

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»**

На правах рукописи

АКСЕНОВ ПЕТР АНДРЕЕВИЧ

**ОТБОР ДУБА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО
ДРЕВЕСИНЫ В ВИНОДЕЛИИ**

06.03.01 – Лесные культуры, селекция, семеноводство

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель – доктор биологических наук,
профессор Коровин В.В.

Москва – 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ОБЩАЯ ЧАСТЬ	11
ГЛАВА 1. ДЕНДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОДА ДУБ (<i>QUERCUS</i> L.)	11
ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ДУБА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВИНОДЕЛИЕ	14
2.1 Дуб черешчатый	14
2.1.1. Подвиды дуба черешчатого	21
2.2 Дуб скальный	23
2.3 Дуб монгольский	25
2.4 Дуб каштанолистный	26
2.5. Дуб белый	27
ГЛАВА 3. СТРУКТУРА ДРЕВЕСИНЫ РОДА <i>QUERCUS</i> L.	29
3.1 Основные особенности строения древесины подвидов <i>Quercus</i> , <i>Erythrobalanus</i> , <i>Heterobalanus</i> и <i>Cyclobalanoides</i>	29
3.2 Строение древесины видов дуба	35
3.2.1 Макроструктура стволовой древесины	35
3.2.1.1 Дуб черешчатый	36
3.2.1.2 Дуб каштанолистный	41
3.2.1.3 Дуб скальный	42
3.2.1.4 Дуб монгольский	43
3.2.2 Микроструктура стволовой древесины видов дуба	45
3.2.2.1 Эндогенная изменчивость микроструктуры древесины дуба	54
ГЛАВА 4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА И ТРАНСФОРМАЦИЯ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫДЕРЖКИ КОНЬЯЧНЫХ СПИРТОВ	56
4.1 Целлюлоза	57

4.2 Гемицеллюлозы (полиозы)	59
4.3 Лигнин	63
4.4 Экстрактивные вещества	68
ГЛАВА 5. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО СПИРТОВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСИНЫ РАЗНЫХ ВИДОВ ДУБА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ	76
5.1 Влияние видовой принадлежности дуба	76
5.2 Влияние географического происхождения дуба	77
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	80
ГЛАВА 6. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	80
6.1 Происхождение образцов	81
6.2 Методика анатомических исследований	81
6.2.1 Сбор образцов	82
6.2.2 Предварительная обработка образцов древесины	83
6.2.3 Пропитка и удаление воздуха из древесины	84
6.2.4 Размягчение и промывка материала	84
6.2.5 Изготовление микросрезов	85
6.2.6 Окрашивание, промывка, обезвоживание и заключение срезов	85
6.2.7. Микроскопирование и микрофотография	86
6.3 Методика гистохимических исследований	87
6.4 Методика исследований химического состава экстрактов древесины	88
ГЛАВА 7. АНАТОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ВИНОДЕЛИИ	89
7.1 Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.) – ранняя и поздняя феноформы	90
7.2 Дуб черешчатый. Образцы из Франции, провинция Лемузен	96
7.3 Дуб скальный (<i>Q. petraea</i> (Mattuschka) Liebl.)	98

7.4 Дуб каштанолистный (<i>Q. castaneifolia</i> C. A. Mey.)	99
7.5 Дуб монгольский (<i>Q. mongolica</i> Fisch. ex Ledeb.)	101
7.6 Дуб белый (<i>Q. alba</i> L.)	103
7.7 Связь между структурными элементами древесины и компонентами её экстрактов	107
ГЛАВА 8. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРЕВЕСИНЫ ВИДОВ И ФОРМ ДУБА РАЗЛИЧНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ В ВИНОДЕЛИИ	111
8.1 Химический анализ спирто-водных экстрактов древесины дуба	112
8.2 Исследование структуры древесины дуба в связи со вкусовыми свойствами выдерживаемых напитков и подходы к определению критериев для отбора	113
8.3 Химический состав экстракта и структура древесины дуба из Калининградской области	123
ГЛАВА 9. ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА МОНГОЛЬСКОГО В ВИНОДЕЛЬЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	124
ГЛАВА 10. КРИТЕРИИ ОТБОРА ДУБА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИНОДЕЛИЯ	129
ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	134
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	136
ПРИЛОЖЕНИЕ А (к главе 1)	149
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (к главе 2)	150
ПРИЛОЖЕНИЕ В (к главе 3)	154
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (к главе 4)	163
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (к главе 5)	176
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (к главе 6)	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (к главе 8)	179

ВВЕДЕНИЕ

Лесная селекция ориентирована на отбор древесных растений, имеющих те или иные хозяйственно ценные свойства. К достаточно разработанным направлениям можно отнести отбор на быстроту роста, на увеличение древесной массы, на увеличение смолопродуктивности и т. д. Мы впервые предлагаем разработку методики и результаты первых опытов отбора дуба на пригодность к использованию в виноделии.

Роль древесины бочки в процессе выдержки вина и спиртов известна уже давно (Maga, 1989; Marche, Joseph, 1975). Приоритет дуба по сравнению с другими древесными породами в производстве высококачественной алкогольной продукции неоспорим, что доказано опытом практиков виноделия и подтверждено рядом анатомических, химических и физико-механических исследований (Оганесянц, 1998).

Традиционно для производства винодельческих бочек, как в нашей стране, так и в странах традиционно развитого виноделия (Франция, Армения, Италия), использовалась древесина дуба двух видов: черешчатого (*Quercus robur* L.) и скального (*Q. petraea* L. ex Liebl.), широко распространенных в Западной и Восточной Европе.

В настоящее время высококачественная древесина данных видов является остродефицитным материалом ввиду таких причин, как ограниченность запасов древесины дуба в Европе, в том числе и в России, специальные требования, предъявляемые к древесине как сырью для производства винодельческих бочек, повышенный спрос на винодельческую продукцию, выдержанную в дубовой таре.

Актуальность проблемы расширения сырьевой базы для целевой заготовки дубовой древесины, побуждает многих зарубежных и отечественных ученых исследовать возможность использования древесины дуба малоизученных видов и их экотопов, обладающих различным анатомическим строением, физико-механическими свойствами и химическим составом, для изготовления бочек для виноделия.

В оценке качества древесины дуба для использования ее в виноделии преобладает интуитивный подход практиков-бондарей. Оценка обычно ограничивается нерасчлененными понятиями «пористость» и ширина годичного кольца. При этом под пористостью обычно понимается доля просветов сосудов на единицу поверхности поперечного среза древесины, что слабо характеризует истинную пористость этого материала. Ширина годичного кольца также понятие весьма емкое и в конкретных случаях требует определенного толкования.

Несмотря на огромную экономическую роль древесины дуба, анатомически она изучена недостаточно. В настоящее время, из литературных источников, нам неизвестны четкие диагностические признаки строения древесины подродов и секций рода *Quercus* L. Кроме того, чтобы определить технические качества древесины, необходимо знать ее анатомическое строение, поскольку строение в известной мере определяет свойства древесины. Вместе с тем, структура древесины тесно связана с ее важнейшими биохимическими показателями, определяющими пригодность для виноделия.

В настоящий момент ряд проблем, связанных с дефицитом качественной древесины дуба, а также значительным износом дубовой тары, используемой для выдержки спиртов и купажей коньяков, не позволяют многим винодельческим предприятиям вырабатывать алкогольную продукцию высокого и одновременно стабильного качества.

Особенно остро это отражается на производстве коньяков 10–30-летней выдержки. Вопросы повышения качества коньяков приобретают еще большую актуальность в связи со значительным увеличением потребительского спроса на качественные крепкие спиртные напитки.

В сложившейся ситуации успешное решение поставленных вопросов требует наряду с совершенствованием традиционных технологий винодельческого производства, разработку новых методов отбора высококачественной древесины дуба и анализ пригодности, для выдержки качественных коньячных спиртов, древесины дуба из ранее не эксплуатируемых насаждений.

Для решения этой проблемы мы используем методы селекции растений, анатомии и гистохимии древесины, а также методы жидкостной хроматографии

экстрактов древесины дуба. Перечисленные методы и легли в основу наших исследований.

Актуальность работы определяется следующими основными факторами:

1) ценностью высококачественной деловой древесины дуба и её явно наблюдаемым дефицитом;

2) недостаточной изученностью анатомических особенностей древесины различных видов и экотипов дуба, а также химического состава её спиртоводных экстрактов;

3) недостаточно научно обоснованным подходом к отбору дуба для дифференцированного использования его древесины в винодельческой промышленности;

4) практически полным отсутствием сведений об изменчивости видов, экотипов и фенотипов дуба по наиболее существенным для виноделия признакам.

Цель работы – дать рекомендации по проведению отбора дуба для использования в производстве высококачественной алкогольной продукции; определить критерии оценки качества видов и экотипов дуба по характеристикам древесины, основанным на особенностях ее анатомического строения и химического состава экстрактов.

В рамках поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1) подробно изучить анатомическое строение древесины различных видов дуба, используемых в винодельческом производстве;

2) выявить взаимосвязь между анатомической структурой ядровой древесины видов и экотипов дуба и химическим составом её экстрактов;

3) для ряда варьирующих по многим признакам анатомических элементов древесины установить их влияние на качество алкогольной продукции;

4) провести сравнительно-анатомический анализ древесины и химический анализ экстрактов древесины для видов дуба из Франции и аборигенных видов различного географического происхождения.

Объекты исследования:

1) древостои с участием ранней (*Q. robur* L. f. *praecox* Czern.) и поздней (*Q. robur* L. f. *tardiflora* Czern.) форм дуба черешчатого из Воронежской области;

2) в том числе, образцы древесины, отобранные нами в полевых условиях в Теллермановском опытном лесничестве (ТОЛ) ИЛ РАН;

3) образцы древесины разных видов дуба, предоставленные институтом виноделия (ГНУ ВНИИПБиВП) и лабораторией акустики института физики твёрдого тела (ИФТТ РАН);

4) образцы древесины дуба черешчатого (*Q. robur* L.) и скального (*Q. petraea* (Mattuschka) Liebl.) из разных провинций Франции;

5) образцы древесины дуба монгольского (*Q. mongolica* Fisch. ex Ledeb.) из Приморского и Хабаровского краев;

6) дополнительно нами исследованы образцы дуба черешчатого из Калининградской и Киевской областей, Республики Адыгея, а так же дуба белого (*Q. alba* L.) из Северной Америки и дуба каштанолистного (*Q. castaneifolia* C. A. Mey.) из Ирана.

Научная новизна работы:

Наши исследования, проведённые под руководством профессора В.В. Коровина по своей специфике были одними из первых как в работах по виноделию, так и в области лесной селекции и дендрологии. Результаты этих исследований вошли в монографии учёных, занимавшихся данным вопросом (Оганесянц, 1998; Коровин, Оганесянц, 2007).

В предлагаемой работе впервые подробно проанализирована связь между анатомической структурой древесины различных видов и экотипов дуба и химическим составом экстрактов древесины, во многом определяющим органолептические характеристики напитков. Проведены подробные сравнительно-анатомические исследования различных видов, экотипов и фенотипов дуба из России, Франции, Ирана и Северной Америки. Разработаны критерии отбора дуба для дифференцированного использования в виноделии.

Нами разработана и апробирована специальная методика анатомо-гистохимических исследований древесины дуба, применительно к задачам селекции на пригодность в винодельческой промышленности.

На защиту выносятся следующие основные положения:

1) в основе отбора видов, форм и экотипов дуба для целей виноделия лежат методы селекции и ботанического древесиноведения;

2) наблюдаются значительные различия по пригодности для целей виноделия между отдельными видами дуба, а также их формами и экотипами;

3) установлено, что наиболее предпочтительны для производства крепких напитков дуб скальный и черешчатый, в особенности поздняя феноформа последнего;

4) свойства древесины, необходимые для производства соответствующих напитков, определяются особенностями её строения и химическим составом структурных элементов ксилемы, которые, в свою очередь, тесно связаны с систематическим статусом таксонов и условиями их произрастания.

Практическая значимость:

1) результаты наших исследований вошли составной частью в методические разработки Института виноделия РАСХН (ГНУ ВНИИБиВП) и включены в соответствующие отчёты этого института;

2) материалы проведённых исследований используются в учебном процессе при преподавании курсов дендрологии и селекции растений;

3) полученные результаты могут быть использованы для создания специализированных плантационных насаждений из наиболее перспективных видов дуба и отбора сырья для нужд виноделия.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Выводы и положения базируются как на собственных исследованиях, с использованием большого экспериментального материала, проведённых в 2002-2010 г.г., так и на основе современных анатомических, гистохимических и физико-химических методик с использованием передовых методов обработки экспериментального материала. Естественно, что наши выводы учитывают отражённые в литературе достижения в данной области.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и публиковались в соответствующих изданиях по материалам научно-практических конференций МГУЛ (Москва, 2002, 2003, 2004, 2005, 2008, 2007, 2009, 2010 г.), II Пущинской международной школы-семинара «Экология – 2002: эстафета поколений» (Пущино, 2002); IV Международного симпозиума «Строение, свойства и качество древесины» (С-Пб, 2004), Международной конференции молодых учёных «Леса Евразии» (2001, 2002, 2005 г.), II Междуна-

родной научно-технической конференции Лесной комплекс: состояние и перспективы развития (Брянск, 2002), Научно-практической конференции «Качество и безопасность сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов» (Углич, 2004), II Всероссийской научной конференции «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» (Йошкар-Ола, 2006), Международной конференции «Нанотехнологии и наноматериалы в лесном комплексе» (Москва, 2011).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 научных работ (из них - в соавторстве 12) в период с 2002 по 2010 годы, в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК.

Личный вклад. Автором выполнено: научное обоснование необходимости проведённых исследований; разработана специальная методика и модифицированы некоторые из общепринятых; проведен сбор материалов для лабораторных исследований; проведены анатомические исследования древесины дуба и анализ её спиртоводных экстрактов; выполнен анализ и математическая обработка полученных данных; предложены критерии для проведения отбора дуба с целью производства высококачественной алкогольной продукции.

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА 1.

ДЕНДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОДА ДУБ (*QUERCUS* L.)

Род *Quercus* относится к семейству *Fagaceae* (Буковые), в которое входят еще 6 родов: *Fagus*, *Nothofagus*, *Trigonobalanus*, *Castanopsis*, *Castanea* и *Lithocarpus*. Большинство видов семейства – вечнозеленые или листопадные деревья, часто значительной (до 60 м) высоты.

Род *Quercus* достаточно древний. Он появился в Европе и в Америке с нижнего мела.

Дуб занимает обширный ареал (Ареалы..., 1986). Представители рода *Quercus* (400–500 видов) – важные лесообразующие породы умеренных широт северного полушария.

В Евразии богатством видов и разнообразием типов отличается Восточная и Юго-Восточная Азия. В Сибири, Центральной и Средней Азии дубов нет. Европа и Средиземноморье сравнительно бедны в видовом отношении. Значительное число видов дуба произрастает в Северной и Центральной Америке.

В Евразии северная граница естественного ареала дуба проходит в Скандинавии и Ленинградской области, южная – уходит на несколько градусов за экватор (прил. А. рис. А.1).

Система рода *Quercus* сложна, многократно подвергалась пересмотру и вряд ли может считаться окончательно устоявшейся. В дальнейшем изложении мы будем придерживаться системы Ю.Л. Меницкого (1984), хотя в некоторых случаях будет необходимо обращение и к другим системам, в частности к хорошо известной в нашей стране системе В. П. Малеева (Малеев, 1935; Малеев, Соколов, 1951). По Ю.Л. Меницкому, род *Quercus* на территории Евразии представлен тремя из четырех подродов, включающими около 140 видов. Из них к под родам *Quercus* и *Heterobalanus* относятся порядка 50 видов, а к под роду *Cyclobalanoides* принято относить 80-90. К подроду *Quercus* отнесены исключительно листопадные дубы. Большинство видов, имеющих интерес для виноде-

лия, относятся к этому подроду. Подрод делится на две секции: *Quercus* и *Cems*. Из представителей последней секции нас будет интересовать *Q. castaneifolia*. Подрод *Heterobalanus* представлен вечнозелеными древесными растениями. Четвертый подрод рода *Quercus* — *Erythrobalanus* представляет группу американских видов дуба. Однако не все американские дубы принадлежат к этой группе, в частности, интересующие нас дубы секции так называемых «белых» относятся к подроду *Quercus*. (Коровин, Оганесянц, 2007).

Большинство дубов – высокие деревья (25–30 м), на равнинах обычно выше, чем в горах. Отдельные экземпляры достигают высоты до 55 м и имеют в возрасте 700–900 лет стволы, диаметром до нескольких метров. Немногие виды являются низкими кустарниками.

Корневая система дубов мощная с хорошо развитым стержневым корнем, достигающим в засушливых условиях глубины 10 м. При наличии подстилающего горизонта, образованного плотными породами, а также на подзолистых или переувлажненных почвах корневая система становится поверхностной.

Ветвление у дубов резкое и угловатое из за частой смены направления роста побегов, обусловленной большим светолюбием дубов. Характерный для дубов моноподиальный рост реализуется очень редко в связи с частым повреждением верхушечных почек и перевершиниванием побега за счет развития боковых почек. У большинства видов почки пятигранные с коричневыми чешуйками, расположенными в 5 рядов. У основания почек часто развиты 2 узких прилистника.

Листья обычно скучены в верхней части побега, иногда очень густо, что приводит к ложномутовчатому листорасположению. Листья простые, цельнокрайные, зубчатые, лопастные или перисторассеченные с перистонервным жилкованием, в среднем 6–15 см длины. Черешки обычно 1–3 см длины.

Листья большинства видов имеют ярко-зеленую окраску сверху и более бледную снизу. Молодые листья опушены. Густота опушения листьев в значительной степени изменяется от вида к виду.

Мужские соцветия дубов – цилиндрические рыхлые висячие сережки. Они развиваются в пазухах чешуевидных листьев вегетативной почки или в особых цветковых почках, находящихся в верхней части прошлогоднего побега. Сережки имеют тонкую гибкую, как правило, опушенную ось 3–15 см длины, на которой почти сидя-

чие цветки, имеющие при основании мелкие пленчатые прицветники, располагаются в пучках по 3–7 (*Cyclobalanoides*) или по одиночке (у остальных подродов).

