

УДК 343.98+581.52

А. Н. Хох, научный сотрудник ГУ «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь»

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ АНАТОМО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ЦЕЛЮ СУЖЕНИЯ ГРУППОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Рассмотрены особенности анатомической структуры годичных слоев древесины сосны обыкновенной из разных условий произрастания, оценена криминалистическая значимость исследованных клеточных параметров. Полученные результаты могут быть использованы в экспертных исследованиях при решении задач, связанных с сужением групповой принадлежности в рамках выяснения вопроса отношения объектов к определенному участку местности.

Ключевые слова: анатомическое строение, групповая принадлежность, сосна обыкновенная, судебно-ботаническая экспертиза, тип условий местопроизрастания, трахеиды.

Розглянуто особливості анатомічної структури річних шарів деревини сосни звичайної з різних умов зростання, оцінено криміналістичну значущість досліджених клітинних параметрів. Отримані результати можуть бути використані в експертних дослідженнях під час вирішення завдань, пов'язаних зі звуженням групової належності в межах з'ясування питання щодо належності об'єктів до певної ділянки місцевості.

Abstract: In the article features of the anatomical structure of the tree layers of Scots pine wood from different growing conditions are considered, the forensic significance of the investigated cellular parameters is estimated. The obtained results can be used in expert studies aimed at solving problems associated with the narrowing of the group affiliation in ascertaining the relationship of objects to a particular site.

Древесина как компонент окружающей среды, с которой тесно связана деятельность человека, достаточно часто встречается в следственной и экспертной практике и имеет большое значение в качестве доказательства. Непосредственным объектом исследования при этом являются ее индивидуальные свойства либо их избирательная изменчивость, которые способствуют диагностированию искомых состояний или частных событий [1]. Эти особенности сохраняют свою стабильность в течение идентификационного периода, что и способствует решению экспертных задач.

В Республике Беларусь лесо- и пиломатериалы относятся к группе товаров, устанавливают происхождение которых зачастую не представляется возможным из-за от-

сутствия необходимого методического инструментария. Данный факт существенно затрудняет контроль за выполнением правил лесопользования и препятствует раскрытию правонарушений, связанных с незаконным оборотом древесины.

В настоящее время при решении вопроса о месте происхождения срубленной древесины устанавливается только самая широкая групповая принадлежность и констатируется принадлежность исследуемых объектов к значительным по площади территориям. В подавляющем большинстве случаев это не может полностью удовлетворить интересы следственной и судебной практики, так как повседневно встают задачи, нацеленные на установление источника и локального места происхождения лесоматериалов, то есть на сужение их групповой принадлежности.

В ГУ «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь» с 2016 года ведутся исследования, направленные на разработку методических подходов к установлению места произрастания срубленной древесины по анатометрическим параметрам, которые формируются под воздействием факторов окружающей среды.

Знания закономерностей возникновения тех или иных свойств в результате внешних воздействий на растительный организм, дифференциация этих воздействий, переход от качественного описания к их количественному выражению — все это позволит сузить групповую принадлежность и осуществить отождествление растений. Такая информация в настоящее время практически не используется ни в экологических исследованиях, ни в судебно-экспертной практике.

Следует подчеркнуть, что анатомические особенности древесных растений являются генетически детерминированными признаками, на формирование которых оказывают влияние экологические условия среды, то есть деревья адаптируют свою структуру в соответствии с условиями произрастания, сезонной и межгодовой изменчивостью климата [2—4]. Адаптация происходит во время процессов деления и дифференцировки клеток, оставляя свой след в анатомических характеристиках клеток. Поэтому анатомические элементы годичных слоев наравне с основными показателями радиального прироста (ширина годичного слоя, ширина зон ранней и поздней древесины) могут быть успешно использованы в экспертной практике при определении места обитания сосен и, соответственно, интересующего участка местности.

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований, связанные с выяснением тенденций изменчивости анатомических признаков годичных слоев древесины сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в зависимости от типа леса и экологических условий.

Древесина сосны отличается простым строением и радиальным расположением основных клеточных элементов. Выбор сосны обыкновенной в качестве объекта исследования объясняется тем, что ее насаждения широко представлены во всех регионах страны и доминируют как по занятой площади, так и по запасам древесины. В условиях умеренного климата сосна является природно-прогрессивным эдификатором с наиболее широким диапазоном экологической пластичности по отношению к таким важнейшим средообразующим факторам, как богатство и увлажненность почвы [5]. Сосняки успешно произрастают в гидротопках (от очень сухих до мокрых) и в трофотопках (от боров до судубрав). С этим связано богатство лесотипологической структуры лесов сосновой формации (рис. 1).



