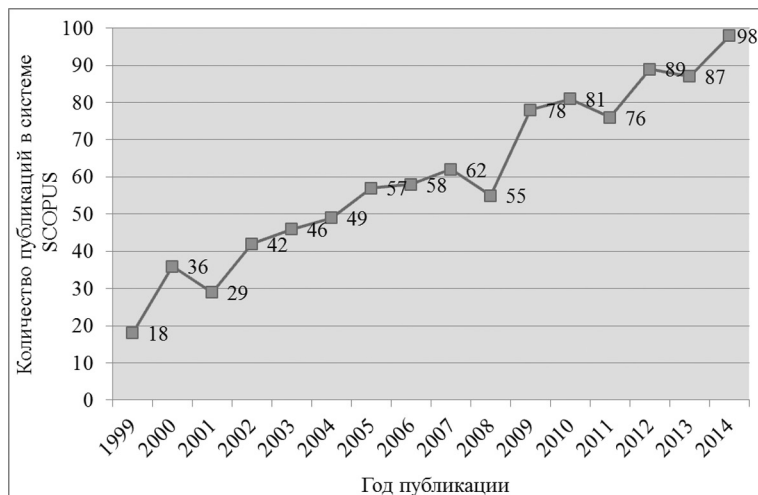


Рис. 1. Фрагменти нормальної ЕКГ в одному відведенні

ки древесных срезов и кернов для проявления годичных колец, что существенно ограничивает возможности дендрохронологического анализа.

Поэтому важной и актуальной задачей является поиск оптимальных методов для повышения контрастности годичных колец.

В данной работе описаны, классифицированы и апробированы на практике основные существующие методы проявления годичных колец с учетом специфики строения древесины.

Все методы проявления годичных колец были разделены на следующие группы: механические, химические, физические, комбинированные.

В основе данной классификации лежит природа материального взаимодействия древесины и ее компонентов с агентами различной природы.

Механические методы

Для получения лучшего контраста между границами годичных колец торцевую поверхность образца древесины вдоль выбранного радиального направления зачищают острым режущим инструментом, например, пистолетным ножом с выдвижным трапецевидным лезвием (на спилах обычно зачищают полосу шириной 2—4 см; у буровых образцов срезают верхнюю часть керна толщиной 1—1,5 мм). Далее поверхность образца тщательно шлифуют. Для этого можно использовать напильник с алмазным напылением. Хорошие результаты дает также применение электрического гравера с насадкой для шлифовки древесины (П120, П150). Полировать нужно легкими касаниями, используя среднюю скорость, не превышающую 30 000 оборотов в минуту, перемещать инструмент плавно и аккуратно во избежание повреждения образца [1].

Лучшую видимость годичных колец обеспечивает замачивание кернов в горячей, лучше кипящей воде на протяжении 10—20 мин [2]. Причем предварительное смачивание керна водой облегчает также и процесс его зачистки, что особенно важно для пород с твердой древесиной: дуба, лиственницы.

Если измерение керна ведется долго и неоднократно (не сошлось количество измерений общей ширины годичных колец и измерений доли поздней древесины), керна успевают подсохнуть и тогда имеет смысл использовать дополнительное сма-

чивание, улучшающее видимость. Если при подсыхании kern изгибается (ведь зачищенная и обращенная к лампе поверхность пересыхает и сжимается быстрее, чем не зачищенная и обращенная к стенкам используемого при измерении желобка), тогда тоже прибегают к дополнительному смачиванию поверхности керн водой.

В настоящее время для датировки и измерения ширины годовых колец часто используется «сухой способ», то есть втирание в клеточные поры зачищенной поверхности с помощью кусочка ткани или ваты мелко размолотого порошка белого цвета (зубного порошка, мела, окиси кальция, талька). «Сухой способ» удобен тем, что нет необходимости постоянно поддерживать образец в смоченном состоянии, поэтому исключаются искажения, связанные с разбуханием древесины. Этот способ можно эффективно использовать при обработке пораженной гнилью и потемневшей древесины, в частности полуископаемой [3].