Околоцветники мужских цветков мелкие (1,5–4 мм длины), зеленоватые или желтоватые симметричные или чаще асимметричные опушенные изнутри или снаружи. Тычинки (6–15) с длинными свободными нитями, пыльники от яйцевидно-продолговатых до почти шаровидных, 0,5–1 мм длины.

Женские соцветия дубов – пестрой колос. Цветки развиваются на неразветвленной жесткой укороченной оси, появляющейся в верхней части весенних побегов выше мужских соцветий. Женские цветки сидячие, с 1–2 прицветниками при основании, располагаются на оси поодиночке, околоцветники мелкие, малозаметные, обычно 6-, реже 3–9-лопастные.

Завязь, как правило, округло-3-гранная, чаще 3-гнездная, 3-плацентная, с 2 семязачатками на каждой плаценте, с 3 (4–9) свободными столбиками.

После раскрытия мужских цветков пыльца остается жизнеспособной около 5 суток. Пыление у крупных деревьев обычно продолжается несколько дней.

Семязачатки у большинства видов с одногодичным созреванием желудей заканчивают свое развитие через 1–2 месяца после опыления. Созревание и опадение желудей в зоне умеренного климата происходит осенью и обычно длится 1,5–2 месяца. Их фактический урожай обычно составляет не более 2–4 %. Плодоношение дубов имеет циклический характер: хорошие урожаи в Средиземноморье повторяются через 2–3 года, в Центральной Европе – через 4–7 лет, а на северо-востоке ареала дуба черешчатого через 10 и более лет (Samus, 1936–1938).

Плюска дубов развивается в конце цветения. Форма плюсок очень разнообразна. Она никогда не покрывает плод полностью и никогда целиком не срастается с ним. На своей наружной поверхности плюска покрыта чешуйками.

Плод дуба – односемянный орех (желудь). Формы желудей очень разнообразны. Снизу желудь имеет рубцовую площадку, по которой он отделяется от оси. Оболочка желудя (перикарп) древеснеющая, голая и блестящая, светло-коричневая. Эндосперм не развит. Большую часть объема желудя занимают семядоли. Созревание желудей – одногодичное. Распространение желудей производится ветром, животными, водными потоками.

Прорастание у большинства видов дуба – подземное. В первый год жизни всхо-

ды дуба достигают значительной высоты 10–30 см. До двадцатилетнего возраста дуб растет медленно. Плодоношение начинается в зависимости от положения в лесном пологе с 40–60 лет, может продолжаться в течение всей жизни дерева.

Кроме семенного размножения дубы обладают способностью давать обильную прикорневую поросль и отводки.

Большинство дубов – светлюбивые деревья, обитающие главным образом в странах с умеренно теплым и субтропическим климатом. Большинство видов дуба не выносят застойного избыточного увлажнения и предпочитают гумусированные и хорошо дренированные почвы.

Древесина дубов тяжелая, прочная средней и высокой твердости, обычно в значительной степени усыхающая, имеет хорошо выраженное бурое ядро и более светлую узкую заболонь. У тропических видов дуба ядро может иметь более темную окраску, иногда оно бывает почти черным.

Далее будут рассмотрены виды дуба, древесина которых традиционно используется для изготовления винных и коньячных бочек, а также некоторые виды, древесина которых является относительно доступной и тоже может служить сырьем для производства клепки, а также для производства дубового экстракта и щепы, используемых в современной виноделии.

ГЛАВА 2.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ДУБА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВИНОДЕЛИИ

2.1 Дуб черешчатый

Дерево до 40 м (иногда более) высоты со стволом, часто искривленным в молодости, затем при росте в насаждениях – с прямым полндревесным, хорошо очищенным от сучьев и несущим сравнительно небольшую крону.

При росте на свободе ствол с низкой толстой бессучковой зоной, быстро расходящейся в толстые змеевидно изогнутые ветви. Нижние ветви в этом случае отклоняются от ствола под прямым углом, верхние – под острым и образуют мощную орнаментальную шатровидную крону.

Благодаря мозаичности листьев крона малопрозрачная в горизонтальной плоскости и с большими просветами в вертикальной.

Молодые побеги узловатые, покрыты зеленовато-красной гладкой корой со светлыми чечевичками. Кора вначале гладкая, оливково-бурая, затем красно-бурая, позже серебристо-серая («зеркальная»), затем с возраста около 30 лет растрескивающаяся и далее толстая (до 10 см), глубоко трещиноватая, буро-серая. Ствол до 1–1,5 м в диаметре. В редких случаях у отдельно стоящих деревьев диаметр ствола может быть значительно больше и достигать 9 метров. Почki овальные или полушаровидные, конечные тупо-пятигранные, 5–7 мм длиной, светло-бурые, с ресничками по краям чешуй, на вершине побегов сидят сближенно. Верхушечная почка превышает по размеру боковые.

Некоторые исследователи (Грудзинская, 1964; Минина, 1954; Ромашов, 1955; Семериков, 1986) выделяют у дуба черешчатого 4 типа почек: вегетативные, содержащие только зачатки листьев; вегетативные с зачатками мужских соцветий; почки, содержащие только зачатки мужских соцветий, и почки, содержащие зачатки и мужских, и женских соцветий. Почки закладываются непосредственно после окончания роста побегов и зимуют с почти полностью сформированными в почках зачатками листьев, цветков, соцветий (Семериков, 1986).

Распускание листьев и рост побегов начинаются при наступлении устойчивой теплой погоды и продолжаются примерно две недели. Рост побегов носит полициклический характер (Бородина, 1961; Грудзинская, 1964): в южных районах ареала дуб дает 2-3 прироста в год, в северных – 1, редко 2 (Семериков, 1986).

Листья 7–15 см длины и 3–7 см ширины, (на порослевых побегах до 30 см длины и 10 см ширины), удлинено-обратнояйцевидные, с ясно выраженными ушками при основании, на конце с тупой более или менее вытянутой конечной лопастью и по бокам с каждой стороны с 6–7 (8) более или менее длинными, тупыми, неодинаковыми и наиболее крупными в середине листа, прямыми или несколько изогнутыми лопастями, углубления между которыми достигают 1/3 ширины пластинки; лопасти цельнокрайние или с 1–3 крупными зубцами (прил. Б. рис. Б.2). Сверху листья блестяще-зеленые, голые, снизу более бледные, сна-

чала более или менее опушенные, потом голые или с отдельными волосками по жилкам. Черешки 3–10 мм длины, листья распускаются во второй половине мая, значительно позже многих других древесных пород, причем, особенно в южной части ареала (Соколов, 1951).

Дуб черешчатый – однодомное ветроопыляемое растение. Его цветение начинается одновременно с распусканием листьев. К началу пыления размеры листьев составляют около 30 % от полностью сформированных. Замедленный рост листьев перед цветением и их компактное расположение рассматриваются как приспособление, выработавшееся в условиях прохладного климата, что позволяет избегать повреждения весенними заморозками, а с другой стороны, способствует успешному опылению. После окончания цветения наблюдается ускоренный рост побегов и листьев (Семериков, 1986).

Мужские цветки собраны в соцветия – висячие сережки 2–3 см длины, выходящие по 1–3 из пазух почечных чешуй на вершине прошлогодних побегов или у основания молодых (растущих) побегов. Их околоцветник простой, из 5–7 желто-зеленых ланцетовидных листочков, длиной около 3 мм. Тычинок 4–7. Пыльца у видов дуба, произрастающих на европейской части России морфологически одинакова и имеет лишь небольшие различия в размерах (Пятницкий, 1947, 1951, 1954); она трехбороздчатая, не имеет придатков, увеличивающих ее летучесть.

Женские соцветия образуются в пазухах верхних листьев растущих побегов, мелкие, с булавочную головку, сидят у верхушки молодых побегов, обычно по 2–3 на хорошо заметных цветоножках (специализированный цветоносный побег). Околоцветник женских цветков простой чашевидный с шестью лопастями (прил. Б. рис. Б.3). Завязь овальная, наверху с тремя мясистыми красными рыльцами. Цветет дуб одновременно с распусканием листвы, начиная с 40–60-летнего возраста при свободном стоянии, в насаждениях – еще позже. Плоды – желуди 1,5–3,5 см длины, 1,5–2 см в диаметре, с шишиком на вершине, буровато-желтые с характерными продольными зеленоватыми полосками, по 1–3 на плодоносе до 6–8 см длины, вес 1000 желудей 2–3 (7) кг. Плюска блюдцевидная или неглубоко-чашевидная, 0,5–1 см высоты и 1,5–2 см в диаметре; чешуйки ее почти плоские или немного выпуклые, овальные, иногда поперек вытянутые,

сероопушенные с коротким буроватым кончиком. Обычно до июля плюска покрывает желудь целиком, затем он показывается из плюски, а ко времени созревания она охватывает его лишь на $1/5 - 1/2$. Созревают желуди в центральных областях европейской части России в конце августа – начале сентября. В сентябре начинают опадать. Желудь легко отделяется от плюски.

При свободном росте плодоносит ежегодно; семенные годы в насаждениях через 4–8 лет, чем ближе к северной границе ареала, тем реже; 1 га взрослого леса дает от 0,7 до 2 т желудей, хорошо развитые свободно стоящие деревья – от 40 до 100 кг на 1 дерево. Созревают желуди в конце сентября – начале октября.

У дуба черешчатого при прорастании желудя, семядоли остаются под землей (обычно под лесной подстилкой); нередко последние лежат над землей и становятся зелеными. Проросток образует на стебле 5–8 пленчатых (1–15 мм дл.) листочков низинной формации и лишь после этого образует иногда скученно у вершины 4–6 листьев срединной формации обычной для вида формы, но несколько меньшего размера. При повреждении стебля проростка на нем через несколько дней из почек, образованных в пазухах листьев низинной формации, развиваются порослевые побеги.

Дуб черешчатый относится к древесным породам средней теневыносливости. Особенно он чувствителен к затенению сверху. При боковом затенении дуб растет быстро.

Дуб обладает сильной побегопроизводительной способностью; даже в возрасте 150 лет до 60 % его пней образуют поросль. Стволы дуба при излишнем освещении покрываются порослевыми (водяными) побегами ("волчками"), возникающими из спящих почек, последние возникают и на ослабленных деревьях (Соколов, 1951). Появление "волчков" обычно связано с ослаблением кроны – суховершинностью, отмиранием периферических побегов. По наблюдениям С.С. Пятницкого (1960), спящих почек на стволе дуба может быть более 1000, при этом большая доля находится у основания ствола, далее вверх по стволу их число резко снижается и возрастает вновь в области кроны. Порослевые побеги первые годы растут очень быстро и в течение всего вегетационного периода. Их верхушки часто не успевают одревесневать и часто повреждаются заморозками.

При семенном возобновлении период медленного роста, с годичным приростом в высоту 20–30 см, при благоприятных условиях продолжается 5–10 лет. В это время стержневой корень уходит вглубь почвы до 1 м и более. Затем, при наличии подгона, он растет в высоту по 100–150 см в год. Рост дуба в высоту продолжается до 150–200 лет, когда он достигает 35–40 м и диаметра 80–100 (150) см, причем в возрасте 50–60 лет густые древостои изреживаются, и стволы высоко очищаются от сучьев. Корневая система глубокая (до 15 м) и мощная; крона в лесу небольшая, но нередко все же низко сидящая; при росте на свободе – низко опущенная, мощная, шаровидная. Благодаря мощной корневой системе с хорошо выраженным стержневым корнем дуб не ветровален (Коровин, Оганесянц, 2007).

Доживает дуб часто до возраста 400–500 лет, нередко до 1000 и единично 1500 (2000) лет, достигая до 4 м и более в диаметре.

Дуб черешчатый требователен к минеральному и органическому богатству почвы и лучше всего растет, более устойчив и дает большие запасы древесины на нормально влажных, глубоких серых лесных суглинках, деградированных черноземах и на аллювиальных почвах в поймах крупных рек. Менее успешно растет дуб на лесных суглинистых подзольных почвах, при кислотном гумусе дуб гибнет.

Наиболее северная точка распространения дуба находится в Норвегии под 62°30' северной широты. На юге дуб черешчатый доходит до самых южных берегов Греции и Италии. В долготном направлении ареал вида простирается от западных берегов Ирландии и Португалии до Уральских гор. Ареал дуба черешчатого представлен на рис. Б.4. (прил. Б)

Дуб черешчатый – умеренно теплолюбивая порода, часто страдает от поздневесенних и раннеосенних заморозков.

В популяциях дуба черешчатого хорошо различаются две фенологические формы, впервые выделенные В.М. Черняевым (1857, 1959), – рано распускающаяся (f. *praecox* Czern.) и поздно распускающаяся (f. *tardiflora* Czern.), запаздывающая по сравнению с первой на 2–4 недели. Вторая форма избегает ранних заморозков и весенних суховеев и поэтому цветет и плодоносит обильнее первой и дает более ровные стволы; вторая, поздняя, форма энергичнее

ассимилирует и растет быстрее первой, особенно в молодости; она обладает меньшей побегопроизводящей способностью, имеет более короткий период вегетации, более прочную древесину, меньше повреждается шелкопрядом, златогузкой, листоверткой и мучнистой росой. Эти особенности поздно распускающейся формы отчетливо проявляются у взрослых растений и передаются по наследству. Проведенные опыты показали (Романовский и др., 2004), что принадлежность родителей к ранней или поздней формам наследуют 90 % сеянцев-потомков. Поздняя форма отличается и опушенностью жилок на нижней поверхности листьев, ранняя же имеет голые листья.

Установлено (Енькова и др, 1969; Енькова, Ширнин, 1970; Ширнин, Енькова, 1975), что соотношение качественных характеристик раннего и позднего дубов зависит от условий произрастания и возраста насаждений. В условиях свежей дубравы поздний дуб превосходит ранний почти по всем показателям, характеризующим качество древесины. Из 28 изученных физико-механических показателей древесины дуба по 20 признакам получены достоверные различия. Преимущество позднего дуба составляет по содержанию поздней древесины – 10 %, плотности – 7 %; сопротивлению при сжатии – 10 %, ударном и статическом изгибе 23–25 %, растяжении – 13 %. Доля влияния фенологического фактора на показатели физико-механических свойств может достигать 28–31 % и выше. Изменение условий произрастания неодинаково влияет на качество древесины раннего и позднего дуба. По мере улучшения плодородия почвы у позднего дуба качество древесины существенно улучшается, а у раннего оно изменяется незначительно. В свежей и сухой дубравах преимущество имеет поздний дуб, при этом в первом случае оно выражено сильнее. В условиях солонцевой дубравы, наоборот, показатели выше у раннего дуба. Средние комплексные оценки древесины ранней разновидности почти одинаковы во всех исследованных условиях (отклонения ± 5 %), а у поздней разновидности, по мере улучшения лесорастительных условий, – значительно повышаются (до 27 %).

Поздно и рано распускающиеся формы встречаются в пределах РФ и сопредельных государств практически по всему ареалу (Курдиани, 1934; Сукачев, 1938; Енькова, 1950). Многие исследователи указывают, что между этими фенологическими формами есть промежуточные.

По мнению М.Г. Романовского с соавторами (2004), поздно и рано распускающиеся формы, несмотря на наличие промежуточных, с некоторым допущением можно считать альтернативными, не образующими по контролируемому показателю непрерывный ряд изменчивости.

Дуб цветет почти одновременно с распусканием листьев. Сроки цветения в Теллермановском опытном лесхозе отстают от листораспускания в среднем на два дня. Длительность перекрывания периодов цветения ранних и поздних деревьев в среднем соответствует перекрыванию сроков их листораспускания (13% времени цветения поздней формы и 12% ранней). Интенсивность пыльцевого обмена генами между деревьями ранней и поздней форм не превышает в среднем 6% генофонда насаждения. Это способствует распадению популяций дуба на две популяции: позднюю и раннюю. К фенологической изоляции раннего и позднего дуба добавляется их пространственное разделение (Енькова, 1976). Ранняя популяция образует чистые насаждения в пойме и подполянных солонцовых дубравах. Поздняя – на водоразделах в снытево-осоковых дубравах на темно-серых лесных суглинках. Ранняя форма успешно закрепляется в тех местах, где не столь уж важно или просто невозможно образовать глубокую корневую систему. Позднораспускающаяся – там, где образование глубоких корней возможно и дает определенные преимущества.

Выводом к описанию фенологических форм дуба черешчатого могут быть положения, высказанные Н.П. Кобрановым (1925):

1) Поздно распускающаяся форма распускает свои листья на месяц позднее, и поэтому выходит из области поздних весенних заморозков. Выход цветения его из периода суховея на юге и юго-востоке СССР обуславливает его лучшее плодоношение.

2) Окончание вегетационного периода у обеих форм одновременно, поэтому *f. tardiflora* имеет более короткий вегетационный период. У этой формы развивается и меньшее количество листьев.

3) Энергия роста и энергия ассимиляции у *f. tardiflora* значительно выше, чем у *f. praecox*.

4) Поздно распускающийся дуб не побивается весенними заморозками, почему его рост в высоту гораздо правильнее, ствол прямой, полнодревесный, кро-

на сжатая, высокоподнятая, тогда как у рано распускающегося дуба, вследствие повреждения его годовичных побегов заморозками, крона широкая, раскидистая, рост ствола неправильный.

5) Поздно распускающийся дуб обладает более быстрым ростом в молодости, чем рано распускающийся, причем высота его в 1,5 раза больше высоты последнего.

6) Поздно распускающийся дуб обладает меньшей побегопроизводительной способностью, по сравнению с рано распускающимся, что находится в связи с меньшей способностью его к образованию почек.

7) У поздно распускающегося дуба древесина более высоких технических качеств, плотность ее больше. Поздно распускающаяся раса является устойчивой против повреждений такими бичами дубовых лесов, как шелкопряд, златогузка, дубовая листовертка, мучнистая роса и пр.

8) Все эти особенности поздно распускающейся формы передаются по наследству.

2.1.1. Подвиды дуба черешчатого

Quercus. robur ssp. robur – дуб черешчатый подвид черешчатый

В Европе распространен повсеместно, кроме крайнего севера и северо-востока. Восточная граница ареала этого подвида почти не выходит за пределы Европы: в западном Предуралье она проходит от г. Воткинска Удмуртской республики через селения Частые – Уинское – Орда – Сыра Пермской обл., г. Ачит Екатеринбургской обл. и по Зилаирскому плато Южного Урала. В Юго-Западной Азии распространен в Северном Кавказе; 300 – 1400 м над уровнем моря.