Рис. 1. Сосняк мшистый¹ (Белынковичское
лесничество Костюковичского лесхоза)

Сосновые лесоматериалы широко используются в подавляющем большинстве отраслей производства, в которых возможно применение древесины, а потому являются наиболее частыми объектами противоправных действий. Значение сосны как лесообразующей породы не уменьшится и в будущем. Напротив, стратегический план развития лесного хозяйства на 2015—2030 годы предусматривает существенное — до 60 % — увеличение площади сосновых лесов гослесфонда [6].

Объектами настоящего исследования являлись лесные массивы сосны обыкновенной на территории Государственного природоохранного учреждения «Березинский биосферный заповедник». Всего были заложены 3 временные пробные площади на территории этого заповедника по общепринятым в области лесоведения и лесной таксации методикам [7—9]. Выбранные пробные площади находились на территории Государственного природоохранного учреждения «Березинский биосферный заповедник» и представлены рядом особенностей.

Для пробной площади № 1 характерны сухие условия. Тип леса — сосняк мшистый (155 лет). Древостой густой, одноярусный, разновозрастный. В подросте — редко береза. Подлесок — из единичной ольхи, живой покров — брусника, редко — лишайники и зеленые мхи. Почва рыхло-песчаная (бедные сухие почвы, балл увлажнения — 4,5).

Для пробной площади № 2 характерны полуувлажненные условия. Тип леса — сосняк долгомошный (150 лет). Древостой двухъярусный: 1-й ярус — сосна, 2-й — ель и береза. В подросте — осина. Подлесок — из рябины и ольхи развит слабо. Живой покров состоит из багульника, черники, брусники, зеленых мхов. Почва дерново-подзолистая (богатые почвы оптимального увлажнения, балл увлажнения — 7,8).

Пробная площадь № 3 характеризуется условиями застойного увлажнения (болото). Тип леса — сосняк сфагновый (150 лет). Древостой разновозрастный. Значительную долю составляет сухостойная осина. Подрост и подлесок отсутствуют. В живом покрове — багульник, брусника, зеленые и сфагновые мхи. Почва торфяно-болотная (богатые почвы повышенного увлажнения, балл увлажнения — 9,0).

¹ Преобладает среди выделенных геоботаниками 13-ти типов леса в Республике Беларусь. На 1 января 2016 года занимает 1687705 га (40,74 %) от всей площади сосновых лесов.

Ранжирование пробных площадей в осях влажности (F) выполнено с использованием экологических шкал Г. Элленберга [10].

На каждой пробной площади у 20 деревьев сосны без признаков ослабления (по существующей классификации Крафта ранжирование проводили с I по II класс) с помощью возрастного бура Пресслера отбирались образцы (по 2 буровых керна с противоположных сторон ствола в направлении запад-восток на высоте 1,3 м от поверхности земли), которые затем анализировались в лаборатории.

Перед непосредственным проведением измерений анатомических параметров годовичных слоев с образцов были получены поперечные срезы. Для этого буровые керны замачивали на 10—15 мин. в горячей воде, что значительно облегчало последующую обрезку. Затем ножом пистолетным с выдвижным трапециевидным лезвием срезали верхнюю часть толщиной 1—1,5 мм. Для удобства обрезки и предотвращения разлома керн закрепляли при помощи винтов на металлической основе (кернодержателе), старались добиться максимально ровной плоскости, избежать образования царапин и других изъянов на поверхности образца.

Анатомические параметры годовичных слоев ранней и поздней древесины изучали по направлению от коры к сердцевине с помощью сканирующего электронного микроскопа (далее — СЭМ) высокого разрешения «MIRA3» фирмы «Tescan» (Чехия) при увеличении $\times 100$, $\times 200$, $\times 500$, $\times 1000$ на базе ГУ «Научно-исследовательский институт порошковой металлургии» (рис. 2). Принципиальные особенности СЭМ позволяют применять его для изучения тончайших деталей микроскопического и ультрамикроскопического строения древесины, в частности трахеид, сосудов, механических волокон, паренхимных клеток и др.