Для усиления контрастности между годовыми кольцами керны можно обжигать. Обжиг выполняется с помощью паяльной лампы, газового резака либо просто над спиртовкой. Перед обжигом поверхность исследуемого образца целесообразно увлажнить, что позволяет несколько замедлить процесс обжига и в какой-то мере регулировать глубину выжигания. Обжиг продолжают до тех пор, пока вся обрабатываемая поверхность не приобретет темно-коричневый или даже черно-коричневый цвет. При этом слои осенних клеток вследствие более высокой плотности обугливаются сильнее и четко проявляются на месте прижигания вне зависимости от того, с хвойного или лиственного дерева был взят kern. Затем щеткой из стальной или латунной проволоки с поверхности счищают горелую древесину, в результате чего четче и резче проступают границы годовых колец.

Существуют различные модификации обжига древесины. Так, С.В. Ильчуковым в 1997 году апробирован оригинальный способ проявления годовых колец у образцов лиственных и хвойных пород, суть которого заключается в слабом прижигании поверхностного слоя подсушенного керн с помощью быстровращающегося мелкозернистого абразивного круга электроточила до появления коричневого оттенка. Перед прижиганием kern закладывается в металлическую трубку с прорезью, закрепляется тремя и более крепежными винтами, затем аккуратно прижимается на 2—3 сек к рабочей поверхности абразивного круга. При большой длине образца его смещают вправо и влево. Обработку керн следует проводить в вытяжном шкафу [4].

Химические методы

Все реагенты, применяемые для окраски древесины химическим методом, по своему составу делятся на три группы:

- окрашенные химические соединения, которые окрашивают древесину и не взаимодействуют ни с одним из ее компонентов;
- химические реагенты, которые окрашивают древесину при взаимодействии с каким-либо ее компонентом;
- химические реагенты, которые образуют окрашенное соединение при взаимодействии друг с другом, но не взаимодействуют с древесиной.

Первая группа — это так называемые готовые красители: природные и синтетические. Окраска древесины растворами таких красителей позволяет проявить ее текстуру, однако молекулы красителей проникают только в полости сосудов.

Ко второй группе красителей относятся химические протравы (соли металлов) и растворы ароматических аминов. Недостатки химических протрав для дерева заключаются в том, что их действие зависит от свойств древесины.

В третью группу входят такие химические реагенты, как комплексные соединения железа и неорганические соли металлов (медь, хром, кобальт, никель). Образующиеся при их взаимодействии окрашенные соединения устойчивы, прочны к воде и лучше других выявляют рисунок древесины.

В специальной литературе большое внимание уделяется способам повышения контрастности годичных колец красителями.

Самый простой способ — использование химического карандаша с добавлением красителей (эозин, родамин), которые начинают растворяться при малейшей влажности и проникают вглубь волокон древесины [5].

Часто производится окраска кернов сафранином, фуксином, йодом, раствором Люголя, некоторыми анилиновыми красителями [6].

В некоторых случаях рекомендуется смачивать керн древесины глицерином или вазелином, а потом покрывать слабым раствором акварельной краски [7].

Существует способ смачивания срезов перекисью водорода, водным раствором марганцовки, хромпика, акрихина, соды.

Иногда хороший эффект дает окрашивание кернов обычной акварельной краской или фломастерами [8]. Причем максимальный эффект наблюдается при использовании желтого и красного цветов.

Очень хорошие результаты дает смачивание образцов древесины парафиновым (вазелиновым) маслом, которое делает древесину темнее и резче обозначает границы между зонами поздней и ранней древесины [9].

Максимальный эффект для рассеянно-сосудистых пород древесины наблюдается при использовании разнообразных морилок для дерева на водной основе и на основе растворителей, которые как бы встраиваются в структуру дерева, сохраняя его природный рисунок и свойства поверхности. При этом резко проявляется рисунок волокон древесины и значительно усиливается его контрастность. Однако следует отметить, что применение морилок для хвойных пород неэффективно, так как смолистые древесные слои очень плохо впитывают морилку и почти не меняют своей природной окраски [10].

В целом действие химических методов проявления годичных колец основано на том, что древесные волокна и поры неодинаково впитывают растворы красителей. Летняя часть годичного слоя древесины плотнее весенней так же, как ядро плотнее заболони. При окраске более рыхлые слои впитывают в поры больше красящих веществ и становятся темнее, нежели более плотные слои. При этом следует помнить, что при рассмотрении древесины в отраженном свете красители ухудшают восприятие.