Quercus. robur ssp. robur эдификатор равнинных лесов Западного Предкавказья и лесных островков лесостепи, а также пойменных лесов по всему Северному Кавказу. В предгорьях (до 500 м над уровнем моря) – лесообразующая порода на пологих водоразделах и склонах с достаточным увлажнением.

Цветет в мае одновременно с распусканием листьев; желуди созревают в октябре. Рано- и поздне распускающиеся формы черешчатого дуба различаются

по времени цветения на 2–4 недели. Хорошо переносит сильные морозы (до – 52 °С) и временное затопление при росте в пойменных лесах (Чеведаев, 1963).

Северная граница ареала *Q. robur ssp. robur* обусловлена конкурентными взаимоотношениями с елью и физиологической сухостью местообитаний, юго-восточная – глубиной снежного покрова: его корни вымерзают при температуре верхних слоев почвы – 7 – (– 14) °С (Чеведаев, 1963).

Высококачественная древесина *Q. robur ssp. robur* используется в строительстве, столярном и мебельном производствах, для изготовления облицовочной фанеры, дорогой мебели, винодельческих бочек, в вагоно- и судостроении.

Q. robur ssp. imeretina – дуб черешчатый подвид имеретинский

Юго-западная Азия: низинные леса колхидского сектора Эвксинской провинции, главным образом в пределах Рионской низменности, где он на речных террасах (0–400 м над уровнем моря) образует чистые или смешанные дубово-широколиственные леса.

Имеются резко выраженные ренне- и позднераспускающиеся формы с интервалом начала распускания 15–20 суток.

Разводится в лесных культурах в России, Грузии, Украине.

Q. robur ssp. pedunculiflora – дуб черешчатый подвид ножкоцветный

В субсредиземноморской Восточной Европе произрастает на Балканском полуострове, в причерноморских районах, в Крыму. Юго-Западная Азия: Западный Кавказ (по северному склону на восток до Краснодара), Восточный Кавказ – горносредиземноморский пояс и лесостепная Анатолия; среднегорный пояс северных районов Армено-Иранской провинции Ирано-Турана; 0–1800 м над уровнем моря.

На Западном Кавказе насаждения с участием этого подвида очень редки, встречаются небольшими выделами в долинах с плодородными почвами и на шлаках обычно в виде сложных дубрав со вторым ярусом из граба и липы.

На равнинах и предгорьях Закавказья леса *Q. robur ssp. pedunculiflora* являются зональными только в Кахетино-Авторанской долине, где выпадает осадков до 900 мм в год, в остальных же местах развиваются локально при высоком

уровне грунтовых вод; в основном это тугайные и примыкающие к ним леса. В Иране попадаетея спорадически на низменностях Прикаспия.

Сравнительно быстро растущий дуб. В благоприятных условиях (при достаточно длительном вегетационном периоде и хорошем почвенном увлажнении) за год дает 2-3 прироста и имеет годовые кольца до 1см ширины.

2.2 Дуб скальный

Ареал дуба скального (*Q. petraea* L. ex Liebl.) занимает Приатлантическую Европу от Пиренейского полуострова на западе, включает Британские острова, юг Норвегии и Швеции, в СССР - Калининградскую область, Литву, западную часть Белоруссии, Правобережную Украину, Крым, Кавказ, далее – север Ирана (Эльбурс) и Малой Азии, Балканский и Апеннинский полуострова (прил. Б рис. Б.5). Дуб скальный в пределах своего обширного мозаичного ареала произрастает в широколиственно-сосновых лесах Северной и Центральной Европы совместно с дубом черешчатым, липой, грабом, буком и березой; доминирует совместно с дубом черешчатым в дубовых лесах Приатлантической, Центральной и Восточной Европы; южнее, в листопадных средиземноморских дубовых лесах (Коровин, Оганесянц, 2007).

Дуб скальный – дерево первой величины. В оптимальных условиях растет в виде высокого (до 38 м), стройного дерева с характерным малосбежистым стволом. Кора на стволе светло-серая, довольно тонкая, тоньше, чем у других видов дуба; продольные трещины на ней короткие и неглубокие. Крона менее раскидиста и более ажурна, чем у дуба черешчатого. Ее компактность вызвана меньшим количеством крупных скелетных ветвей, малым углом прикрепления их к стволу и расположением в самой верхней части ствола, как у всех светолюбивых пород.

Побеги текущего года голые, в одревесневшем состоянии красновато-бурые, почки удлиненные, округлые или заостренные, 5–8 мм длины. Листья обратнойцевидные или эллиптические, 7–15 см длины, 3–10 см ширины, слегка сердцевидные, усеченные или слабо клиновидные у основания, снабжены 5-8 парами цельнокрайних или зубчатых коротких (до 1/2 ширины полуластинки, редко больше) лопастей. Нижняя поверхность листьев несет тонкое,

рассеянное опушение звездчатыми, простыми и редуцированными волосками длиной 50-100 мкм. Опушение более выражено по жилкам. Черешки листьев длиной 15–30 мм.

Желуди желто-бурые или коричневые, однотонные, с шишиком на вершине, почти сидячие или на очень коротких, всегда менее длины черешка листа, толстых плодоносах. Плюска округлая, полушаровидная или слегка уплощенная, толстостенная, покрыта яйцевидными или широколанцетными, слегка опушенными чешуями с острым буроватым кончиком (Малеев, 1935, 1936; Меницкий, 1971).

Распускание почек, рост побегов и листьев и цветение у дуба скального в одинаковых погодных условиях начинается позднее на 2–4 дня, чем у дуба черешчатого.

Эдафический оптимумом дуба скального – легкие, бурые, достаточно глубокие почвы (Грудзинская, 1953; Зонн, 1950). Достигая в условиях экологического оптимума наилучшего развития, дуб скальный вместе с тем нетребователен к богатству и влажности почвы; почвенные условия определяют его бонитет – от высокого до иногда крайне низкого. Корневая система довольно пластична. На легких мощных и богатых почвах дуб развивает мощную корневую систему; на тяжелых мало проницаемых почвах развивается поверхностная корневая система. Характерной особенностью дуба скального является его приуроченность к силикатным, бедным известью почвам.

Согласно С.В. Волкову и В.Н. Егорову (1977) древесина дуба скального на Северном Кавказе имеет третий класс товарности. Высота стволов дуба возрастает примерно до 80 лет, дальше прирост в высоту незначительный. Выход деловой древесины в древостоях III бонитета увеличивается с 26 % с 20 лет и до 50 % в 100 лет. Крупные деловые сортименты могут формироваться начиная с 50 лет. Наибольший выход деловой древесины в насаждениях III бонитета в 70 лет – до 80 %.

Дуб доживает до глубокой старости и достигает громадных размеров; он долго сохраняет свою порослевую способность, которой широко пользуются в лесном хозяйстве для получения порослевых древостоев (Сукачев, 1938).

2.3 Дуб монгольский

Дуб монгольский – *Q. mongolica* Fisch. ex Ledeb., по Ю.Л. Меницкому (1984), – дерево, в благоприятных условиях достигающее 27 м высоты и 1 м в диаметре, но чаще до 15 м высоты и до 0,3 м в диаметре ствола, с кроной обычно неправильной формы, с толстой серой или черной глубоко продольно трещиноватой корой и голыми побегам. Листья обратнойцевидные, 8 (12)–15 (25) см длины, (5) 7–(10) 15 см ширины, сверху голые, снизу почти голые или редко опушенные простыми (по жилкам) и звездчатыми (по пластинкам) волосками, с 8–12 парами параллельных вторичных жилок, идущих в заостренные или притупленные короткие зубцы, с черешками до 0,3–1 см длины. Плюски почти сидячие, от полушаровидных до блюдцевидных, с уплощенными или вздутыми опушенными чешуйками, до 1,5–2 см в диаметре; желуди эллипсоидальные, 1,5–2 см длины, 1–1,5 см в диаметре.

Распространен в Восточной Азии: Китай (Маньчжурская флористическая провинция), полуостров Корея, Япония (от Хоккайдо до Кюсю); Россия (Дальний Восток, Сахалин и южные Курильские острова); 0–1700 м над уровнем моря (прил. Б. рис. Б.6).

Дуб монгольский ветроустойчив; кроме глубокого стержневого, хорошо развиты боковые корни. Зимостоек, выдерживает температуры до -50°C и ниже. Растет медленно, особенно в первые годы. Светолюбив, уступает в этом лишь березе и осине: не переносит верхового затенения, боковое же отенение подгоняет его в росте и способствует очищению от сучьев, лучшему формированию ствола и его полндревесности.

Растет на различных почвах, за исключением заболоченных, переувлажняемых и затопляемых паводками. Участвует в сложении разнообразных типов леса. Лучше всего развивается на свежих, глубоких и плодородных почвах предгорий и пологих горных склонов южных, юго-восточных и юго-западных экспозиций.

Возобновляется семенами и пневой порослью.

Древесина кольцесосудистая, ядровая, с узкой светлой заболонью и темно-бурым ядром, твердая прочная упругая и тяжелая, с красивой текстурой и

отчетливо заметными на всех разрезах широкими сердцевидными лучами (Коровин, Оганесянц, 2007).

2.4 Дуб каштанолистный

Дуб каштанолистный – *Q. castaneifolia* С.А. Меу. – дерево, достигающее 50 м высоты и 1,5 м в диаметре, с широкопирамидальной кроной, с темной, глубоко растрескивающейся корой и мелко опушенными побегами. Листья продолговато-эллиптические, заостренные или округлые у основания, 7–18 см длины, 3–4 см ширины, снизу мелко опушенные беловатыми звездчатыми волосками, с 8–15 парами параллельных боковых жилок и с 7–12 (14) парами коротких (1/5–1/4 ширины полупластинки) остроконечных зубцов, с черешками 1–1,5 (2) см длины и сохраняющимися прилистниками.

Плоды сидячие, плоски полушаровидные, с длинными, узкими, отогнутыми в стороны или назад чешуйками с уплощенными краями (у некоторых форм базальные чешуйки широкотреугольные и имеют только на конце утонченный оттопыренный кончик); желуди эллипсоидальные, 2–3,5 см длины. Важная лесообразующая порода горных гирканских лесов (прил. Б. рис. Б.7).

Распространен в Юго-Западной Азии: восточные склоны Талышских гор; северные склоны Богровдага и Эльбурса; прикаспийский Дагестан и Азербайджан, а также южные склоны восточной оконечности Главного Кавказского хребта – бывший Исмаиллинский район Азербайджана (прил. Б. рис. Б.8).

По З.А. Новрузовой (1965) дуб каштанолистный – вид теплолюбивый при значительной экологической пластичности и светолубивый, приурочен к умеренно-засушливым местообитаниям с желтоземовидными оподзоленными лесными почвами различной мощности, часто скелетными.

Цветет в апреле – начале мая одновременно с распусканием молодых листьев, плодоносит на низменностях в августе – сентябре, в горах – в октябре. Обильные урожаи дает через 2–3 года на низменностях и через 3–4 года в горах. Вегетационный период длится 230–300 суток, за это время дуб дает 2–4 ростовых побега. Быстро растет и хорошо возобновляется порослью до 60 лет. К 50 годам достигает высоты 25 м, к 100 – 30 м и 1.3 м в диаметре, к 300 годам – 45 м

и 1.5 м в диаметре. Большие деревья в горных лесах образуют досковидные корни.

Древесина красноватая, без резкого различия между заболонью и ядром. Она легко колется и обрабатывается, обладает высокой прочностью, но растрескивается и коробится при сушке.

Культивируется в Западной Европе и США; в парках, дендрариях и ботанических садах России, Украины, Белоруссии, Закавказья и Средней Азии. Благодаря засухоустойчивости и быстрому росту широко используется в полезном лесоразведении в Муганской степи Азербайджана.

2.5. Дуб белый

Q. alba L. – дуб белый – дерево до 25 м, иногда до 40 м высоты, с широко раскидистыми ветвями и шатровидной кроной. Кора ствола и ветвей светло-серая, иногда почти белая, с трещинами. Побеги тонкие, сначала красновато-зеленые, опушенные длинными бледно-рыжеватыми волосками, потом красно-бурые, покрытые сизоватым налетом и на втором году пепельно-серые. Почки широко овальные, тупые, темно-красно-бурые, около 3 мм в диаметре. Листья продолговато-овальные, к основанию постепенно суживающиеся, узкоклиновидные, глубоко, иногда почти до средней жилки, разделенные узкими выемками; боковых лопастей обычно 3 пары, они вперед направленные, косые, нижние короткие, почти треугольные или полуовальные, следующие более длинные, цельнокрайние или у верхушки с небольшими боковыми лопастями; конечная лопасть короткая, обратнойцевидная, иногда неглубоко 3-лопастная, как и боковые, на конце округленная; на сильных порослевых побегах листья иногда только неглубоко выемчато-лопастные или даже цельные (прил. Б. рис. Б.9).

При распускании листья ярко-красные, опушенные, потом серебристые, а вполне выросшие – голые, ярко-зеленые, снизу сизоватые, осенью долго остающиеся на дереве и тогда ярко-красные; 12–20 см длины и 6–10 см ширины.

Желуди удлинено-овальные, блестяще-каштановые, до 2,5 см длины, на плодоносах до 5 см длины или почти сидячие. Плюска охватывает желудь до 1/4 его длины. Чешуйки плюски сильно утолщенные, выше почти плоские, у основания густо опушенные, заканчивающиеся тупым перепончатым кончиком.

Область распространения: Сев. Америка – от Мена и юго-западного Онтарио на запад до Миннесоты, Индианы и Канзаса и на юг до Техаса и северной Флориды (прил. Б. рис. Б.10).

На севере образует леса с *Pinus strobus* на сухих почвах, на юге растет на свежих почвах с различными лиственными породами и достигает более крупных размеров.

У нас введен Никитским ботаническим садом в 1819 г.; размножался прививкой на *Q. pubescens*. Указывается также для Батумского ботанического сада. Испытывался в Санкт-Петербурге, где сильно страдал от морозов; в Латвии плодоносит; известен в Таллине – в вегетативном состоянии, на Украине – в дендропарке Тростянец цветет. Районы его возможной культуры – Белоруссия, Украина, Курская и Воронежская обл., Сев. Кавказ.

Один из наиболее красивых североамериканских дубов; заслуживает распространения. Желуди его прорастают очень быстро после созревания, иногда даже на дереве; поэтому их нужно сеять возможно скорее и пересылать не желуди, а молодые растения.

Древесина является одной из важнейших промышленных древесин Северной Америки; используется при кораблестроении, для сельскохозяйственных орудий и пр. В США является основным сырьем для изготовления винодельческих бочек. Для этих же целей древесина этого вида дуба идет на экспорт.

ГЛАВА 3. СТРУКТУРА ДРЕВЕСИНЫ РОДА *QUERCUS* L.

3.1 Основные особенности строения древесины секций *Quercus*, *Erythrobalanus*, *Heterobalanus* и *Cyclobalanoides*

Древесина дуба состоит из члеников сосудов (15—28 %), сосудистых и волокнистых трахеид, волокон либриформа (51—58%), клеток тяжелой и лучевой паренхимы (14—21 %), общий объем клеточных оболочек (процент плотной массы) – 28 %. Сосуды ядра у большинства видов (кроме *Cyclobalanoides* и некоторых *Erythrobalanus*) заполнены тилами и служат только в качестве резервуаров воды (Туманян, 1953).

По расположению сосудов дубы разделяются на группы кольцесосудистых, радиальнососудистых и рассеяннососудистых видов. К первой относятся листопадные дубы, распространенные в странах с умеренным климатом или в тропических и субтропических областях, где имеется зимний период прекращения вегетации и листопад (подроды *Quercus* и *Erythrobalanus*); ко второй и особенно третьей – вечнозеленые виды подродов *Heterobalanus* и *Cyclobalanoides*. У видов с кольцесосудистой древесиной имеется более или менее резкий переход от очень мелких осенних сосудов (30–90 мкм в диаметре) к очень широким весенним (100–300 мкм), поэтому у них хорошо выражены годовичные кольца. Мелкие летние сосуды рассеяны у видов этой группы в радиально очерченных пучках осевой паренхимы, имеющих веретеновидную, или «пламенную», форму.

У различных видов дуба распределение сосудов часто бывает очень отчетливым, и древесина может быть отчетливо кольцесосудистой; со слабо выраженной кольцесосудистостью и некольцесосудистой, с рисунком или рассеяннососудистой. У кольцесосудистых видов крупные просветы сосудов ранней древесины расположены в основном одиночно или сближено, реже сомкнуты в небольшие группы. Кольцо просветов обычно состоит из двух, трех, реже четырех слоев. У некоторых видов в ранней части годовичного слоя образуется прерывистое кольцо просветов, составленное из редких сосудов, расположенных в 1–2 слоя. В поздней древесине узкие просветы вместе с сосудистыми трахеидами со-

здают рисунок весьма различных типов, отличия между которыми могут иметь диагностическое значение. Переход от ранней древесины к поздней резкий или постепенный, в зависимости от более или менее резкого уменьшения диаметра просветов. Граница годичного слоя обычно хорошо выражена, так как в конце годичного слоя, как правило, заметна полоска сплюснутых в радиальном направлении элементов древесины – терминальная древесина, состоящая из 2–4, реже 5–6 слоев волокон либриформа и клеток древесной паренхимы. Относительное участие тех или иных элементов в терминальной древесине различно у различных видов и может иметь диагностическое значение. В некоторых случаях, например, у *Q. castaneifolia* терминальная древесина почти целиком состоит из клеток древесной паренхимы. У некольцесосудистых древесин просветы расположены или организовано – в виде косых линий (подрод *Cyclobalanoides*), или в виде суживающихся по направлению к поздней границе годичного слоя полосок («шляма»), например, некоторые виды секции *Cerris* подрода *Quercus*, или же более или менее явно рассеяно (некоторые виды секции *Ilex* подрода *Heterobalanus*). У многих видов с некольцесосудистой древесиной граница годичного кольца очень плохо выражена и полоска терминальной древесины отсутствует.

Очертания просветов округлые, овальные или, редко, угловатые (в поздней древесине некоторых видов подрода *Quercus*). Тангентальные и радиальные диаметры сосудов в большинстве случаев несколько различны и радиальные диаметры сосудов всегда, или почти всегда, превышают тангентальный, так что просветы обычно несколько вытянуты в радиальном направлении (Яценко-Хмелевский, 1978).