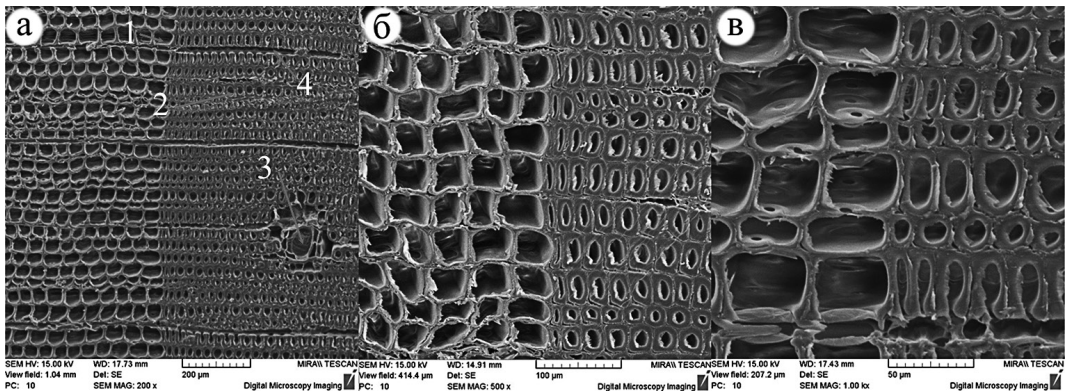


Рис. 2. Примеры микроструктуры годовичных слоев древесины при увеличении:
(а) — $\times 200$, (б) — $\times 500$, (в) — $\times 1000$ (1 — ранняя трахеида, 2 — поздняя трахеида, 3 — вертикальный смоляной ход, 4 — сердцевинный луч)

Для целей проводимого исследования в последних 80-ти годовичных слоях каждого образца древесины подсчитывали количество трахеид, измеряли размер их полостей и толщину стенок отдельно для ранней и поздней древесины, а также диаметр вертикальных смоляных ходов. Во всех случаях измерялась двойная толщина стенки трахеид — от полости одной трахеиды до полости другой. В ранней зоне толщину стенок измеряли между полостями 2-й и 3-й, 3-й и 4-й трахеид, считая от границы предыдущего годовичного слоя по радиусу. В поздней зоне измеряли

толщину стенок «срединной» трахеиды этой зоны [11]. Далее парные измерения по годичным слоям каждого дерева усредняли, затем проводили усреднение для всех исследованных деревьев на каждой пробной площади.

Обобщенные результаты рассчитанных годичных слоев сосны обыкновенной представлены в таблице.

Таблица

**Сравнительный анализ некоторых анатомических параметров
годичных слоев сосны обыкновенной из разных типов леса**

Исследуемый параметр	Пробная площадь № 1	Пробная площадь № 2	Пробная площадь № 3
Ширина годичного слоя, мм	1,65±1,13	1,52±0,81	0,89±0,58
% поздней древесины в годичном слое	26,2	31,1	34,5
Число годичных слоев в 1 см	5	5	8
Количество ранних трахеид	46,6±0,41	50,2±2,96	42,4±3,11
Количество поздних трахеид	26,1±1,61	25,4±3,11	37,8±2,16
Радиальный размер полостей ранних трахеид, мкм	41,7±9,26	34,3±1,30	29,1±9,1
Радиальный размер полостей поздних трахеид, мкм	21,4±4,99	13,4±3,53	11,1±1,53
Радиальный диаметр вертикального смоляного хода, мкм	107,6±6,21	107,4±5,29	107,4±5,34
Тангенциальный размер полостей ранних трахеид, мкм	29,9±5,99	26,5±4,42	21,5±3,44
Тангенциальный размер полостей поздних трахеид, мкм	15,4±5,31	12,5±3,76	10,5±3,21
Тангенциальный диаметр вертикального смоляного хода, мкм	106,3±5,31	106,1±5,35	106,2±5,71
Толщина двойной клеточной стенки ранних трахеид, мкм	2,5±0,74	2,6±0,27	1,8±0,21
Толщина двойной клеточной стенки поздних трахеид, мкм	5,2±1,31	5,6±0,75	6,9±0,98

Полученные данные подтвердили, что существуют определенные особенности микроструктуры годичных слоев, характерные для конкретного места произрастания, то есть клеточная структура адаптируется к условиям окружающей среды, реагирует на изменяющиеся экологические факторы: солнечный свет, тепло, влагу и питательные вещества. Чем резче разница между древостоями по условиям местопроизрастания, тем больше коэффициент достоверности в различиях показателей годичного слоя.

Из данных таблицы можно видеть, что наиболее широкие годичные слои характерны для сосняка мшистого, то есть для условий местопроизрастания, приближающихся к оптимальным, а самые узкие — для сосняка сфагнового, то есть для верховых болот с избытком влаги. Другими словами, увеличение увлажнен-

ности почвы вызывает уменьшение ширины годовичных слоев. Процент поздней древесины сосны изменяется в пределах от 26,2 до 34,5 %. Наименьшие значения отмечаются в сосняке мшистом, наибольшие — в сосняке сфагновом. При сокращении ширины годовичных слоев у сосны увеличивается число поздних трахеид. Среднее число годовичных слоев на 1 см для сосны с пробных площадей № 1 равно 4, для пробной площади № 3 — 8, то есть количество годовичных слоев увеличивается с увеличением влажности почвы.