Физические методы

Контрастность границ годичных колец древесины можно увеличить при рассмотрении образца под определенным углом падающего света, что достигается изменением угла наклона осветительной лампы или изменением угла наклона поверхности образца по отношению к горизонтальной плоскости. Косое освещение вследствие образования теней из-за рельефности структуры годичных колец позволяет выявить новые детали их строения, которые невозможно обнаружить при центральном освещении [11].

Например, срез поверхности древесины березы рекомендуется проводить так, чтобы в итоге две плоскости среза сходились в одной прямой под углом 150—160°. Тогда, вращая образец и меняя угол падения света, можно уверенно распознать все его годовичные кольца.

При подсчете ширины годовичных колец под световым микроскопом косое освещение достигается или включением специальной призмы между объективом и полупрозрачной пластинкой, или смещением апертурной диафрагмы по отношению к оптической оси. Повышение контраста связано, во-первых, с увеличением роли дифрагированных на разных элементах структуры объекта лучей в формировании изображения и, во-вторых, с образованием теней от рельефа поверхности объекта. В этом случае поле объекта становится притемненным, а детали будут освещены контровым, односторонним светом. Применение косого освещения повышает разрешающую способность микроскопа примерно в два раза.

Добиться еще более значимого эффекта можно применяя дополнительно различные светофильтры (голубой, зеленый и желтый), которые без потери яркости значительно улучшают контрастность и цветовую коррекцию, подчеркивая детали поверхности образца древесины.

Следует отметить, что метод косого освещения рекомендуется применять не для всех пород. Косое освещение для исследования древесных образцов с тесно расположенными годовичными кольцами (например, хвойных пород, произрастающих в заболоченных лесах) внесет пестроту в изображение, что затруднит восприятие структуры древесины.

Комбинированные методы

Комбинированные методы довольно часто используются для повышения контрастности годовичных колец до необходимого для проведения исследований уровня, что, в свою очередь, повышает ценность получаемых результатов.

Комбинированные методы — это методы, которые основываются на использовании исследовательских способов, включающих в себя одновременно два или более методов, относящихся к разным классификационным группам.

Комбинирование (сочетание) методов зависит от преследуемых целей, сложности решаемых задач и сложности объекта исследования.

В подавляющем большинстве случаев для проявления годовичных колец у древесного образца тщательно зачищают торцевую поверхность и смачивают водой (механические методы), а уже затем в случае невозможности распознавания границ ранней и поздней древесины используют дополнительные методы (химические, физические) в зависимости от породы дерева и условий его произрастания.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были взяты образцы 6 пород древесины, которые включали 2 хвойные породы (из сухого и заболоченного участков): сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и ель обыкновенная (*Picea abies* L.), а также 4 лиственные породы: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), ольха черная (*Alnus glutinosa* L.) и осина обыкновенная (*Populus tremula* L.).

Всего было проанализировано 486 буровых кернов.

Под контрастностью (К) в данном случае понимали разницу между двумя расположенными рядом цветами ранней и поздней древесины (светлым и темным).

После обработки керны сканировали на планшетном сканере Mustek A3 600S с разрешением 1200 dpi (всего был апробирован 21 способ повышения контрастности). Наиболее оптимальные способы (в зависимости от породы древесины) показали увеличение контрастности в среднем от 3 до 8 раз.

На отсканированных изображениях проводили изменение координат RGB в зонах поздней и ранней древесины с помощью программы MCview. Далее в соответствии с рекомендациями стандарта Федеральной комиссии связи (Federal Communications Commission, сокращенно — FCC; США) рассчитывали яркость изображения, используя цветовую модель RGB:

$$Y_y = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N 0,299R_p + 0,587G_p + 0,114B_p \quad (1)$$

Измерения контрастности проводили с помощью метода «для разбора цветных изображений». Суть его заключается в следующем: поскольку цветное изображение имеет сложный сюжетный характер, это порождает необходимость при определении его контрастности исходить из контраста отдельных комбинаций элементов изображения. При этом все элементы считаются равнозначными, и контраст каждой их пары вычисляется по формуле:

$$K = \frac{Y_i - Y_j}{Y_i + Y_j} \quad (2)$$

где: Y_i — яркость поздней древесины в одном годичном кольце,
 Y_j — яркость ранней древесины в одном годичном кольце.