По А.А. Яценко-Хмелевскому (1978) членики сосудов от довольно коротких до средних; диаметры широких члеников ранней древесины средние, довольно большие или очень большие, диаметры узких члеников поздней древесины – очень малы или довольно малые. Членики иногда снабжены клювами, но часто клювы отсутствуют. Межсосудистая поровость очередная; поры мелкие или средние, свободные или, реже, сближенные, с округлыми или овальными окаймлениями и с вытянутыми или сильно вытянутыми щелевидными окаймлениями, доходящими до границы окаймления или пересекающими, реже отвер-

ствия пор округлые, не достигающие до окаймления (преимущественно у видов подрода *Erythrobalanus*). Перфорации сосудов в зрелой древесине исключительно простые, округлые или овальные, расположенные на перпендикулярных или более или менее скошенных поперечных стенках. В молодой древесине (в первом годичном кольце) изредка могут быть отмечены лестничные перфорации с очень незначительным (1–2) числом перекладин. Спиральные утолщения на стенках сосудов отсутствуют.

Сосудистые трахеиды, являющиеся у дуба главным образом водопроводящими элементами, а не элементами механической ткани, хорошо отличимы от волокнистых трахеид и волокон либриформа. По ширине стенки сосудистых трахеид густо (обычно в два ряда) расположены окаймленные поры, подобные порам сосудов поздней древесины. Сосудистые трахеиды средней длины, несколько длиннее члеников поздних сосудов, но намного короче волокон либриформа. У подрода *Cyclobalanoides* сосудистые трахеиды редки и обычно очень толстостенны.

Лучи гомогенные, 2 типов: узкие (1–3-рядные) и широкие (15–30-рядные), до 3 см высоты. Широкие лучи у подродов *Cyclobalanoides* и *Heterobalanus*, а также у некоторых наименее специализированных видов подродов *Quercus* (*Q. pontica*, *Q. hartwissiana*, *Q. mongolica* и др.) и *Erythrobalanus* более примитивного типа – агрегатные, т. е. состоят из более узких, сближенных между собой пучков лучевой паренхимы, разделенных прослойками трахеид, либриформа и древесной паренхимы (Eames, 1910; Williams, 1942a, 1942b; Туманян, 1953); у продвинутых видов подродов *Quercus* и *Erythrobalanus* широкие лучи однородные, или сложные (compound – тип), или реже сложные в сочетании с агрегатными, до 0.7 мм шириной и до 3 см высоты. Они хорошо видны невооруженным глазом, и благодаря им древесина дуба имеет специфичный красивый рисунок из чередующихся матовых или блестящих полос, более светлых, чем ее основной фон. Для многих дубов характерно отсутствие промежуточных типов лучей между широкими и однорядными (Яценко-Хмелевский, 1948).

По С.А. Туманян (1953), у дубов имеется только апотрахеальная паренхима: метатрахеальная паренхима образует короткие или сравнительно длинные

прерывающиеся или непрерывные тангентальные линии; кроме нее, встречается и диффузная паренхима. Шимаджи (Shimaji, 1962) признает наличие у дубов подродов *Quercus* и *Cyclobalanoides* и паратрахеальной – вазоцентрической паренхимы, обычно смешанной с трахеидами, и образующей часть дендритных пучков с летними сосудами у видов первого подрода и большую часть «пламенного» рисунка с встречающимися и в нем сосудами – у второго.

Для листопадных дубов характерно более раннее прекращение камбиальной активности в лучах, чем в других участках древесины, поэтому на поперечных срезах наблюдается загибание годичных колец внутрь лучей (Eames, 1910; Яценко-Хмелевский, 1948; Туманян, 1953).

Летне-осенняя зона годичного кольца дубов умеренного климата заполнена, кроме мелких сосудов, трахеид и паренхимы, главным образом клетками либриформа с толстыми лигнифицированными оболочками. В весенней зоне волокон либриформа меньше, так как больший объем здесь занимают крупные сосуды.

Кристаллы оксалата кальция иногда встречаются и в клетках лучей, и в клетках древесной паренхимы. Камедные ходы и вместилища отсутствуют, ярусного расположения элементов нет.

Согласно А.А. Яценко-Хмелевскому (1978) строение древесины в пределах рода *Quercus* довольно значительно варьирует. Подрод *Cyclobalanoides*, некоторыми систематиками рассматриваемый как отдельный род, отличается от всех остальных дубов многими, вполне резко выраженными признаками строения. Сосуды у циклобаланосов разбросаны рассеянно, в то время как у всех остальных они имеют организованное расположение (в кольце просветов или в определенном рисунке, как, например, у *Q. ilex* и некоторых других), древесная паренхима широко метатрахеальная (скорее фикусного типа), что никогда не встречается у настоящих (подрод *Quercus*) дубов, лучи имеют более или менее отчетливую тенденцию к гетерогенности, древесные волокна в значительной своей части представлены волокнистыми трахеидами. Вся эта совокупность признаков говорит о том, что вечнозеленые дубы Юго-Восточной Азии и прилегающих островов, объединяемые в подрод *Cyclobalanoides*, представляют собой определенный этап (причем, примитивный) в эволюции древесины. Два остальных

подрода – "красные" дубы (*Erythrobalanus*) и "белые" дубы (*Quercus*) несравненно ближе друг к другу, чем к циклобаланосам. Разграничение между ними удаётся с трудом, но все же имеются некоторые признаки, свойственные большинству видов каждого подрода и отсутствующие у другого. Так, для *Erythrobalanus* характерны толстостенные сосуды, очертания которых всегда округлы, в то время как пары пор между клетками лучей и сосудами преимущественно округлые, овально-вытянутые в вертикальном направлении или округлые. У "белых" дубов, наоборот, сосуды почти всегда тонкостенные, в поздней древесине иногда в сечении несколько угловатые, пары пор между клетками лучей и сосудами средние или мелкие, округлые, иногда окаймленные, с узким окаймлением.

Отличия в строении древесины "белых" и "красных" дубов не всегда достаточно отчетливы и в некоторых случаях могут быть невыраженными. Тем не менее эти отличия указывают, что оба подрода настоящих дубов являются естественными группами, имеющими каждая свой определенный тип эволюции ксилемы.

У обоих подродов всегда имеются довольно отчетливые отличия между видами с опадающей листвой и вечнозелеными. Вечнозеленые дубы, как правило, не бывают кольцесосудистыми, в то время как дубы с опадающей листвой всегда имеют более или менее отчетливо выраженное кольцо просветов. Эти отличия представляются вполне естественными, так как давно уже установлена связь между наличием кольца просветов в древесине и характером распускания листвы.

В пределах каждого подрода отдельные виды или группы видов могут отличаться друг от друга по форме и количеству пор у клеток лучей, находящихся на пересечении с сосудами, количеству клеток в тяжах древесной паренхимы, наличию тил в заболони, расположению сосудов и т. д. Расположение сосудов в поздней древесине является довольно варьирующим признаком, на которое оказывают влияние и условия местопроизрастания, и возраст дерева. Тем не менее, некоторые виды довольно константно характеризуются определенным типом рисунка сосудов в поздней древесине. Предварительная классификация рисунка сосудов показывает наличие следующих более или менее четко выраженных типов:

а) узкое или относительно широкое пламя, несколько изогнутое и к концу годичного слоя суживающееся (*Q. castaneifolia*, *Q. dilatata*);

б) более или менее широкое, высокое, изогнутое или часто прямое пламя, к концу слоя суживающееся и дихотомически разветвляющееся (*Q. hartwissiana* и отчасти *Q. macranthera*);

в) узкое, высокое, изогнутое, иногда прерывающееся пламя к концу годичного слоя дихотомически разветвляющееся (*Q. longipes*, отчасти *Q. bicolor*);

г) широкое пламя, наряду с высокими дендритами (*Q. imeretina* и отчасти *Q. glandulifera*);

д) широкое высокое пламя, к концу годичного слоя расширяющееся (*Q. prinus*);

е) невысокие, часто дихотомически разветвляющиеся дендриты, наряду с узким, иногда прерывающимся пламенем (*Q. mongolica*);

ж) невысокие дендриты, к концу слоя несколько или значительно расширяющиеся (*Q. alba*, *Q. robur*, *Q. petraea*);

з) невысокие, косые, изогнутые или прямые дендриты (*Q. iberica*);

и) низкие широкие дендриты (*Q. pontica*).

В древесине дуба, как и у всех кольцесосудистых пород, соотношение элементов очень меняется в зависимости от ширины годичного слоя. В качестве общего правила можно считать, что уменьшение радиального прироста и, следовательно, образование узкого годичного кольца сопровождается более или менее полным выпадением поздней древесины. Однако эта «реакция на угнетение» во все не является автоматической. Детальные исследования, произведенные В. Е. Вихровым и Л.М. Перельгиным (Вихров, Перельгин, 1949; Вихров, 1954) над древесиной черешчатого дуба (*Q. robur*) из Теллермановского лесничества (Воронежская обл.) показали, что состав годичного кольца дуба находится в строгом соответствии с конкретными условиями внешней среды. Так, например, строение ранней зоны годичного слоя одинаково у дуба из нагорной части лесничества и у дуба солонцеватых почв, тогда как строение поздней древесины у них различное. Это объясняется тем, что водный режим весной в дубравах обоих типов более или менее одинаков, в то время как летом дуб на солонцеватых почвах испытывает некоторый дефицит влаги в почве, что не свойственно нагорным

дубравам. В результате у солонцового дуба летом образуется узкая поздняя древесина из элементов меньшего сечения и с большим количеством просветов, а у нагорного дуба, не испытывающего недостатка в воде, прирост в толщину совершается более равномерно, и летом образуется хорошо развитая поздняя часть годичного слоя.

В большинстве случаев широкие годичные слои заключают большой процент поздней древесины. Однако существуют такие комбинации внешних условий, при которых узкие слои также имеют относительно высокий процент плотной массы древесины. Поэтому сам по себе признак ширины годичного слоя не всегда является показателем механических свойств древесины.

Поздняя древесина, в которой крупные сосуды отсутствуют, по своим физическим и механическим свойствам значительно отличается от ранней.

Условия произрастания оказывают влияние не только на ширину и сложение годичного кольца, но также и на размер ядра и сроки его возникновения. В.Е. Вихровым установлено, что в условиях Теллермановского лесничества наличие ядра констатировалось у пойменного дуба в молодых стволах 5–7-летнего возраста, у нагорного в возрасте 7–9 лет и, наконец, позднее всего образовалось ядро у дуба, выросшего на солонцовых почвах – в возрасте 10–13-ти лет. В соответствии с этим различна и площадь заболони, измеряемая на поперечном распиле ствола. У солонцового дуба ядро занимает наименьший размер и заболонь составляет в среднем 42 % всей площади сечения ствола. У нагорного дуба заболонь занимает 19 % площади сечения ствола, в то время как у пойменного дуба ядро наиболее развито и площадь заболони равна только 12 % всей площади торца.

3.2 Строение древесины видов дуба

3.2.1 Макроструктура стволовой древесины

Сведения о макроскопических структурных особенностях, рассматриваемых нами видов дуба, не считая дуба черешчатого, в большинстве случаев кратки и отрывочны. Макроструктура является весьма важным показателем степени пригодности древесины для изготовления винодельческих бочек. Большое значение имеет ширина заболони, ширина радиальных годичных приростов, равно-

мерность годовичных колец, цвет ядровой древесины, реагирующий на начальные стадии повреждения дереворазрушающими грибами, и ряд других показателей.

В данном разделе частично рассматриваются физико-механические свойства древесины дуба, так как они тесно связаны со структурой. В этом аспекте дуб черешчатый изучен значительно лучше, чем другие произрастающие на территории СНГ виды дуба. Крупный вклад внес в это направление исследований В.Е. Вихров (1949, 1950, 1953, 1954; Вихров, Перельгин, 1949 и др.). В.Е. Вихров установил тесную связь изменчивости анатомических, макроскопических и физико-механических свойств древесины дуба с условиями произрастания.

3.2.1.1 Дуб черешчатый

Дуб черешчатый – ядровая порода с хорошо выраженным темно-бурым или желтовато-коричневым ядром и с неширокой (1–4 см) белой или светло желтой заболонью.

Сердцевина имеет неправильную форму пяти- или шестиконечной звезды.

Древесина кольцесосудистая. Годичные слои, состоящие из ранней и поздней древесины, хорошо заметны на всех срезах.

Ранняя древесина, слагающаяся преимущественно из нескольких рядов хорошо видимых невооруженным глазом крупных сосудов, образующих на поперечном разрезе сплошное кольцо, светлее поздней.

На продольных разрезах ранняя древесина годовичных слоев наблюдается в виде темных бороздок (образующихся при рассечении сосудов), заполненных «зернистым» содержимым, представляющим собой тилы крупных сосудов.

Поздняя древесина темная и плотная. На поперечном разрезе в поздней части годовичного слоя выступают светлые радиальные пламевидные полосы, состоящие из групп сосудов небольшого диаметра.

Широкие сердцевинные лучи хорошо заметны на всех разрезах. Кроме широких сердцевинных лучей, присутствуют и узкие, в основном однорядные лучи, неразличимые без помощи микроскопа (прил. В. рис. В.11).

Ядро и заболонь. Заболонная древесина не должна присутствовать в бочарной клепке. Округленно можно считать, что процент ядра и заболони состав-

ляет у дуба соответственно 80 и 20 %. Ширина кольца заболони колеблется в более широких пределах, составляя от 10 до 16 мм (Чеведаев, 1963).

Ширина заболони дуба по высоте (от комля к вершине дерева) изменяется незначительно. Наиболее узкая заболонь расположена в нижней части ствола, ближе к кроне наблюдается тенденция к некоторому увеличению ее ширины. Однако это увеличение незначительно и неравномерно. Ранее всего происходит образование ядра у пойменного дуба, а затем у нагорного.

У солонцового же дуба этот процесс значительно задерживается. Пойменный дуб имеет наиболее узкую заболонь, слагающуюся из 5–7 годичных слоев, а солонцовый – наиболее широкую, из 10–16 слоев. Заболонь нагорного дуба, не отличаясь по ширине от солонцового, состоит из 7–9 годичных слоев древесины.

Ширина заболони и средняя ширина годичных слоев древесины, слагающих заболонь, у деревьев III и IV классов роста вдвое меньше, чем у деревьев I и II классов. Процент поздней древесины постепенно уменьшается от I класса роста деревьев к IV классу. Это указывает, что деревья I и II классов роста имеют наиболее прочную древесину.

Число годичных слоев, слагающих заболонь, у деревьев разных классов роста имеет сравнительно небольшие колебания и не обнаруживает определенной закономерности.

Таким образом, ширина заболони, ширина годичных слоев, процент поздней зоны в слое годичного прироста и объемный вес древесины уменьшаются у деревьев от I класса роста к IV. Так как процент поздней части годичного слоя и объемный вес у деревьев I и II классов роста значительно выше, чем у деревьев III и IV классов, можно с уверенностью сказать, что основные физико-механические показатели древесины в одном и том же насаждении больше у деревьев, принадлежащих к I и II классам, чем у деревьев, отставших в росте.

Влажность древесины ядра у растущего дуба, в зависимости от условий произрастания и положения в стволе, колеблется от 40 до 90 %, а заболони – от 60 до 80 %. У дуба, как и у других лиственных ядровых пород, не наблюдается (как это имеет место у хвойных) резкого различия во влажности древесины между заболонью и ядром. Колебания влажности древесины более значительны в ядре и менее выражены в заболони.

Степень влажности древесины, а также характер распределения воды в стволе деревьев по их высоте и радиусу, зависят от условий произрастания.

У деревьев, растущих на сухих (южный склон) или солонцеватых почвах, ядро менее влажно, чем у деревьев, произрастающих на более влажной почве (нагорная дубрава на темно-серых суглинках) и же почвах с избыточным увлажнением (пойма).

У растущих дубов влажность древесины ядра колеблется в связи с сезонными изменениями условий произрастания (влажности почвы) и интенсивностью транспирации. Так в ядре дуба в осенний период количество воды увеличивается, в летний – уменьшается. Способность накапливать в ядре воду, а затем использовать ее при возникновении дефицита во влаге, является весьма важным, жизненно необходимым свойством, повышающим засухоустойчивость дуба.

Внутренняя заболонь. Виды дуба, равно как и некоторые другие виды древесных растений, иногда образуют так называемую внутреннюю заболонь. Такое макроструктурное отклонение от нормы представляет собой случай, когда при рассмотрении на поперечном распиле ствола несколько смежных годичных слоев или, в отдельных случаях, участков серповидной формы, сходные по цвету и другим признакам с заболонью, расположены внутри ядровой древесины. На торцах круглых сортиментов внутренняя заболонь заметна в виде одного, а иногда и нескольких концентрических светлых колец, из которых каждое включает несколько годичных приростов (прил. В. рис. В.12).

Внутренняя заболонь чаще всего возникает у отдельно стоящих деревьев, особенно на бедных и сухих почвах. Считается, что причиной ее возникновения является повреждение камбиальной зоны морозом.

Внутренняя заболонь отличается от ядровой древесины меньшей устойчивостью к повреждению грибами и ксилофильными насекомыми. Сосуды такой древесины не заполнены тилами, поэтому она сравнительно легко пропускает жидкости. По плотности внутренняя заболонь не отличается от нормальной заболонной древесины, а усыхает несколько больше, чем ядровая. Механическая прочность практически не отличается от прочности ядра.

Внутренняя заболонь является серьезным пороком в сортиментах для изготовления винодельческой клепки.

Годичные слои. Годичные слои древесины дуба состоят из ранней и поздней древесины. Ранняя древесина годичного слоя, откладываемая в начале вегетационного периода, состоит из крупных сосудов, хорошо видимых без помощи лупы и трахеид, а поздняя древесина – наружная часть годичного слоя – из мелких сосудов, древесных волокон и древесной паренхимы (прил. В. рис. В.13). Чем шире годичные слои, тем больше процент поздней древесины, а объемный вес и прочность древесины дуба – выше. Подобными соотношениями широко пользуются для суждения о прочности древесины дуба при отборе высококачественных материалов.

Большое влияние на ширину годичных слоев оказывает возраст деревьев. У деревьев ширина годичных слоев по радиусу ствола нормально увеличивается до известного максимума, после которого она уменьшается. В связи с этим ширина годичных слоев значительно зависит от места нахождения древесины в стволе. У одиноко стоящих деревьев ширина слоя возрастает к основанию ствола, а у деревьев, растущих в густом насаждении, напротив, у комля слои уже, чем на некоторой высоте от почвы.

