

## ВЛИЯНИЕ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С КРАСЯЩИМИ СОСТАВАМИ

*В статье рассматриваются анатомические особенности хвойной древесины, влияющие на ее взаимодействие с красителями. Исследуются свойства красителей и их химическая природа.*

**Ключевые слова:** древесина, хвойные породы, трахеиды, красящие составы, поры, проницаемость, лигнин, диспергирование, сорбция, диффузия.

*M.A. Chizhova*

## THE INFLUENCE OF THE ANATOMIC STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION OF CONIFEROUS SORT WOOD ON THE INTERACTION WITH COLOURING AGENTS

*The coniferous wood anatomic peculiarities affecting its interaction with colouring agents are considered in the article. The properties of colouring agents and their chemical nature are researched.*

**Key words:** wood, coniferous sorts, tracheids, colouring agents, pores, permeability, lignin, dispersion, sorption, diffusion.

Крашение представляет собой многостадийный процесс. Это совокупность сложных физических и химических процессов взаимодействия красителя и поверхности древесины. К физико-химическим свойствам древесины, обуславливающим процессы крашения, относится ее способность к взаимодействию с растворами. Особый интерес представляют процессы взаимодействия с водой и водными растворами.

Для наилучшего понимания процессов крашения и разработки красящих систем, обеспечивающих равномерность окраски и уменьшение шероховатости, необходимо рассмотреть влияние физической структуры древесины и ее химического состава на взаимодействие с красящими составами. Это позволит воздействовать на процесс взаимодействия и разработать технологию крашения с получением требуемого качества независимо от свойств материала. При этом следует обратить внимание на свойства самого красителя и его химическую природу, способствующую взаимодействию красителя с волокном, с возможностью получения красящего комплекса, отличающегося не только рецептурой, но процессами взаимодействия с древесной подложкой.

Способность древесины взаимодействовать с водой является одним из факторов, влияющих на процесс крашения. Красители представляют собой водные растворы. Закономерности проникновения красящих составов в древесину не могут изучаться изолированно от ее структуры. Наличие в древесине проводящих элементов и форма их взаимосвязи позволяют рассматривать ее как макрокапиллярную систему. У каждой породы есть целый комплекс особенностей строения, связанных с ее свойствами [16, 17, 18]. Так, древесина хвойных пород имеет довольно упорядоченную структуру, основным элементом которой трахеиды, располагающиеся правильными рядами и имеющие прямоугольную форму.

Характерной особенностью трахеид являются окаймленные поры [3, 16], расположенные преимущественно на радиальных стенках у концов трахеид, которыми каждая трахеида вклинивается между соседними, образуя плотное соединение (рис.).

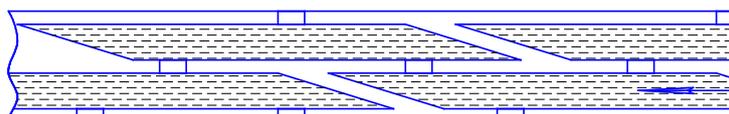


Схема расположения трахеид

Типичные окаймленные поры присутствуют на стенках ранних трахеид: поздние имеют поры меньших размеров и в значительно меньшем количестве. Многие авторы считают, что главная причина слабой проницаемости древесины – закрытие окаймленных пор в трахеидах, так как жидкость в хвойной древесине проходит через полосы трахеид от одной к другой через окаймленные поры. По некоторым данным, на одной

трахеиде количество окаймленных пор у сосны 41–91, у ели – 177–225 [16, 20]. Перенос воды в радиальном направлении проходит с помощью пор на радиальных стенах вертикальных трахеид. У этих пород соседние радиальные ряды трахеид смещены относительно друг друга примерно на полклетки. В результате каждая трахеида одного ряда с помощью пор, расположенных на разном уровне по высоте, сообщаются с двумя трахеидами соседнего ряда. Таким образом, они образуют непрерывный путь переноса [22].

На макроскопическом уровне структура древесины – это непрерывный жесткий каркас из ориентированных в аксиальном и радиальном направлениях пустотелых клеточных оболочек. Свойство сухой древесины (с влажностью  $8 \pm 2$  %), обусловленное ее структурой и выражающееся в наличии пустых пространств, называют пористостью. Поры в данном случае не поры в стенках клеток, а замкнутые полости клеток, имеющие форму сильно вытянутых трубок или капилляров, ориентированных определенным образом. Сообщающиеся между собой и выходящие на поверхность поры составляют открытую пористость. При рассмотрении структуры древесины на макроскопическом уровне с учетом лишь структур крупнее  $2 \cdot 10^{-5}$  см полости клеток, находящиеся внутри древесины и не имеющие выхода на поверхность, замкнуты [21]. (На субмикроскопическом уровне они оказываются открытыми, так как сообщаются между собой через отверстия в межклеточных порах.)