Полученное значение контрастности в относительных единицах сравнивали с контрольным значением (образцом древесины до шлифовки).

Для статистической обработки результатов исследования рассчитывали среднее арифметическое, ошибку среднего арифметического и оценивали достоверность средних величин по критерию Стьюдента.

Расчеты проводили в программе Microsoft Excel 2010.

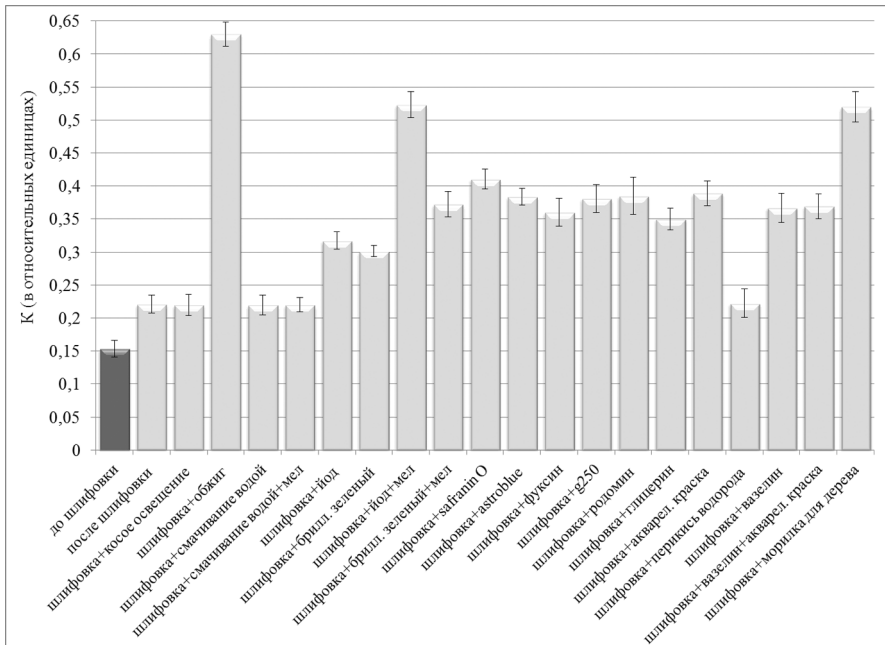
На рис. 2 представлены результаты повышения контрастности образцов ольхи черной (*Alnus glutinosa* L.).

Аналогичные результаты были получены и для остальных исследуемых пород древесины.

В таблице суммированы наиболее эффективные способы повышения контрастности годичных колец, выявленные в ходе эксперимента.

Проведенные исследования показали, что в большинстве случаев для измерения ШГК у хвойных пород, произрастающих на сухих местообитаниях, достаточно тщательной шлифовки торцевой поверхности образца и смачивания его водой при необходимости.

Для популяций хвойных, произрастающих на болотах, целесообразно проводить смачивание образцов глицерином и вазелиновым маслом, окрашивание спиртовым раствором йода (50 мг/мл) с последующим втиранием порошка мела. Хороший результат для болотных популяций ели обыкновенной дает замачивание образцов перекисью водорода.