Ширина годичных слоев, а также ширина ранней и поздней древесины по радиусу ствола дуба вначале в общем увеличиваются, достигают известного максимума, а затем постепенно уменьшаются, т. е. с возрастом изменяются по восходящей и нисходящей кривой (Вихров, 1954). Такой характер изменений наиболее ярко выражен у стволов нагорного дуба.

Ширина годичного слоя, процент поздней древесины и характер распределения прироста древесины по стволу дуба зависят также и от условий произрастания (от типов леса):

а) при более благоприятных условиях роста – в нагорной дубраве на темно-серых суглинках, т. е. на достаточно богатой и влажной почве, в смешанном и сложном насаждении дуб имеет наиболее широкие годичные слои (2,13 мм), а на солонцеватых почвах при недостатке воды – наиболее узкие (1,16 мм).

По высоте ствола у нагорного дуба ширина годичных слоев увеличивается (с 1,88 мм в комле до 2,05 на высоте 5 м и до 2,47 мм в области кроны), у пойменного почти не изменяется, а у солонцового уменьшается (соответственно с 1,38 мм до 1,18 и 0,92 мм).

б) Наименьший процент поздней древесины имеет солонцовый дуб (60 %), у нагорного он несколько больше (67 %), пойменного поздняя древесина развита весьма сильно (79,7 %).

Следует обратить внимание на то, что сами понятия "широкие" и "узкие" годовичные слои весьма неопределенны, относительны. Узкие годовичные приросты в понимании французских лесоводов и бондарей могут представляться средними или даже широкими во многих регионах России. Все зависит от комплекса почвенно-климатических факторов. Условия Франции оптимальны для дуба и там он растет быстрее. В России же находится северо-восточная граница ареала дуба черешчатого, и скального (Коровин, Оганесянц, 2007).

Широкие лучи. У дуба широкие лучи хорошо видны невооруженным взглядом и являются элементами макроструктуры (рис. 13). В среднем на 1 см окружности годовичного слоя у пойменного дуба насчитывается широких лучей 3,43 шт., у нагорного – 2,63, у солонцового – 2,50 шт.. Таким образом, наибольшее количество широких сердцевинных лучей имеется в древесине пойменного дуба, затем у нагорного и меньше всего у солонцового.

На высоте 1,3 м густота широких лучей от сердцевины к периферии вначале возрастает, а затем остается постоянной. При этом наибольшее увеличение густоты сердцевинных лучей наблюдается у пойменного дуба, несколько меньшее – у нагорного и сравнительно незначительное – у солонцового.

На высоте 5 м от почвы у нагорного дуба по радиусу ствола число лучей уменьшается, а затем постепенно возрастает, у солонцового оно снижается, у пойменного – увеличивается.

На высоте 9–11 м у нагорного дуба число лучей от сердцевины к периферии вначале увеличивается, затем значительно уменьшается и на периферии ствола вновь возрастает; у солонцового дуба число лучей уменьшается, а затем остается постоянным; у пойменного вначале оно несколько увеличивается, затем изменяется незначительно.

Условия роста значительно влияют на характер распределения широких лучей по высоте и радиусу ствола деревьев. Например, у нагорного дуба объем широких лучей по высоте ствола почти не изменяется, а у пойменного и солонцового дубов он уменьшается более чем вдвое. По радиусу ствола от сердцевины

к периферии объем широких лучей увеличивается. Особенно большое увеличение наблюдается для пойменного дуба.

Приведенные данные указывают на значительное влияние условий произрастания на содержание и характер распределения широких лучей по радиусу и по высоте ствола. Для виноделия такой показатель как доля широких и узких лучей в древесине ствола имеет немаловажное значение в связи с тем, что лучи содержат основной запас таких экстрактивных веществ как танины и прочие соединения ароматической группы.

Несомненно, что изменения в макростроении древесины, вызываемые условиями произрастания, оказывают свое влияние на ее физико-механические свойства (Вихров, 1954).

Таким образом, на уменьшение ширины заболони, а следовательно, и отходов древесины у дуба (у дуба заболонь – отход, что особенно важно учитывать при изготовлении винодельческой клепки) оказывает благоприятное влияние при богатстве почвы ее сухость, а при бедности – несколько большая влажность. В этих же условиях произрастания дуб черешчатый обнаруживает очень высокие физико-механические свойства древесины. Наоборот, дуб с самой широкой заболонью имеет низкие физико-механические свойства древесины (Чеведаев, 1963).

3.2.1.2 Дуб каштанолистный

В Азербайджане по данным З.А. Новрузовой (1965) характеризуется следующими макроструктурными признаками древесины. Число годичных слоев в 1 см радиуса ствола в среднем горном поясе – 5,8; в нижнем горном поясе – 5,35; на низменности – 4,63. Процент содержания поздней древесины по высотным поясам соответственно – 69,2; 75,03; 78,0. Следовательно, число годичных слоев в 1 см с увеличением высоты над уровнем моря возрастает. Таким образом, лесорастительные условия нижнего и среднего горных поясов способствуют формированию сравнительно узких годичных слоев с большим содержанием поздней древесины. На низменности более широкие годичные кольца образуются за счет ранней древесины (прил. В. рис. В.14).

Здесь прослеживается существенное отличие от дуба черешчатого, у которого в узких годичных слоях преобладает ранняя древесина, состоящая преимущественно из широкопросветных сосудов.

Сравнительно небольшая крепость древесины дуба каштанолистного, растущего на низменности, при высоком содержании ранней части годичного слоя, объясняется содержанием относительно небольшого количества механических тканей (либриформа, волокнистых трахеид) и значительным количеством проводящих элементов.

З.А. Новрузовой выявлена корреляционная зависимость: между содержанием поздней древесины и числом годовых слоев; между объемным весом и пределом прочности при сжатии вдоль волокон, а также между содержанием поздней древесины и числом годовых слоев. Исследования проведены для всех трех высотных поясов. Сравнение данных, показывает, что содержание поздней древесины и ширина годового слоя не всегда могут служить основанием для суждения о крепости древесины той или иной породы. Ширина годичного слоя и содержание поздней древесины являются показателем крепости только для древесины одной и той же или разных пород, выросших в одинаковых лесорастительных условиях. Для древесины деревьев, выросших в различных условиях, эти показатели могут быть ненадежными.

Объемный вес у растений из разных высотных поясов различается незначительно.

3.2.1.3 Дуб скальный

У дуба скального (подвид – дуб грузинский) объемный вес древесины, коэффициенты объемной и линейной усушки близки к этим же показателям у дуба каштанолистного (Новрузова, 1965).

Э.Д. Лобжанидзе (1978), изучая макроструктуру, некоторые анатомические показатели и физико-механические свойства древесины грузинского дуба, обратил внимание на существенные различия этих характеристик у 50-летних растений семенного и порослевого происхождения. Так, средняя ширина годичного кольца у порослевого дуба в 1,44 раза больше, чем у семенного; процент ядра на поперечном срезе – в 1,6 раз; процент поздней древесины несколько больше в

древесине семенного дуба; средний диаметр широкопросветных сосудов в 1,2 раза больше у порослевого; толщина волокон либриформа в 1,4 больше у семенного дуба; объемный вес древесины семенного дуба больше в 1,14 раза, а сопротивление сжатию вдоль волокон больше в 1,4 раза.

Исследованиями М.У. Умарова и О.И. Спивака (1980) показано, что макроструктура и некоторые количественные признаки анатомического строения у дуба скального заметно меняются в соответствии с изменением высоты над уровнем моря. С подъемом в горы происходит значительное сокращение ширины годичных колец, длины сосудистых трахеид и лучевых клеток. и вместе с тем наблюдается увеличение слойности лучей, сокращается высота члеников сосудов и высота клеток лучей; в меньшей мере возрастает число просветов сосудов на единицу площади.

3.2.1.4 Дуб монгольский

Дуб монгольский – типичная кольцепоровая порода с хорошо выраженным бурым ядром и светлой буроватой довольно широкой (1-3 см) заболонью. Годичные слои хорошо видны на всех разрезах. У дуба III-IV бонитетов из Приморского и Хабаровского краев в заболони на высоте груди в среднем 20 годичных слоев и вверх по стволу число их практически не меняется. В нижнем полуметре ядро сильно выклинивается и здесь число заболонных слоев книзу резко возрастает. У дуба V бонитета из Амурской области заболонь содержит 8–10 слоев. В стволе дуба в возрасте 120–150 лет заболонь занимает 20–25 % общего объема. С возрастом и падением прироста по диаметру процентное содержание объема заболони снижается. На торцовом срезе в ранней части годичного слоя широкие сосуды расположены большей частью в один ряд, реже в 2, иногда в 3 ряда. В пределах ядра сосуды сильно затилованы.

Широкие лучи хорошо видны на всех разрезах. Ширина их 0,2–0,4 мм, у деревьев с хорошим ростом достигает 0,6 мм. Высота лучей от 1 до 40 мм, причем у дуба III бонитета средняя высота лучей 10 мм, у дуба V бонитета – 5 мм, т.е. в 5–10 раз ниже, чем у дуба черешчатого. Число широких сердцевинных лучей на 10 см² тангентального сечения 23–50., что значительно больше, чем у дуба черешчатого (Пахомов, 1958, 1965).

Исследование основных технических свойств древесины дуба монгольского проведено лабораторией древесиноведения ДальНИИЛХ (Пахомов, 1965). Для этого были взяты модельные деревья в насаждениях Приморского, Хабаровского краев и Амурской области. Результаты исследования приведены в прил. В (табл. В.1), где для сравнения приводятся также данные по дубу черешчатому.

Исследования показали, что имеются различия в физико-механических свойствах ядровой и заболонной древесины. Объемный вес заболони ниже на 7,5 %. Предел прочности заболони при сжатии и статическом изгибе ниже на 10 %, чем у древесины ядра.

С высотой по стволу наблюдается некоторое снижение показателей физико-механических свойств: при сравнении показателей для древесины на высоте 1,3 и 5,6 м обнаружено снижение объемного веса на 2 %, предела прочности при сжатии и статическом изгибе на 5 %. Древесина широкослойная крепче узкослойной. Отсюда следует, что для особо ответственных изделий предпочтительно применять широкослойную ядровую древесину из нижней части ствола. Древесина ядра отличается стойкостью при службе в неблагоприятных условиях. Имея высокие механические показатели, стойкость против гниения, низкую водопроницаемость и декоративную структуру, ядровая древесина дуба является ценным материалом для множества изделий, в том числе для изготовления винодельческих бочек.

Исследования ДальНИИЛХа (Пахомов, 1965) показали, что содержание дубильных веществ в древесине и коре дуба монгольского ниже, чем у дуба черешчатого: в среднем в заболони – 1 %, в ядровой древесине – 1,4 % и в старой коре – 4,9 %.

Влажность свежесрубленной древесины дуба монгольского характеризуется сезонными колебаниями, достигая максимума в начале вегетационного периода. Ядро и заболонь незначительно различаются по этому показателю (± 10 %). Перед распусканием листьев влажность заболони примерно на 10 % выше, а осенью на 10 % ниже, чем влажность ядра. Средняя влажность древесины ствола 70 %. Объемный вес свежесрубленной древесины в среднем равен 0,99.

3.2.2 Микроструктура стволовой древесины видов дуба

Глубокими исследованиями, проведенными в нашей стране, могут служить работы классиков анатомии растений А.А. Яценко-Хмелевского (Яценко-Хмелевский, Кобак, 1978); Е.С. Чавчавадзе (Чавчавадзе, 1965, 1979; Чавчавадзе, Сизоненко, 2002; Умаров, Чавчавадзе, 1991 и др.), С.А. Туманян (1947, 1953 и др.), (Коровин, Оганесянц, 2007). Определенный вклад в изучение анатомического строения древесины внесли многие другие отечественные специалисты: В.Е. Вихров и Л.М. Перельгин (1949, 1953, 1954); В.К. Ширнин с соавторами (1976, 1980, 1999); Н.Е. Косиченко (1974); Н.Е. Косиченко и В.К. Ширнин (1974) О.В.Абашидзе (1975, 1980); Э.Д. Лобжанидзе с соавторами (1978, 2004); К.Ф. Дьяконов с соавторами (1985) и др. К работам, посвященным анатомии древесины дуба в связи с интересами российского виноделия относятся публикации В.В. Коровина с соавторами (1996, 2002); Л.А. Оганесянца с соавторами (1994, 1995, 1998 и др.), Н.Г. Сарипвили с соавторами (1996, 1996 б), П.А. Аксенова, О.В. Кураковой (2004), П.А. Аксенова с соавторами (2004а, 2004б).

Древесина дуба состоит из сосудов, сосудистых трахеид, волокнистых трахеид, волокон либриформа, лучевой и тяжелой паренхимы (прил. В. рис. В.15). Сосуды ранней и поздней древесины – тонкостенные или толстостенные. Толщина оболочек сосудов от 2,6 до 8,5 мкм в среднем. Толстостенные сосуды характеризуют собой вид *Q. castaneifolia*.

Многие членики сосудов (и поздних, и ранних) снабжены «клювиками», некоторые сосуды без «клювиков» (прил. В. рис. В.16). Межсосудная поровость очередная. Поры мелкие или средние. Расположение пор по стенке сосуда – свободное, или реже поры – сближенные, с округлыми или овальными окаймлениями и с вытянутыми или сильно вытянутыми щелевидными отверстиями, достигающими до окаймления или выходящими за его пределы.

Редко отверстия пор округлы и не доходят до границ окаймлений. Перфорации сосудов исключительно простые, округлые или овальные, расположение их поперечное или продольное (в зависимости от этого перфорации могут быть прямые или косые). Спиральных утолщений на стенках сосудов нет.

Весьма существенной анатомической особенностью древесины многих видов дуба, имеющей большое значение для виноделия, является образование тил – выростов (выпячиваний) протопластов лучевой паренхимы в полости члеников сосудов. У дуба и ряда других растений затиловывание сосудов – нормальное видоспецифическое явление.

Процесс тилообразования, выключаящий сосуды дуба из функции водопроведения, с разной степенью подробности и точности описан во многих литературных источниках (Курдиани, 1934; Яценко-Хмелевский, 1954, 1961; Вихров, 1954; Абашидзе, 1975, 1980 и др.). Наиболее подробную и анатомически точную картину образования тил приводит К.Эзу (1980). Согласно ее описанию клетки лучевой и осевой паренхимы, примыкающие к членикам сосудов, образуют через поры выросты в полость сосудов, эти выросты и называются тилами (прил. В. рис. В.17, рис. В.18). Замыкающие пленки пор (пары пор – канал сообщения между члеником сосуда и паренхимной клеткой), через которые тилы проникают в сосуды, изменяются в результате отложения так называемого защитного слоя со стороны паренхимной клетки. Этот слой имеет рыхлую фибриллярную структуру и содержит полисахариды и пектины. Отложение защитного слоя происходит на заключительной стадии дифференциации ткани, вследствие чего паренхимные клетки изолируются от зрелых сосудов. Этот дополнительный защитный слой откладывается не только над порой, но и над всей поверхностью клеточной стенки, обращенной к членику сосуда. С началом роста тилы по мере ее вторжения в полость сосуда замыкающая пленка поры разрушается с помощью ферментов, а нелигнифицированный защитный слой испытывает активный поверхностный рост, в результате чего в полости сосуда тила раздувается в виде шара. Ядро и часть цитоплазмы паренхимной клетки обычно мигрируют в тилу.

Если тил в сосуде много и они входят в соприкосновение, то принимают многогранную форму, срастаются оболочками, образуют общие пары пор, так что внутри сосуда образуется плотная ложная паренхима (Раздорский, 1949). Образование тилл в сосудах дуба, начинающееся и завершающееся в заболони, вероятнее всего, является не причиной прекращения сосудами функции проведения, а одним из следствий этого изменения (прил. В. рис. В.18).

Сосудистые трахеиды, являющиеся главным образом водопроводящими элементами, а не элементами механической ткани, отличаются от волокнистых трахеид и волокон либриформа. Сосудистые трахеиды несколько длиннее членников поздних сосудов, но и намного короче волокон либриформа. Их средняя длина 680 мкм, ширина 23 мкм. По ширине на стенках сосудистых трахеид густо в два ряда расположены окаймленные поры, подобно порам сосудов поздней древесины.

Волокнистые трахеиды и волокна либриформа составляют основную массу механической ткани. Окаймления пор волокнистых трахеид – округлые или овальные. Поры расположены часто косо, имеют овальные, вытянутые или щелевидные скрепляющиеся отверстия. Окончания трахеид часто зазубренные или заостренные. Волокна либриформа с толстыми или очень толстыми стенками. Поры на их стенках редкие и часто очень плохо выражены, они мелкие, округлые, простые или незаметны. Длина волокон в среднем 1061,5 мкм, ширина 18 мкм. Окончания волокон заостренные, редко зазубренные или гладкие.

Распределение сосудов в древесине дуба у различных видов варьирует. Крупные просветы сосудов ранней древесины расположены одиночно или сближены. Иногда встречаются и сомкнутые группы просветов сосудов. Просветы сосудов образуют два, три или четыре слоя в ранней древесине.

Многие виды дуба в ранней части годичного слоя имеют небольшое количество просветов сосудов, образующих лишь один – два слоя и нередко несплошное кольцо просветов. В поздней части годичного слоя узкие просветы создают рисунок весьма различного характера. Переход от ранней древесины к поздней – резкий или постепенный, выражающийся в резком или постепенном уменьшении диаметра сосудов. Рисунок – в виде дендритов или пламени в поздней древесине – образуют только кольцесосудистые виды. Граница годичных слоев обычно хорошо выражена. В конце границы годичного слоя, как правило, заметна полоска сплюснутых в радиальном направлении элементов древесины, состоящих из 2–4 слоев клеток, реже – из 5–6 слоев. Явление, за исключением некоторых вечнозеленых дубов, характерное для всех.