Так как в сухом состоянии капилляры и поры заполнены воздухом, то древесина в целом гидрофильный, ограниченно набухающий гель. Объем пор и капилляров в клеточной стенке ничтожно мал, при поглощении воды клеточная стенка несколько разбухает. Степень разбухания зависит от количества поглощенной воды и плотности древесины, ее анатомического строения и морфологии клеточных стенок. Отдельные химические компоненты древесины локализуются в разных морфологических элементах клеточных стенок и как следствие возникает неоднородность разбухания. Коллоидная природа клеточной стенки предопределена химическим составом древесного вещества и ее субмикроскопической структурой. Качественный количественный химический состав древесного вещества разнообразен и зависит от природы древесины, местоположения в дереве, возраста и ряда других факторов. Основная же масса – это целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин.

Первые два компонента относятся к углеводам, лигнин – ароматического строения, то есть являются гидрофильными веществами. Эти три компонента в сумме составляют 90–95 % массы абсолютно сухой древесины, остальные 5–10 % – экстрактивные вещества, большая часть из которых гидрофильна. В целом древесное вещество гидрофильно и это является одним из условия образования с водой коллоидной системы. Проникая в стенку, вода диспергирует ее структуру на мельчайшие частицы, окруженные тонкими слоями воды.

Условием образования коллоидной системы является способность стенки клетки в присутствии воды становиться высокодисперсионным телом. Абсолютно сухая клеточная стенка находится не в коллоидном, а в застеклованном состоянии, так как без воды не может быть коллоидной системы [4, 5]. Сущность образования коллоидной системы в образовании поверхности раздела фаз.

Чем меньше размер частиц, тем больше поверхность раздела, отнесенная к единице объема или массы диспергированных частиц, и тем большее значение приобретают поверхностные явления, придающие новое качественное состояние коллоидному телу. Эксперименты, проведенные Б.С. Чудиновым, подтверждают справедливость отнесения клеточной стенки древесины к коллоидным пористым телам [8]. Результаты показывают незначительную пористость сухой клеточной стенки. В сухой древесине внутренняя поверхность составляет лишь десятые доли  $\text{м}^2/\text{г}$ , в набухшей древесине – 200–300  $\text{м}^2/\text{г}$  древесного вещества.

Пористость абсолютно сухих клеточных стенок древесины составляет около 1–2 %, она обусловлена наличием только микрокапилляров с радиусом меньше  $10^{-7}$  м [4, 5]. Капилляры в клеточной стенке образуются в результате поглощения воды и существуют лишь в присутствии воды, при высушивании древесины они смываются, поэтому их называют непостоянными. Гигроскопичность абсолютно сухой древесины обусловлена гидрофильностью древесного вещества и коллоидной природой клеточных стенок, благодаря чему при взаимодействии с водой образуется огромная поверхность раздела твердое тело – вода.

Гидроксильные и другие полярные группы (в составе целлюлозы, лигнине) вступают во взаимодействие с полярными группами воды. Взаимодействие между ними термодинамически обеспечивается тем, что энергия связи гидроксильных групп древесного вещества с водой больше энергии межмолекулярного взаимодействия в воде. Взаимодействие заключается в установлении водородных связей между атомами кислорода в гидроксильных группах древесного вещества и атомами водорода молекул воды. Сорбционная способность сухой древесины обусловлена конденсацией на ее наружной поверхности и диффузией воды внутрь клеточных стенок, там она взаимодействует с древесным веществом, образует внутреннюю поверхность в виде ионослоев и полимолекулярных слоев. При влажности древесины около 5–6 % поглощение в основном идет по типу

мономолекулярной адсорбции. Молекулы воды в этом случае взаимодействуют непосредственно с адсорбционными центрами внешней поверхности абсолютно сухой древесины и возникающей внутренней поверхностью.

Формы связи с водой различны. Физико-механическая связь включает в себя структурную связь, связь в микрокапиллярах (с радиусом меньше  $10^{-7}$ ), в макрокапиллярах (с радиусом больше  $10^{-7}$ ) и связь смачивания [14].

Взаимодействие воды и древесины происходит в соответствии с этой связью [9]. Чем прочнее связь, тем больше сила, тем быстрее эта связь возникает при увлажнении. При увлажнении в древесину сначала впитывается гигроскопическая влага, имеющая более прочную связь, а затем капиллярная. Клеточные оболочки, впитывая гигроскопическую влагу, под действием давления набухания увеличивают первоначальный объем [19, 12, 13]. С учетом этого древесные клеточные оболочки ранней зоны будут набухать в большей степени в сравнении с поздней зоной.

Вследствие того, что поверхностному крашению подвергаются детали, у изделия в последней стадии изготовления их влажность будет составлять  $6 \pm 2\%$  ( $8 \pm 2\%$ ). Этот факт будет в значительной мере ограничивать поглотительную способность и проницаемость окрашиваемой древесины, что в свою очередь обуславливает небольшую глубину проникновения красителя для древесины хвойных пород (0,07–0,2 мм) [4, 6].

Это объясняется еще и тем, что размеры частиц красителя больше, чем клетки древесины, с находящимися в них порами. При поверхностной обработке независимо от применяемых жидкостей, в том числе красящих составов, невозможно увеличить проникновение на большую глубину. Также не имеет существенного значения то, какие применяются красители – истинные или коллоидные [2].