Увеличение числа ранних трахеид наблюдается для деревьев на пробной площади № 2, поздних — на пробной площади № 3. Проведенные измерения показали, что для всех деревьев сосны характерны более широкие ранние трахеиды с тонкими стенками и широкими полостями и более узкие поздние трахеиды с толстыми стенками и узкими полостями. При этом размер трахеид по радиальному направлению меньше, чем по тангенциальному.

Сравнительное анатомическое исследование трахеид годовичных слоев по пробным площадям выявило существенные различия. В частности, наибольшие радиальный и тангенциальный размеры полостей трахеид как ранней, так и поздней древесины характерны для деревьев сосны с пробной площади № 1 (сосняк мшистый), а трахеиды с более узкими полостями характерны для сосняка сфагнового (пробная площадь № 3). Толщина стенок поздних трахеид изменяется от 5,2 до 6,9 мкм (максимальная на пробной площади № 3 — сосняк сфагновый). Толщина тангентальных стенок ранних трахеид изменяется от 1,8 до 2,6 мкм (максимальная на пробной площади № 2 — сосняк долгомошный). И радиальный, и тангенциальный диаметры вертикального смоляного хода являются относительно стабильными и слабо изменяются в зависимости от степени увлажненности. По этой причине в дальнейшем можно отказаться от измерений данного параметра.

Проведенные исследования позволили выявить некоторые особенности анатомического строения годовичных слоев сосны обыкновенной в зависимости от влажности почвы. Все вышеописанные отличия анатомической структуры годовичных слоев могут служить наглядным примером воздействия факторов среды на древостой и являются важными отличительными признаками для однородных условий роста. Вероятно, они имеют адаптивный характер и в значительной степени определяются локальными условиями произрастания, в которых они развиваются.

Также необходимо отметить, что такие признаки, как удельные объемы однородных и веретеновидных лучей не имеют достоверных различий ни под влиянием атмосферных загрязнений, ни под влиянием лесорастительных условий. Количество лучей в поле зрения и соотношение объемов однородных и веретеновидных лучей во всех изученных случаях остаются одинаковыми, так как эти признаки не являются показателями состояния сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения. В то же время ширина годовичного слоя, толщина тангентальных стенок трахеид ранней и поздней древесины и размеры просветов ранних трахеид всегда имеют достоверные различия и являются четкими показателями жизнеспособности древесного растения.

Полученные результаты имеют практическое значение для проведения сравнительных исследований древесины сосны с целью определения участка местности ее произрастания.

Список использованной литературы

1. Майорова Е. И. Концептуальные основы судебно-биологической экспертизы : дис. ... доктора юрид. наук : 12.00.09 / Майорова Елена Ивановна. — М., 1996. — 347 с.
2. Егоров М. Н. Введение в фенетику древесных растений / М. Н. Егоров. — Воронеж : ВГУ, 2004 — 120 с.
3. Видякин А. И. Фенетика, популяционная структура и сохранение генетического фонда сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / А. И. Видякин // Хвойные бореальной зоны. — 2007. — Т. 24. — №. 2-3. — С. 159—166.
4. Косиченко Н. Е. Влияние генотипа-среды на формирование микроструктуры стебля и диагностика технических свойств, роста и устойчивости древесных растений : автореф. дис. на соискание учен. степени докт. биол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаника» / Н. Е. Косиченко. — Воронеж, 1999. — 42 с.
5. Юркевич И. Д. Сосновые леса Белоруссии / И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий. — Мн. : Наука и техника, 1984. — 175 с.
6. Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 годы, утв. зам. Премьер-министра Республики Беларусь от 23.12.2014 г. № 06/201-271. — 20 с.
7. Ярошенко П. Д. Геоботаника. Основные понятия, направления и методы / П. Д. Ярошенко. — М.-Л. : Наука, 1961. — 476 с.
8. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. — М. : ВНИИЛМ, 2004. — 552 с.
9. Шевелев С. Л. Таксация леса / С. Л. Шевелев, В. В. Кузмичев. — Красноярск : СибГТУ. — 2003. — 248 с.
10. Ellenberg H. Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden / H. Ellenberg. — Stuttgart: Ulmer, 1950. — № 1. — 141 p.
11. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес / И. С. Мелехов. — М.-Л. : Гослестехиздат, 1948. — 44 с.