Строение рисунка древесины – это очень характерный признак, позволяющий отличать близкие друг к другу виды дуба. Тимофеев (Курдиани, 1934)

работал над кавказскими дубами и установил две категории дубов, отличающихся между собой наличием или отсутствием тилл в сосудах заболони. Например, у *Q. longipes*, *Q. castanaefolia*, *Q. hartwissiana*, *Q. pontica* в сосудах заболони тилл не образуется, а *Q. macranthera* и *Q. petraea ssp. iberica* характеризуются закупоркой тиллами сосудов заболони всех годовичных слоев, за исключением последнего годовичного слоя. Этот очень важный признак безусловно имеет значение если рассматривать древесину дуба как материал для изготовления винодельческих бочек. Схематические рисунки Тимофеева показывают также, как можно отличить дубы по строению рисунка древесины, образованного узкими поздними сосудами совместно с вазикентрическими трахеидами.

С.А. Туманян установила несколько характерных типов строения рисунка древесины дуба. Для подрода *Quercus* важным диагностическим признаком можно считать рисунок поздней части годовичного слоя.

Установлены следующие типы рисунка:

1. Узкое или относительно широкое пламя, несколько изогнутое и к концу годовичного слоя суживающееся (*Q. dilatata*, *Q. castanaefolia*).
2. Более или менее широкое, высокое, изогнутое или часто прямое, к концу слоя суживающееся и дихотомически разветвляющееся пламя (*Q. hartwissiana*, *Q. macranthera*).
3. Узкое, высокое, изогнутое, иногда прерывающееся пламя, к концу слоя дихотомически разветвляющееся (*Q. longipes*, отчасти *Q. bicolor*).
4. Изогнутое пламя, наряду с высокими дендритами (*Q. robur ssp. imeretina*, отчасти *Q. glandulifera*).
5. Широкое, высокое пламя, к концу слоя более расширяющееся (*Q. prinus*).
6. Невысокие, часто дихотомически разветвляющиеся дендриты, наряду с узким, иногда прерывающимся пламенем (*Q. mongolica*).
7. Невысокие дендриты, к концу слоя несколько или значительно расширяющиеся (*Q. alba*, *Q. petraea*, *Q. robur*).
8. Невысокие, косые, изогнутые или прямые дендриты (*Q. petraea ssp. iberica*).

9. Низкие, широкие дендриты (*Q. pontica*).

Все эти типы строения рисунка показаны на схематических иллюстрациях (прил. В. рис. В.19 – В.24 (по С.А. Туманян, 1953)).

Очень часто рисунок изменяется в зависимости от ширины годичного слоя (Аксенов, Куракова, 2004). Так, *Q. robur*, произрастающий в благоприятных условиях и образующий нормальные годичные слои, имеет рисунок древесины в виде дендритов, но при неблагоприятных условиях образует узкие годичные слои, и характер рисунка резко меняется.

Характер рисунка древесины может резко меняться у дуба грузинского и отчасти у *Q. robur*, в зависимости от условий произрастания. Например, *Q. robur*, произрастающий на нагорной дубраве и на солонцах, в резко отличающихся друг от друга условиях, значительно отличен и по характеру рисунка. Дуб черешчатый, произрастающий на солонцовых почвах, образует узкие годичные слои с небольшим количеством поздней древесины, где откладывается незначительное число поздних сосудов (подобное явление замечено у *Q. petraea ssp. iberica*).

Таким образом, специфически ксерофитные или неблагоприятные условия произрастания оказывают влияние на строение древесины и меняют характер рисунка, что связано с изменением количественных признаков (Вихров, 1950). Характер образования рисунка – это диагностический признак древесины, и лишь резко отличающиеся специфические экологические условия могут оказать на него влияние.

Очертания просветов сосудов древесины дуба – округлые, овальные или угловатые. Угловатое очертание встречается только в поздней части годичного слоя у представителей подрода *Quercus*. Средний тангентальный диаметр широких сосудов 106–294 мкм, узких – 27–92 мкм. Тангентальный и радиальный диаметры сосудов несколько различны, радиальный диаметр сосудов всегда или почти всегда превышает тангентальный (прил. В. табл. В.2). Сосуды у дуба несколько вытянуты в радиальном направлении.

Древесная паренхима – обильная, чаще не связанная с сосудами, метатрахеальная, образует короткие или сравнительно длинные прерывающиеся или непрерывные тангенциальные линии, главным образом однослойные (иногда в два

и редко в три слоя), и отчасти диффузная; метатрахеальная паренхима по своему расположению и количеству в поле зрения микроскопа – весьма характерный признак для каждого подрода и в некоторых случаях даже для отдельных видов разных подсекций. Количество паренхимы на 1 мм^2 в пределах рода широко варьирует от 292 до 785 клеток. В тяже древесной паренхимы в среднем от трех до семи клеток. Для каждого вида или близких групп видов число клеток весьма постоянно. Наибольшее число клеток в тяже осевой паренхимы – у *Q. robur*. Высота клеток тяжа в среднем 79 мкм для всего рода в целом. Наиболее короткие клетки тяжа (69 мкм) имеет *Q. mongolica*, а наиболее длинные (92 мкм) — *Q. petraea ssp. iberica*. Короткие тангентальные полоски метатрахеальной паренхимы состоят обычно из двух-трех, не более пяти, клеток (на поперечном срезе), наиболее длинные полоски насчитывают от 5 до 10 клеток.

Древесные или сердцевинные лучи двух типов: узкие, только однорядные, и широкие многорядные, нередко состоящие из 30 клеток в ширину. Нередко встречаются также агрегатные лучи. В ювенильной древесине часто наблюдаются переход от агрегатных к широким лучам. В некоторых случаях трахеиды или волокна либриформа, а иногда даже клетки древесной паренхимы, заходят в широкий луч и частично или полностью разделяют широкий луч на части. Однорядные лучи – многочисленные, скорее невысокие, в среднем 15 клеток в высоту; редко встречаются высокие однорядные лучи, состоящие из 28–30 клеток. По форме лучи (широкие и узкие) – веретеновидные и линейные, гомогенные со слабой тенденцией к гетерогенности, хотя типично стоячие клетки в них отсутствуют. Однорядные лучи при встрече с широкими сосудами слабо или сильно изгибаются. При переходе в другой годичный слой лучи иногда расширяются. Тангентальные стенки клеток лучей – прямые или косые. Граница годичных слоев в луче всегда загибается внутрь (прил. В. рис. В.24), в этих участках тангентальные стенки клеток лучей почти всегда косые и клетки всегда очень короткие. Однорядные лучи состоят из вертикально удлиненных клеток и никогда не бывают четко видны. Поры между клетками лучей и сосудами мелкие, средние или крупные, простые или с узкими окаймлениями, часто многочисленные. Очертания пор округлые, овальные, овально вытянутые в горизонтальном или редко в вертикальном направлении. Кристаллы оксалата кальция иногда встре-

чаются и в клетках лучей, и в клетках древесной паренхимы. Тилы в заболони довольно обычны. Доля элементов, слагающих древесину, в пределах рода широко варьирует (прил. В. табл. В.3).

Граница годичного слоя в луче не совпадает с общей границей, а загибается внутрь, как это показано на рис. В.24 (прил. В). Это несовпадение границы объясняется, вероятно, тем, что камбий свою деятельность в луче прекращает раньше, чем в других элементах древесины (Туманян, 1953).

Данные табл. В.2 и В.3 показывают, что количественные признаки элементов древесины в данном случае не могут быть диагностическими для разграничения отдельных таксонов. Количественные показатели элементов древесины дуба могут иметь значение лишь для технической и прикладной анатомии. В частности, количественные анатомические признаки древесины видов дуба очень важны для виноделия. Они могут быть ведущими при определении пригодности или предпочтительности той или иной партии древесины для изготовления винодельческой тары.

Описание строения ранней и поздней древесины дуба черешчатого приводится по данным Е.В. Вихрова (1953).

Поздняя древесина дуба черешчатого по своему строению значительно отличается от ранней. В поздней, обычно наиболее развитой части годичного слоя, некрупные сосуды собраны в обособленные группы, имеющие на торцевом срезе треугольное сечение с теми или иными отклонениями от этой фигуры. Между сосудами размещены преимущественно трахеиды. Эти группы сосудов и трахеид представляют собой систему клеток, приспособленную для проведения воды, и являются наименее прочными участками поздней древесины. В поздней зоне также группами расположены волокна либриформа. Группы волокон либриформа являются наиболее прочными участками поздней зоны. Вдоль внешней границы годичного слоя идет полоса, состоящая из нескольких толстостенных клеток, сильно сдавленных в радиальном направлении.

При определении размеров анатомических элементов и соотношения объемов элементов, слагающих раннюю и позднюю древесину годичного слоя, ярко проявляются различия в строении между этими зонами и весьма большая неравномерность анатомической структуры древесины дуба (Вихров, 1953).

Диаметр сосудов ранней древесины в 6–7 раз больше диаметра сосудов поздней части годичного слоя.

Длина члеников сосудов и трахеид в поздней древесине несколько больше, чем в ранней. Волокна либриформа располагаются в поздней части годичного слоя. Эти волокна имеют мощную клеточную оболочку, вдвое превышающую толщину оболочек трахеид, сравнительно большую длину (их длина в 1,5 раза больше длины трахеид) и небольшую полость.

Различие в строении между ранней и поздней зонами годичного слоя не ограничивается только особенностями расположения и размерами анатомических элементов (прил. В. табл. В.4). Большое значение имеет также и объемное соотношение элементов в каждой из зон годичного слоя (прил. В. табл. В.5).

Q. castaneifolia, относящийся к секции *Cerris* подрода *Quercus*, характеризуется древесиной со слабо выраженной кольцесосудистостью, иногда с рисунком в виде несколько изогнутого «пламени». Диаметры просветов сосудов в поздней древесине уменьшаются постепенно (прил. В. рис. В.25). Просветы сосудов в годичном слое (или в кольце прироста) расположены одиночно, в ранней древесине образуют один или два слоя крупных просветов. Сосуды – немногочисленные, на 1 мм² их восемь-девять.

Очертания просветов – округлые или несколько овальные. Сосуды относительно толстостенные, толщина сосудистых оболочек составляет в среднем 3,5 мкм у ранних и 5 у поздних. Годичные слои обычно выражены более или менее ясно, часто заметна полоска сплюснутых в радиальном направлении элементов древесины. Тяжевая паренхима наиболее обильна в поздней части годичного слоя. У каштанолистного дуба к границе годичного слоя она образует наиболее близко расположенные тангенциальные ряды. В среднем на 1 мм² приходится 750 клеток паренхимы. Лучи – однорядные, высотой 14 клеток в среднем, и широкие (максимальная ширина лучей 24 клетки). Характерная особенность представителей этой секции – форма пор между клетками лучей и сосудами. Поры – округлые или овальные, часто с узкими окаймлениями, но иногда простые (прил. В. рис. В.26). Редко поры бывают овально вытянутые в вертикальном направлении.

Robur. Виды дуба, относящиеся к этой секции, имеют большое сходство по строению древесины. Например, F. H. Schweingruber (1978) и В.Е. Бенькова (Бенькова, Швейнгрубер, 2004) а также полагают, что между дубами черепчатый, скальным, пушистым и монгольским нет никаких различий по строению древесины ствола. С.А. Туманян считает, что различия эти существуют и наиболее отчетливые отличительные признаки, проявляются главным образом в характере рисунка древесины в поздней части годичного слоя.

Просветы сосудов обычно многочисленны в поздней древесине, в ранней части годичного слоя у некоторых видов (например, *Q. pontica*) встречаются сравнительно редко. Просветов сосудов на 1 мм² от 5 до 100. Диаметры сосудов 153–219 мкм. Просветы сосудов в поздней древесине уменьшаются резко, за исключением видов *Q. hartwissiana* и *Q. robur ssp. imeretina*, у которых диаметр просветов уменьшается постепенно. Сосуды – тонкостенные и в ранней и в поздней древесине. Очертания просветов – округлые, овальные и угловатые. Сосудистые трахеиды обычно хорошо отличимы от волокнистых трахеид, что заметно как на срезах, так и на мацерированном материале. Длина их в среднем 618,8 мкм, диаметр – 22,5 мкм. Полоски метатрахеальной древесной паренхимы – короткие (от 3 до 6 клеток), отчасти встречаются и отдельные паренхимные клетки, разбросанные по годичному слою (диффузная паренхима). Лучи – гомогенные, клетки лучей одинаковые. Агрегатные лучи встречаются только у *Q. pontica* и *Q. hartwissiana* и являются чрезвычайно редким явлением для этой группы. Граница годичных слоев всегда ясно выражена, полоска сплюснутых в радиальном направлении элементов древесины всегда намечается и состоит из двух-пяти клеток. Клетки лучей (краевые и средние), соприкасающиеся с сосудами, почти всегда имеют поры. Поры между клетками лучей и сосудами – простые, округлые, мелкие, часто расположенные в два горизонтальных ряда. Изредка встречаются поры с узкими окаймлениями.

Характерный признак строения древесины для этой группы – образование рисунка в поздней части годичного слоя. Виды данной секции различаются очень плохо. Они имеют большей частью однообразную структуру, однако характер строения рисунка в поздней части годичного слоя позволяет различать отдельные виды секции.

Q. mongolica и *Q. dentata*. Древесина дубов этой группы кольцесосудистая с рисунком в виде дендритов или «пламени». Крупные просветы сосудов, в диаметре 215 микрон, образуют от одного до четырех рядов в ранней части годичного слоя. Сосуды часто одиночные или собраны в небольшие сомкнутые группы. Переход от ранней древесины к поздней – постепенный или резкий. Сосуды – многочисленные или редко – малочисленные: 8–12 шт. на 1 мм² в ранней части годичного слоя. Сосуды – тонкостенные (прил. В. табл. В.2). Лучи – гомогенные, изредка в лучах встречаются квадратные клетки. Агрегатные лучи характеризуют собой не все виды, но иногда встречаются, в том числе и у *Q. mongolica*. Граница годичных слоев всегда выражена и заметна полоска сплюснутых в радиальном направлении элементов древесины, состоящая из трех слоев клеток.

Поры между клетками лучей и сосудами – мелкие или средние, округлые или овальные. В общем, поры подобны порам видов секции *Robur*.

3.2.2.1 Эндогенная изменчивость микроструктуры древесины дуба

Строение древесины дуба в пределах одного дерева весьма изменчиво. Прежде всего, оно весьма различно в широких и узких годичных слоях, о чем мы неоднократно упоминали, и к чему еще вернемся при описании анатомических особенностей древесины отдельных видов.

В. Е. Вихров и Л.М. Перельгин (Вихров, 1950; Вихров, Перельгин, 1949), занимаясь изучением процесса формирования зрелой древесины в стволе дуба от сердцевины к периферии, установили, что в первые годы жизни дерева сплошное кольцо крупных сосудов в ранней зоне годового слоя отсутствует; крупные сосуды расположены группами (3–5 сосудов по окружности и 2–3 сосуда по радиусу); в нижней части ствола сплошное кольцо крупных сосудов наблюдается только в десятилетнем приросте; в верхней же части ствола уже на 5–6 год намечается сплошное кольцо крупных сосудов. В трех ближних к сердцевине годичных кольцах резкой разницы в размерах крупных (ранних) и мелких (поздних) сосудов не наблюдается. Диаметр крупных сосудов в ранней зоне лишь в 2–3 раза больше диаметра мелких сосудов в поздней зоне годовых слоев; в дальнейшем

разница между крупными и мелкими сосудами увеличивается и диаметр крупных превышает диаметр мелких в 6–7 и более раз. Общее число сосудов на единицу площади и их объем в ювенильной древесине значительно меньше, чем в дефинитивной.

В древесине нескольких годичных слоев, лежащих около сердцевины, в так называемой ювенильной древесине, встречаются только узкие однорядные лучи. Затем, по мере нарастания древесины, часть этих лучей сближается и они на 5–6 год образуют "ложно-широкие" лучи, которые в последующем, на 7–8 год, превращаются в настоящие широкие лучи.

Исследования упомянутых выше авторов показали также, что древесина, отложенная в комлевой части около сердцевины, по своему строению значительно отличается от зрелой древесины ствола, которая образуется в последующие годы. Одни признаки, появляющиеся в молодом возрасте, в дальнейшем бесследно исчезают (лестничные перфорационные пластинки), другие, возникнув на некотором удалении от сердцевины, остаются (широкие сердцевинные лучи). В дальнейшем, после перехода от ювенильной древесине к "взрослой", дефинитивной, с возрастом, при образовании зрелой древесины происходят преимущественно количественные изменения.

С высотой ствола дифференциация размеров сосудов происходит быстрее: в верхней части ствола указанная выше разница в диаметре сосудов имеет место уже в третьем годовом слое от сердцевины. То же самое в отношении трансформации лучей: на середине высоты ствола ложно-широкие лучи появляются на третий год, а настоящие широкие – на пятый, а в верхней части соответственно на второй и третий-четвертый годы.

ГЛАВА 4.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА И ТРАНСФОРМАЦИЯ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫДЕРЖКИ КОНЬЯЧНЫХ СПИРТОВ

Химический состав древесины сложен и изменчив. Трудно перечислить все факторы, в той или иной мере, влияющие на качественные и количественные флуктуации состава компонентов древесины. В первую очередь изменчивость этих показателей зависит от видовой принадлежности дерева, внутри вида она меняется с возрастом дерева, с условиями роста и сезоном заготовки древесины. После заготовки химический состав древесины меняется в процессе ее хранения и предварительной обработки.

Подробнее всего химический состав древесины дуба изучен Н.И. Никитиным с соавторами (1962). Множество важных сведений по данному вопросу приведено в публикациях Т. Гудвина и Э. Мерслера (1986), Д. Фенгела и Г. Вегенера (1988), В.И. Азарова с соавторами (1999), Г.Н. Кононова (2002) и ряда других исследователей.

В изучение химизма дубовой древесины в связи с вопросами виноделия, наибольший вклад внесен И.М. Скурихиным (1960, 1968), Б.Н. Ефимовым (1972), А.Д. Личёвым (1972, 1977), К. Нишимурой (Nishimura et al, 1983), Ж-Л. Пуэшем (Puesch, 1981, 1984 и др.), Л.М. Джанполадяном (1969, 1972, 1976), Дж. Мага (Maga, 1989), Л.А.Оганесянцем (1993, 1994, 1995, 1998) и др.

Это направление исследований довольно молодое, однако здесь уже достигнуты заметные успехи.

В первом приближении состав древесины дуба представлен в прил. Г. (табл. Г.6).

На рис. Г.27 (прил. Г) показан обобщенный, свойственный большинству видов древесных растений, состав ствольной древесины. Из схемы видно, что древесина примерно на 99 % состоит из органических веществ, представляющих собой, в основном, высокомолекулярные соединения. Наиболее значимые среди них с точки зрения влияния на органолептические показатели вин, коньяков и других спиртных напитков – это лигнин, гемицеллюлозы, танины. На долю минеральных веществ приходится не более 1 %.