При изучении особенности строения и химического состава древесины хвойных пород установлено, что нет возможности обеспечить при поверхностном крашении глубокое проникновение красящего состава [6, 7]. Значительно важнее решить вопрос с уменьшением набухания различных зон и с выравниванием окраски. Диффузия красителя ограничена, основными процессами являются процессы адсорбции. Результат этих процессов – набухание поверхности, неравномерность распределения красителя. Снижение набухания может быть связано со структурой жидкой фазы и с расходом. Увеличение площади контакта особенно на ранней зоне древесины будет существенно влиять на взаимодействие древесины с красителем [10, 11, 15].

Для всех хвойных пород в связи с анизотропией свойств, проявляющейся даже в пределах одного образца, невозможно разрабатывать специальные красящие составы, необходима их универсализация. Эти составы должны сводить к минимуму влияние подложки на качество окраски.

В лаборатории отделки Сибирского государственного технологического университета разработан воднодисперсионный краситель, предназначенный для отделки массива из хвойной древесины [1]. Разработанные воднодисперсионные красители характеризуются получением равномерного покрытия на древесине, обладающей ярко выраженными анизотропными свойствами, не вуалируют текстуру, не приводят к набуханию ранние зоны, равномерно окрашивают сучки, смоляные участки, торцовые срезы.

Отличительной особенностью предлагаемых воднодисперсионных материалов является состав и как результат улучшенные физико-механические характеристики. Формирование покрытий происходит в результате коагуляции красителя на подложке (удаление основной части воды с образованием промежуточного геля, синерезиса промежуточного геля, аутогезионных процессов). На поверхности образуется микропенка, обеспечивающая равномерную окраску. Микропенка образуется за счет наличия в составе пленкообразователя, обладающего лиофильными свойствами, но в то же время не коагулирующего. Вязкость красящего состава составляет 15 с (по воронке Форда). Агрегативная устойчивость низковязкой системы обеспечивается наличием в составе ПАВ, высокодисперсионных пигментных паст и целевых добавок. Эксперименты подтверждают теоретические выводы в [1].

Основными направлениями развития лакокрасочных покрытий является улучшение декоративных и эксплуатационных свойств за счет разработки новых материалов.

## Литература

1. Чижова М.А. Совершенствование технологии поверхностного крашения древесины хвойных пород Сибири воднодисперсионными красителями: дис. ... канд. техн. наук. – Красноярск, 2001. – 179 с.
2. Патякин В.И., Тишин Ю.Г., Базаров С.М. Техническая гидродинамика древесины. – М.: Лесн. пром-сть., 1990. – 304 с.
3. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
4. Перельгин Л.М. Строение древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1954. – 200 с.
5. Чавчавадзе Е.С. Древесина хвойных. – Л.: Наука, 1979. – 190 с.

6. *Гартман А.Н.* Влияние анатомического строения сосны на качество ее пропитки // Лесохим. пром-сть. – 1933. – № 2. – С. 14–19.
7. *Харук Е.В.* Проницаемость древесины газами и жидкостями. – Новосибирск: Наука, 1976. – 173 с.
8. *Чудинов Б.С.* Вода в древесине. – Новосибирск: Наука, 1984. – 263 с.
9. *Колосовская Е.А., Лоскутов С.Р., Чудинов Е.С.* Физические основы взаимодействия древесины с водой. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 216 с.
10. *Хунт Э.М., Гарратт Д.А.* Консервирование древесины. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 300 с.
11. *Никитин Н.И.* Химическая технология дерева. – Л.: Ленхимсектор, 1931. – 415 с.
12. *Алпаткина Р.П.* О влагопроводности главнейших отечественных пород // Деревообрабатывающая пром-сть. – 1967. – № 9. – С. 12–14.
13. *Аппен А.А.* Температуроустойчивые неорганические покрытия. – Л.: Химия, 1976. – 296 с.
14. *Бухтияров В.П., Иванов Н.А., Савченко В.Ф.* Полимерные материалы в производстве мебели. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 272 с.
15. *Бьзов П.В.* Механическая обработка древесных подложек с целью улучшения их адгезионных свойств: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1992. – 21 с.
16. *Верхоланцев В.В.* Водные краски на основе синтетических полимеров. – Л.: Химия, 1968. – 200 с.
17. *Кедров Г.Б.* О строении радиальных водопроводящих путей в древесине некоторых хвойных растений // Биологические науки. – 1973. – № 10. – С. 67–73.
18. *Кинлок Э.* Адгезия и адгезивы. Наука и технология: пер с англ. – М.: Мир, 1991. – 484 с.
19. *Луис Э. Уайз, Эдвин С. Джан.* Химия древесины. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960. – Т. 2. – 540 с.
20. *Найдич Ю.В.* Контактные явления в металлических расплавах. – Киев: Наукова думка, 1972. – 196 с.
21. *Нейман Р.Э.* Коагуляция синтетических латексов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1967. – 188 с.
22. *Никитин Н.И.* Химия древесины. – Л.: Гослестехиздат, 1935. – 377 с.