Рис. 2. Сравнение контрастности годичных колец *Alnus glutinosa* L

Таблица

Оптимальные варианты проявления годичных колец

Порода	Оптимальный вариант повышения контрастности
<i>Pinus sylvestris</i> L. (сухой участок)	Шлифовка + замачивание в H ₂ O
<i>Pinus sylvestris</i> L. (болото)	Шлифовка + обжиг, шлифовка + замачивание в глицерине/вазелиновом масле
<i>Picea abies</i> L. (сухой участок)	Шлифовка + замачивание в H ₂ O
<i>Picea abies</i> L. (болото)	Шлифовка + замачивание в H ₂ O ₂ , шлифовка + обжиг, шлифовка + замачивание в глицерине/вазелиновом масле
<i>Quercus robur</i> L.	Шлифовка + пропитка морилкой для дерева, шлифовка + окраска (safranin O, astroblue)
<i>Betula pendula</i> Roth.	Шлифовка + обжиг, шлифовка + пропитка морилкой для дерева, шлифовка + окраска (g-250)
<i>Alnus glutinosa</i> L.	Шлифовка + окраска йодом + втирание мела, шлифовка + пропитка морилкой для дерева
<i>Populus tremula</i> L.	Шлифовка + обжиг + окраска желтым фломастером или желтой акварельной краской, шлифовка + пропитка морилкой для дерева

Древесину дуба и других кольцесосудистых пород после зачистки лучше ничем не обрабатывать, поскольку забиваются крупные сосуды, что ухудшает видимость. Слои, имеющие малую долю поздней древесины, при таком подходе, на наш взгляд, разграничивать сложнее.

Для рассеянно-сосудистых лиственных пород оптимальным подходом к повышению визуальной различимости зон ранней и поздней древесины является при-

менение различных мориллок для древесины, вазелинового масла, а также прижигание поверхностного слоя образца до появления коричневого оттенка.

Таким образом, в данной работе было показано, что повышение контрастности годовичных колец является важным этапом первичной обработки любого древесного образца и позволяет получить достоверную древесно-кольцевую информацию. На основании результатов анализа проведенных экспериментальных исследований сформулированы рекомендации по повышению контрастности годовичных колец в зависимости от вида древесины и условий места произрастания с учетом типа леса и режима влажности. Впервые предложен, обоснован и апробирован на практике способ количественной оценки контрастности между зонами ранней и поздней древесины по отсканированным изображениям буровых кернов, основанный на цветовой модели RGB. Было доказано, что наиболее эффективные методы, использованные в работе, увеличивают контрастность в 3–8 раз.

Список использованной и рекомендованной литературы

1. *Briffa K.R.* Measuring the statistical quality of a chronology / K.R. Briffa, P.D. Jones // In: *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences.* — Boston, Mass., USA : Kluwer Academic Publishers, 1990. — P. 137— 52.
2. *Методы дендрохронологии* : учеб.-метод. пособ. / [Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В. и др.]. — Красноярск : КрасГУ, 2000. — Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. — 80 с.
3. *Сафроненко В.М.* Секреты древесины / В.М. Сафроненко. — Минск : ОДО «Хэлтон» ; ООО «Харвест», 2003. — 527 с.
4. *Ильчуков С.В.* Обработка древесных срезов и кернов для проявления годовичных колец / С.В. Ильчуков // *Лесное хозяйство.* — 1997. — № 6. — С. 26—27.
5. *Куксов В.А.* Общая технология деревообработки / В.А. Куксов. — М. : Трудрезервиздат, 1957. — 292 с.
6. *Измозденов А.Г.* Обработка торцевых срезов древесных пород на различимость годовичных колец / А.Г. Измозденов // *Лесоведение.* — 1973. — № 2. — С. 90—92.
7. *Яценко-Хмелевский А.А.* Основы и методы анатомического исследования древесины / А.А. Яценко-Хмелевский — Л. : Изд-во АН СССР, 1954. — 338 с.
8. *Cameron R.J.* Dendrochronology in New Zealand / R.J. Cameron // *Journal of the Polynesian Society.* — 1960. — № 69. — P. 37—38.
9. *Хаслак П.Н.* Основные инструменты и технологии обработки дерева / П.Н. Хаслак. — М. : АСТ ; Астрель, 2004. — 769 с.
10. *Фильрозе Е.М.* Способ проявления границ и структуры годовичных слоев / Е.М. Фильрозе, Г.М. Глушко // *Дендрохронология и дендроклиматология.* — Новосибирск : Наука, 1986. — С. 68—71.
11. *Аппельт Г.* Введение в методы микроскопического исследования / Г. Аппельт. — М. : МЕДГИЗ, 1959. — 429 с.
12. *Best practices for improving law compliance in the forest sector.* — Viale delle Terme di Caracalla: Food and agriculture Organization of The United Nations International tropical timber organization. — Italy, 2005. — 112 p.