Химический состав древесины дуба, как уже отмечено, варьирует в зависимости от вида, географического происхождения, условий роста, возраста древесины, продолжительности созревания заготовок клепки, технологии изготовления бочки и множества других, часто неучитываемых, факторов.

По данным Н. И. Никитина (1962), средний по территории бывшего СССР состав древесины дуба следующий (%): целлюлоза – 35,74, пентозаны – 20,07, метилпентозаны – 0,47, галактан – 0,12, уроновые кислоты – 5,29, дубильные вещества – 7,3, вещества, растворимые в воде (без дубильных веществ) – 3,61, лигнин – 21,51, вещества, растворимые в эфире – 0,22.

Изменение химического состава древесины дуба в зависимости от условий произрастания (типа лесорастительных условий) рассмотрены в работах Н.И. Никитина с соавторами (1949, 1950).

Эти показатели весьма относительны, так как химический состав подвержен значительным колебаниям в зависимости от многих факторов. Содержание основных компонентов в абсолютно сухой древесине варьирует (%): целлюлоза – 23–50; гемицеллюлоза – 17–30; лигнин – 17–30; дубильные вещества – 2–10; смолистые вещества – 0,3–0,6. Малое содержание смолистых веществ является наряду с другими составляющими важной характеристикой дубовой древесины применительно к вопросам виноделия (Оганесянц, 1998).

Характерная ядровая древесина американского белого дуба, идущего на изготовление бочкотары, состоит из около 50 % целлюлозы, 22 % гемицеллюлозы, 32 % лигнина, 2,8 % ацетильных групп и 5–10 % веществ, экстрагируемых горячей водой (Мага, 1989).

Состав древесины дуба произрастающего во Франции (в среднем): целлюлоза – 40–45 %, гемицеллюлоза – 20–25 %, лигнины – 25–30 %, таннин – 8–15 % (Puesch, 1987).

4.1 Целлюлоза

Целлюлоза является одним из основных компонентов стенки клеток древесины. В клеточной оболочке она образует каркас, погруженный в матрикс из нецеллюлозных углеводов, лигнина и пектиновых веществ (Эзау, 1980).

Регулярность строения цепи макромолекулы и значительное внутри- и межмолекулярное взаимодействие делают целлюлозу химически инертным соединением, трудно выделяемым из древесины и не претерпевающим каких-либо значительных изменений в процессе выдержки крепких спиртных напитков.

Целлюлоза состоит из звеньев ангидроглюкопиранозы, соединенных в молекулярную цепь. Целлюлозу можно описать как линейный полимер глюкоан с регулярной структурой цепи. Звенья связаны β -(1 \rightarrow 4)-гликозидными связями в результате элиминирования молекулы воды от гидроксильных групп при C₁ и C₄. Вследствие β -положения OH-группы при C₁ требуется поворот следующего глюкозного звена вокруг оси C₁–C₄ пиранозного кольца. Строго говоря, повторяющимся звеном в цепи является остаток целлобиозы (прил. Г. рис. Г.28).

На обоих концах цепи имеются гидроксильные группы, различающиеся по свойствам. Находящаяся при C₁ OH-группа, которая образуется при замыкании пиранозного кольца, является полуацетальной. Поэтому она обладает редуцирующими свойствами, а OH-группа при C₄ другого концевого звена представляет собой нередуцирующую спиртовую гидроксильную группу (Фенгел, Вегенер, 1988).

Целлюлозная цепь имеет большое протяжение, причем все глюкозные звенья в ней лежат в одной плоскости. Степень полимеризации, для древесных пород, варьирует в пределах 5000–10000.

Стабилизация длинных молекулярных цепей в упорядоченных системах (т. е. образование надмолекулярных структур) обусловлена присутствием функциональных групп, способных взаимодействовать друг с другом. В цепи целлюлозы такими группами являются гидроксильные – три в каждом глюкозном звене. Иначе говоря, поверхность целлюлозных цепей насыщена OH-группами. Эти OH-группы ответственны не только за химические свойства целлюлозы, но также и за ее надмолекулярную структуру и физические свойства.

Гидроксильные группы способны взаимодействовать друг с другом, а также с группами, содержащими O, N и S, с образованием водородных связей (H-связей). У большинства природных полимеров образование надмолекулярных структур обусловлено H-связями.

Водородные связи образуются при приближении Н-атома ОН-группы к свободной электронной паре другого О-атома, с образованием координационной связи, в которой Н-атом как бы двухвалентен. Расстояние между двумя кислородными атомами, связанными Н-связью, составляет 275 пм вместо 350 пм – теоретически возможного для сил Ван-дер-Ваальса.

Водородная связь характеризуется: прочностью, т. е. энергией связи, которая зависит от плотности заряда и угла между атомами, связанными друг с другом; стерическими факторами.

4.2 Гемицеллюлозы (полиозы)

В древесине и других растительных тканях, кроме целлюлозы, присутствуют другие полисахариды, называемые полиозами или гемицеллюлозами. Полиозы отличаются от целлюлозы составом звеньев моносахаридов, меньшей длиной цепей и разветвленным строением цепных молекул. Звенья моносахаридов (ангидросахара), входящие в состав полиоз, подразделяют на пентозы, гексозы, гексуриновые кислоты и дезоксигексозы (прил. Г. рис. Г.29). Продукты окисления глюкозы: глюконовая и глюкаронная кислоты (прил. Г. рис. Г.30), также входят в состав некоторых полиоз. Главная цепь полиозы может состоять из одинаковых звеньев (гомополимер), например у ксиланов, или из двух или более моносахаридов (гетерополимер), например у глюкоманнанов. Некоторые из звеньев образуют боковые ответвления главной цепи, например звенья 4-О-метилглюкуроновой кислоты, галактозы. Полиозы, как и моносахариды, содержат асимметрические атомы углерода и поэтому в растворе обладают оптическим вращением.

В классической классификации полиозы разделяются на пентозаны, гексозаны и полиурониды. Однако это грубая классификация, которая не учитывает, что большинство полисахаридов смешанные, т. е. построенные из звеньев моносахаридов, принадлежащих к разным группам. Другая классификация, основана на поведении полиоз при их отделении от целлюлозы. Полиозы, которые можно извлечь из холоцеллюлозы, называют нецеллюлозными гликозанами, а остающиеся в холоцеллюлозе — целлюлозными гликозанами. Целлюлозные гликозаны подразделяют на целлюлозу и неглюкозные целлюлозные гликозаны. Наибо-

лее распространена классификация по главному составляющему моносахариду полиоз. В этой системе полиозы подразделяются на ксиланы, арабинаны, маннаны, глюканы, галактаны и т. д (Фенгел, Вегенер, 1988).

В полиозах лиственных по сравнению с полиозами хвойных пород большую долю составляют звенья ксилозы, а также ацетильные группы и меньшую — звенья маннозы и галактозы.

Ксиланы — полиозы, обычно имеющие гомополимерную главную цепь, состоящую из звеньев ксилозы, соединенных гликозидными связями β -(1→4). В древесине лиственных пород к цепям ксилана через нерегулярные промежутки присоединены гликозидными связями α -(1→2) боковые ответвления звеньев 4-О-метилглюкуроновой кислоты. Большинство ОН-групп у С₂ и С₃ в звеньях ксилозы ацетилировано (прил. Г. рис. Г.31). Массовая доля глюкуроноксила в древесине лиственных пород составляет 20–30 %.

Маннаны древесины характеризуются гетерополимерной главной цепью, состоящей из звеньев маннозы и глюкозы, т. е. маннаны древесины следует рассматривать как глюкоманнаны. Глюкоманнаны древесины дуба состоят только из звеньев маннозы и глюкозы, образующих слегка разветвленные цепи (прил. Г. рис. Г.32). Звенья маннозы и глюкозы связаны гликозидными связями β -(1→4). Соотношение звеньев маннозы и глюкозы составляет примерно от 1,5 : 1 до 2 : 1 для большинства лиственных пород. Степень полимеризации глюкоманнанов древесины лиственных пород около 60–70. Массовая доля маннанов в древесине лиственных пород составляет от 1% (в древесине березы) до 3–4 % в древесине других пород.

Глюканы. Кроме целлюлозы в древесине, существуют и другие полисахариды, состоящие из звеньев глюкозы. Среди них наиболее важным резервным полисахаридом, присутствующим так же в плодах, семенах и прочих запасующих тканях, является крахмал. В древесине крахмал содержится в основном в паренхимных клетках.

Крахмал состоит из нескольких компонентов, различающихся по молекулярной массе и молекулярному строению. В нем присутствуют линейные амилозы А, В, V и разветвленный амилопектин. В амилозах звенья глюкозы соединены

гликозидными связями α -(1→4); в амилопектине дополнительно существуют связи α -(1→6) (прил. Г. рис. Г.33) (Азаров и др., 1999).

Связи α -гликозидные легко расщепляются, что имеет важное значение для процессов гидролиза. Крахмал существует только в виде гранул, а не фибрилл. Массовая доля крахмала в древесине лиственных пород составляет 2–5 %

Другой глюкокан в древесине – каллоза. Каллоза известна прежде всего как вещество, присутствующее в ситовидных трубках флоэмы, но она является также и компонентом паренхимных клеток ксилемы. Здесь она образует защитные слои на мембранах полукаймленных пор, которые, по-видимому, изолируют поры для отделения плазматического содержимого клеток от водопроводящих сосудистых клеток. Каллоза состоит из звеньев глюкозы, соединенных гликозидными связями β -(1→3). Молекулы каллозы способны объединяться в фибриллярные структуры.

Галактанами называют полисахариды, макромолекулы которых построены главным образом из звеньев галактозы. Галактаны сравнительно широко распространены в природе, но в древесине они содержатся в небольших количествах (массовая доля 0,5–3 %), как в хвойных, так и в лиственных породах. Повышенное содержание галактанов находят в сжатой и тяговой древесине. Галактаны в общем имеют высокую степень разветвления. Для галактанов древесины лиственных пород характерно присутствие звеньев рамнозы (прил. Г. рис. Г.34). Галактаны древесины дуба, в настоящее время, остаются практически не изученными.

Арабинаны – это полисахариды, макромолекулы которых построены главным образом из звеньев арабинозы. Звенья арабинозы соединены связями α -(1→5). К главной цепи присоединены боковые звенья арабинозы связями α -(1→3) (прил. Г. рис. Г.35). Арабинаны широко распространены в природе и в больших количествах присутствуют в частях растения, богатых пектиновыми веществами. Вероятнее всего, арабинан в пектиновых веществах химически связан с другими компонентами, но сравнительно легко от них отщепляется.

Пектиновые вещества (пектины) – комплекс углеводов веществ кислого характера, содержащий в качестве главного компонента пектиновую кислоту

(галактуронан), а также арабинан и галактан. Пектиновые вещества широко распространены в природе, содержатся в лигнифицированных тканях древесных растений. В древесине (тканях зрелой ксилемы) содержание пектиновых веществ невелико. Их массовая доля обычно составляет 0,5–1,5%.

Пектиновые вещества в древесине входят в состав сложной срединной пластинки и в зрелых тканях вместе с лигнином обеспечивают связывание клеток в ткань. Пектины находятся также в торусах мембран окаймленных пор. Во время развития клетки и растения в целом пектиновые вещества непрерывно изменяются. В молодых растениях и тканях они обеспечивают необходимую прочность и эластичность. Гидрофильные свойства пектинов в период роста растений, по-видимому, играют важную роль в водном обмене. Связанная пектиновыми веществами вода не замерзает и трудно испаряется, поэтому пектины придают молодым растениям и тканям устойчивость к замерзанию и засухе (Фенгел, Вегенер, 1988).

Основным компонентом всех пектиновых веществ служит пектиновая кислота. Она является гетерогалактуронаном – рамногалактуронаном (прил. Г. рис. Г.36).

Макромолекула рамногалактуронана построена из звеньев α -D-галактуроносовой кислоты в пиранозной форме, соединенных гликозидными связями α -(1→4), и включают звенья α -L-рамнопиранозы. Звенья рамнозы соединены с соседними звеньями галактуроносовой кислоты связями α -(1→2) и α -(1→4). Между этими фрагментами находятся линейные участки гомогалактуронана из 6–12 звеньев галактуроносовой кислоты. В среднем 75% карбоксильных групп метилированы.

Вопрос о связи между пектиновой кислотой и входящими в комплекс пектиновых веществ арабинанами и галактанами окончательно еще не выяснен. По всей вероятности, между цепями рамногалактуронанов, арабинанов и галактанов существуют химические связи. Допускают присоединение цепей арабинана или галактана (а, возможно, и арабиногалактана) к звеньям рамнопиранозы в главной цепи с образованием сильно разветвленной структуры. Часть водородных атомов свободных карбоксильных групп цепей галактуронанов может быть замещена на кальций или магний. Катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} образуют поперечные мостики между

цепями пектиновой кислоты, лишая пектины тем самым растворимости в воде (прил. Г. рис. Г.36).

В спиртоводных средах (коньячных спиртах, коньяках, в спиртах для производства бренди и виски) полиозы постепенно гидролизуются до соответствующих моносахаридов: глюкозы, галактозы, маннозы, левулозы, рамнозы, ксилозы, фруктозы, арабинозы и т. д. (прил. Г. рис. Г.29, Г.37). Процесс гидролиза значительно ускоряется при повышении температуры и понижении рН среды. По данным В.И. Личева (1977) количество сахаров в процессе 16-летней выдержки коньячного спирта в дубовых бочках увеличивалось с 0,23 г/л до 2,18 г/л. При этом спирты приобретали мягкость, полноту, гармоничность. В старых армянских спиртах, сахара составляли 51–58 % от общего экстракта (Скурихин, 1962).

В течение длительной выдержки коньячных спиртов в дубовых бочках моносахариды претерпевают различные химические изменения (Личев, 1977; Оселдцева, 1999; Джанполадян и др., 1969). Протекают процессы дегидратации с образованием фурфурола (2-фуральдегида), метилфурфурола (5-метил-2-фуральдегида), гидроксиметилфурфурола (5-гидроксиметил-2-фуральдегида), метилциклопентенолона (2-окси-3-метил-2-циклопентен-1-она) (прил. Г. рис. Г.38) (Писарницкий, 2002; Малтабар, Фертман, 1971), сахароаминные реакции и т.д.

При предварительной термической обработке древесины дуба (обжиге бочки) распад гемицеллюлоз и дегидратация моноз значительно активизируется. Образующиеся при этом фурановые альдегиды обогащают букет и вкус коньяков тонами каленого орешка, поджаренной корочки ржаного хлеба и т.д.

4.3 Лигнин

В растительном мире лигнин среди природных полимеров по количеству занимает второе место после целлюлозы. Возникновение лигнина в клеточных стенках растений дало им возможность выйти на сушу. Лигнин значительно увеличивает механические свойства растительных тканей, благодаря чему могут существовать деревья высотой более 100 м. Количество лигнина в различных растениях довольно сильно варьирует: древесные растения содержат от 20 до 40 % лигнина. Распределение лигнина в различных частях ствола дерева неравно-

мерно. Большая доля лигнина характерна для самой нижней, самой высокой и внутренней частей ствола (Фенгел, Вегенер, 1988).

Внедрение лигнина в полисахаридный каркас клеточной стенки рассматривается как конечная фаза процесса дифференциации клеток вторичной ксилемы. Лигнин придает клеточным стенкам прочность, плотность и оказывает влияние на их набухание. Лигнин отлагается сначала в углах клетки, когда увеличение поверхности клетки уже закончилось (перед началом утолщения вторичной стенки (S_1)). Затем протекает лигнификация межклеточного вещества и первичной стенки P , начинаясь в тангентальных стенках и распространяясь по направлению к центру. Лигнификация сложной срединной пластинки ($P + M + P$) продолжается при дифференциации слоев S_1 и S_2 вплоть до образования третичной стенки T . Сначала лигнификация слоев вторичной стенки идет медленно, а затем ускоряется и заканчивается после утолщения третичной стенки.

В настоящее время лигнификация рассматривается как процесс, контролируемый индивидуальной клеткой, т. е. как внутриклеточный процесс (Фенгел, Вегенер, 1988).

Химическое строение лигнина изучали многие отечественные и зарубежные исследователи, их работы описывают структуру, реакционную способность, продукты деградации лигнина, однако точная структура лигнина, находящегося в составе клеточных стенок древесины, окончательно не установлена. На рисунке Г.39 (прил. Г) представлена примерная схема строения фрагмента лигнина бука по Н.Н. Nimz (1974). До конца не выяснен механизм деградации лигнина, приводящий к образованию ароматических соединений. Происходят ли процессы гидроалкоголиза, ацидолиза, этанолиза при выдержке спиртов или основную роль играет гидротермолиз после обжига дубовой бочки?

Известно, что лигнин дуба – сложный гетерополимер, состоящий из фенилпропановых структурных единиц: гваяцилпропановых, сирингилпропановых и в небольших количествах пара-оксифенилпропановых (прил. Г. рис. Г.40). В составе макромолекулы содержатся различные функциональные группы (гидроксильные, карбонильные, карбоксильные, метоксильные группы) и присутствуют связи разного типа с другими единицами, в результате чего лигнин имеет высокую степень структурной неоднородности.

Предшественниками всех лигнинов – первичными структурными звеньями – являются транс-гидроксикоричные спирты: транс-пара-кумаровый, транс-кониферилловый и транс-синаповый (прил. Г. рис. Г.41), биосинтез которых можно представить в виде следующей схемы: глюкоза→шикимовая кислота→префеновая кислота→фенилаланин и тирозин→кумаровая, феруловая и синаповая кислоты→гидроксикоричные спирты.

Общепринято представление о том, что лигнин в клеточной стенке не просто отлагается между полисахаридами, а связан и ассоциирован по крайней мере с частью полисахаридов. Тесную ассоциацию между полисахаридной и лигнинной частями клеточной стенки называют лигнин-полисахаридным комплексом (ЛПК), или лигнин-углеводным комплексом (ЛУК).

Из многочисленных экспериментальных фактов стало очевидным, что наряду с другими возможными типами ассоциации (водородными связями, силами Ван-дер-Ваальса, хемосорбцией) существуют химические связи между лигнином и полисахаридами.

М.С. Бардинская и К.Б. Пятикрестовская (1956) различают в древесине три фракции лигнина:

- простейшие ароматические соединения, легко извлекаемые органическими растворителями, такие как кониферилловый, синаповый спирты, а также продукты их окисления – ванилин и сиреневый альдегид и т.д.; в свободном виде они присутствуют в древесине в незначительных количествах и представлены в основном гликозидами, такими как кониферин и сирингин;

- небольшая часть низкомолекулярного лигнина, не связанная с гемицеллюлозами и извлекаемая щелочью и водой;

- наиболее устойчивая фракция лигнина, имеющая трехмерную сетчатую структуру и прочно связанная с углеводными компонентами древесины дуба.

В процессе этанолиза лигнина в присутствии 2–3 % соляной кислоты при температуре 90–100 °С происходят следующие реакции: конденсация спирта с лигнином с образованием спиртового лигнина, спиртовое расщепление с частичной деградацией до мономеров с последующей конденсацией некоторых из них

со спиртом, а также внутренняя конденсация лигнина (Браунс Ф.Э., Браунс Д.А., 1964).

Алкоголизом называют мягкий сольволиз лигнина под действием спиртов (в частности, метанолиз или этанолиз) в присутствии соляной кислоты. Основной реакцией деструкции лигнина при этанолизе является расщепление связи β -0-4, но в дополнение к кетонам I-IV образуются этоксилированные соединения V, VI. Все кетоны вместе (I—VI) называют кетонами Гибберта (прил. Г. рис. Г.42). При этанолизе древесины лиственных пород, кроме гваяцильных, образуются сирингильные соединения (Фенгел, Вегенер, 1988).

Результаты исследований И.А. Егорова и Р.Х. Егюфаровой (1972), В.И. Личева (1977), А.Д. Лашхи (1972), J.-L. Puech (1981, 1984), И.М. Скурихина и Б.Н. Ефимова (1972, 1972а), показали что при многолетней выдержке коньячных спиртов в дубовой таре протекают похожие процессы.

Так, по данным В.И. Личева (1977), в течение первого года выдержки в коньячном спирте преобладает процесс образования этаноллигнина, представляющего собой конденсированные нелетучие ароматические соединения, на третьем году темп образования этаноллигнина снижается, при этом увеличивается количество ароматических альдегидов. При дальнейшей выдержке процесс образования ароматических альдегидов ускоряется, в результате чего в коньячном спирте накапливаются ванилин; пара-оксибензальдегид; сиреневый, кумаровый, кониферилловый, синаповый альдегиды (последние три объединены в группу коричных альдегидов) (прил. Г. рис. Г.43); а также другие продукты деградации лигнина. Образовавшиеся соединения, обладая специфическим ароматом, ответственны за создание ароматических свойств напитков. В свою очередь продукты конденсации лигнина, предположительно, влияют на их вкусовые достоинства (Лашхи, 1972).

По предположению Ж.-Л. Пуэша (Puech, 1981, 1984), образование этаноллигнина и последующее окисление его до ароматических альдегидов и кислот может происходить как в водно-спиртовой среде, так и в самой древесине, с последующей экстракцией образующихся ароматических соединений в коньячный спирт. По имеющимся литературным данным процесс деградации лигнина уси-

ливается с увеличением спиртуозности и уменьшением значения рН коньячного спирта (Скурихин, Ефимов, 1972).

По мнению другой группы ученых – К. Нишимуры с соавторами (Nishimura et al, 1983), Д.М. Коннера с соавторами (Conner J.M. et al, 1992), только очень незначительная часть лигнина (около 4 % от общего количества) способна экстрагироваться спиртом во время выдержки. Это объясняется тем, что β-эфирные связи, являющиеся основным видом связи в лигнине, стойки к воздействию спирта, не разрушаются при длительном кипячении и для их деструкции требуется либо присутствие сильной кислоты, либо термолиз при температуре 170–220 °С.

Авторы склонны предполагать, что разрушение этих связей в лигнине происходит при обжиге дубовой тары. В дальнейшем образовавшиеся ароматические соединения экстрагируются в спирт и обуславливают характерные букет и вкус крепких спиртных напитков.

Другие исследователи (Puech, 1981; Puech et al., 1984) определяли продукты распада лигнина в 5–30-летнем арманьяке. Концентрация ванилина, сиреневого, каниферилового и синапового альдегидов варьировала в следующих пределах: 0,25–1,3 мг/дм³, 0,5–2,0 мг/дм³, 0,05–1,1 мг/дм³ и 0,07–0,21 мг/дм³. При этом, в процессе выдержки в результате окислительных процессов доля коричных альдегидов в общем количестве ароматических альдегидов уменьшалась.

Что касается ароматических кислот, то первые годы выдержки коньячных спиртов эти кислоты накапливаются преимущественно за счет экстрагирования из древесины дуба. В дальнейшем, при замедлении экстракционных процессов возрастают масштабы реакций гидролиза и окисления, что, с одной стороны, понижает концентрацию таких кислот, как пара-оксибензойная и феруловая, а с другой – способствует дополнительному накоплению в спирте ванилиновой и сиреневой кислот (Мартыненко, 2000) (прил. Г. рис. Г.44).

При созревании коньячных спиртов из ванилиновой, феруловой, и паракумаровой, синаповой кислот образуются гваякол, пара-винилгваякол, ванилин, пара-этилфенол, пара-винилфенол, пара-оксибензальдегид, эвгенол и т. д (прил. Г. рис. Г.45). (Писарницкий и др., 1979). Летучие фенолы, в том числе эвгенол, активно участвуют в образовании сложного букета коньяков, придавая им ва-

нильно-ореховые, карамельные, пряно-гвоздичные оттенки (Оганесянц, 1997, 1998). В настоящее время по содержанию эвгенола судят о качестве коньячного спирта.

По данным Коноваловой Н.Н. (2004) в процессе глубокой деградации лигнина при выдержки коньячных спиртов в дубовых бочонках, в раствор переходят (в органолептически значимых концентрациях) кроме вышеперечисленных соединений—этилгваякол, сирингол, фенилэтилацетат, диметилбензальдегид, фенилэтиловый спирт, пропиогваякон, крезолы.

Последние два соединения, представленные на рисунке, входят в состав невыдержанных коньячных спиртов, где они представлены в основном за счет дрожжей. В процессе выдержки концентрация производных фенилэтилового спирта увеличивается.

4.4 Экстрактивные вещества

В ядровой древесине дуба, кроме веществ, образующих лигнин-полисахаридный комплекс («физико-химический остов клеточной стенки»), присутствуют соединения, которые можно извлекать из древесины полярными и неполярными растворителями, т. е. соединения, растворимые в воде и органических растворителях (диэтиловый эфир, этанол, петролейный эфир, толуол, бензол, метанол, ацетон и др.). Водорастворимые углеводы и неорганические соединения также принадлежат к экстрагируемым веществам. Экстрактивные вещества древесины дуба концентрируются в клетках лучевой и аксиальной паренхимы, в меньших количествах их также находят в срединной пластинке, межклетниках и клеточных стенках трахеид и волокон либриформа. Протопласты тил также содержат значительный, возможно основной, объем экстрактивных веществ. В процессе образования ядра оболочки тил частично разрушаются и их содержимое, в том числе и экстрактивные вещества, откладываются на окружающих клеточных стенках трахеальных элементов ксилемы, пропитывая их.

В ядровой древесине дуба содержится до 15 % экстрактивных веществ.

Содержание и состав экстрактивных веществ варьируют в зависимости от породы дерева (вида дуба), но в пределах породы также существуют колебания,

связанные с географическим местопроизрастанием и сезоном (Dahm, 1970, Snajberk K and Zavarin E. 1976, Su et al, 1981). Состав экстрактивных веществ можно использовать для определения древесных пород, трудно различаемых по анатомическим признакам (Seikel et al, 1965).

Некоторые древесные породы содержат экстрактивные вещества, токсичные для бактерий, грибов и термитов. Другие экстрактивные вещества придают древесине цвет и запах. Несмотря на эти свойства, существуют мнения (Sander mann, 1966), что большинство экстрактивных веществ не участвует в жизни клеток и не имеет существенного значения.

По химическому составу (Азаров и др., 1999; Кононов Г.Н., 2002) в экстрактивных веществах древесины выделяют следующие основные классы соединений: углеводороды (главным образом, терпеновые); спирты (многоатомные, высшие алифатические, циклические, в том числе терпеновые и стеринны) свободные и связанные; альдегиды и кетоны (относящиеся к терпеноидам и др.); кислоты высшие жирные и их эфиры (жиры и воски); смоляные кислоты (производные дитерпенов); углеводы (моно- и олигосахариды, водорастворимые полисахариды, полиурониды) и их производные (гликозиды и др.); фенольные соединения (таннины, флавоноиды, лигнаны, гидроксистильбены и др.); азотсодержащие соединения (белки, алкалоиды и др.); соли неорганических и органических кислот.

В зависимости от метода выделения экстрактивных веществ их подразделяют на три группы: летучие с водяным паром (эфирные масла); растворимые в органических растворителях (камеди, смолы, смоляные и жирные кислоты, нейтральные вещества); растворимые в воде (катехиновые таннины, эллаго- и галлотаннины, моносахариды, олигосахариды, пектиновые вещества, гликозиды, белки и т.д.).

Терпены и терпеноиды входят в состав эфирных масел. Некоторые «тяжелые» терпеноиды (такие, как ситостерины) не летучи и экстрагируются органическими растворителями. К летучим терпенам древесины дуба относятся: линалоол, цис- и транс-транс-фарнезол, α - и β -йонон и др. Фарнезол обладает приятным ароматом и оказывает ювенилгормональное (омолаживающее) действие (Скурихин, 2005) К тритерпеноидам – бетулин, фриделин, тараксерол, α - и β -

амирины и др (Гудвин, Мерсер, 1986). К стеролам (стеринам), так же имеющим тритерпеновый скелет, относятся: β -ситостерол, стигмастерол, кампестерол (Δ^5 - 24α -метилстерол), дигидро- β -стерол (следы) и др (биохимия растений, 1968; Фенгел, Вегенер, 1988). (прил. Г. рис. Г.46). β -ситостерол находится в древесине в количестве 0,0007% и переходит в раствор при экстракции в гликозидной форме. Этот гликозид вызывает помутнение коньячных спиртов и виски.

Всего выделяют более 30 различных соединений изопреноидного ряда. Большинство их содержится в древесине дуба в очень малых, органолептически не значимых, концентрациях.

Высшие кислоты в древесине дуба обнаруженные в незначительных количествах (в основном – олеиновая, линолевая, линоленовая (кислоты ненасыщенного ряда) и пальмитиновая (гексадекановая) (кислота жирного (насыщенного ряда))) (прил. Г. рис. Г.47). Они присутствуют как в свободном виде, так и в виде триглицеридов и сложных эфиров с высшими спиртами (воски), гидролизующихся при выдержке алкогольных напитков.

Как отмечают многие авторы, одним из положительных качеств древесины дуба является низкое содержание высших кислот и их производных, относящихся к смолистым веществам. (Личев, 1978; Masuda, Nishimura, 1971; Otsuka et al., 1974; Otsuka et al., 1980; Sefton et al., 1990; Maga, 1989).

Лактоны оксикислот в ядровой древесине дуба содежатся в малом количестве – до 0,4 %. При этом они обладают очень низкими пороговыми органолептическими концентрациями и вносят значительный вклад в букет выдержанных коньячных спиртов.

М.Марше и Е.Жозеф (1975) показали в составе дубовой древесины наличие определенных количеств разных видов кумаринов (прил. Г. рис. Г.48). И чем старше древесина, тем больше количество новых соединений. Кроме того, во время длительной естественной сушки древесины под воздействием энзиматической этерификации такое соединение, как эскулетин, преобразуется в скополетин, который во время выдержки накапливается в коньячном спирте и участвует в формировании тона «старости» коньяка.

А.Ф.Писарницкий (1976) и другие показали, что в древесине дуба содержится от 0,2 до 13 г/кг β -метил- γ -окталактонов (прил. Г. рис. Г.49). Содержание изомерных форм окталактонов в спиртоводных экстрактах древесины зависит от вида дуба и продолжительности «естественной» сушки древесины. β -метил- γ -окталактон имеет аромат кокосового ореха и присутствует в древесине в цис- и транс-формах. Пороговая концентрация транс-формы в 10 раз ниже по сравнению с цис-формой, а аромат цис-формы более благоуханный (Оганесянц, 1998). Идентифицирован предшественник β -метил- γ -окталактонов в древесине – это 3-метил-4-(3,4-диокси-5-метоксибензо)-октановая кислота (Otsuka et al., 1980). Гидролизуясь, он преобразуется в «душистый» лактон.

В очень малых количествах в древесине дуба присутствуют нона- и дека-лактон. В следствии низких концентраций, они почти не оказывают влияния на букет выдержанного коньячного спирта.

Низкомолекулярные фенолы содержатся в экстрактивных веществах древесины дуба. Некоторые из них, представляют собой продукты деградации соединений, которые могут гидролизироваться при экстрагировании древесины (Фенгел, Вегенер, 1988). В спиртоводных экстрактах из древесины дуба обнаружен ряд фенолов, среди которых были идентифицированы синаповый, конифериловый, сиреневый альдегиды, ванилин, пара-гидроксибензальдегид, пропиогваякон и др. Летучая фракция из древесины дуба содержит фенол, крезолы, гваякол, пара-этилфенол, эвгенол, и др. (см. продукты деградации лигнина в разделе «лигнин»).

В древесине дуба (в органолептически незначительных количествах) обнаружены производные 1,4-фенолов – хиноны (например, наиболее распространенный – 2,6-диметоксибензохинон (прил. Г. рис. Г.50)).

Лигнаны (диглинолы) – это фенилпропаноидные димеры. У них (C_6-C_3)-единицы соединены между собой связями C–C между средними атомами углерода боковых цепей (Гудвин, Мерслер, 1986). В древесине дуба (в органолептически мало значимых количествах) обнаружены лигнаны: сирингарезинол, лионирезинол, томасовую и томасидиновую кислоты (прил. Г. рис. Г.50) (Rowe et al, 1972. Seikel et al, 1971). Некоторые из них связаны в виде гликозидов с рамнозой

и ксилозой. Гликозиды лигнанов гидролизуются при выдержке алкогольных напитков. Наибольшие концентрации лигнанов обнаруживаются в заболони дуба.

Флавоноиды. Весьма распространенной группой растительных фенольных соединений, экстрагируемых из древесины, являются флавоноиды (фенольные нетанниды). Это группа родственных фенольных соединений, молекулы которых состоят из двух бензольных колец, соединенных пропановой цепочкой ($C_6-C_3-C_6$)—фенилпропановая структура.

Наиболее распространенные флавоноиды имеют в основе структуру флавана, в которой пропановая цепь участвует в образовании шестичленного кислородного гетероцикла. Эти соединения классифицируют по структуре гетероцикла и входящим в него функциональным группам. Флавоноиды могут конденсироваться друг с другом с образованием бифлавоноидов (проантоцианидинов) и других олигомеров, в частности конденсированных таннинов. Пирокатехиновые или пирогаллольные В-циклы придают флавоноидам свойства антиоксидантов.

Строение некоторых флавоноидов можно вывести из флавона, который рассматривают как 2-фенилбензопирон. Производные флавоноидов, содержащие цикл гидратированного пирана, называют флаванами. Другие производные основной структуры флавона—флаваноны и изофлавоны. Структуры, содержащие раскрытый цикл пирона, называют хальконами, а структуру с циклом фуранона—ауронами. Представителей большинства этих производных флавона находят в древесине различных пород. В образовании конденсированных таннидов участвуют только флавоноиды типа флаван-3-ола и флаван-3,4-диола (Roux et al, 1975).

Содержание флавоноидов в древесине сильно изменяется в зависимости от стадии онтогенеза и действия факторов внешней среды. Флавоноиды заболони представлены в основном гликозидными формами (с $\alpha 1/\beta 1 \rightarrow 3$ ОН-гликозидной связью), тогда, как ядровая древесина содержит преимущественно агликоны. Древесина дуба содержит небольшое количество флавоноидов (менее 0,2%). Но при длительной выдержки коньячных спиртов в дубовой таре в экстракт переходят, органолептически значимые количества флавоноидов, прежде всего, в процессе окисления и дегградации конденсированных таннидов. В коньячных спир-

тах обнаруживаются флаванолы катехиновой подгруппы, обладающие специфическим вяжущим вкусом. В небольших концентрациях в раствор переходят флавонолы, имеющие антиоксидантную (Р-витаминную) активность.

Из ядровой древесины дуба извлекаются спиртоводной смесью ряд флавонолов: кверцетин и его гликозид–изокверцитрин, кемпферол с гликозидной формой–астрагалином и др. (прил. Г. рис. Г.51).

Наиболее важные флаванолы, экстрагируемые (образующиеся) в процессе выдержки спиртов–флаван-3-олы (катехины (катехин, эпикатехин, галлокатехин, катехингаллат, галлокатехингаллат)) и флаван-3,4-диолы или лейкоантоцианидины (лейкоцианидин, лейкоробинетинидин (5–дезоксифлаван–3,4-диол)) представлены на рис. Г.52. (прил. Г).

Танниды (танины). Среди экстрактивных веществ наиболее важную роль при выдержке и созревании алкогольных напитков в дубовой таре играют танины дуба. Их присутствие и трансформации, протекающие с участие различных окислительно-восстановительных процессов, необходимы для получения высококачественной винодельческой продукции (Оганеснц, 1994, 1998; Прида, 2003; Прида, Пуэш, 2002, 2003; Marinov, Pascaleva, 1997; Marinov et al., 1997; Vinot et al., 1993; Vivas, Glories, 1996).

Танины – это гетерогенная группа фенольных производных с молекулярной массой от 500 до 3000, содержащих большое количество гидроксильных групп (одну – две на 100 единиц молекулярной массы) и способных образовывать прочные связи с белками и другими биополимерами (Гудвин, Мерслер, 1986).

Танины присутствуют в запасающих элементах древесины, накапливаются в лучевой и осевой паренхиме. Протопласты тил также содержат большое количество таннидов. Ядровая древесина дуба содержит до 15 % таннидов. В заболонной древесине дуба обнаруживаются незначительные количества танина. Основная масса таннидов синтезируется в процессе ядрообразования. Образовавшиеся танниды накапливаются в паренхимных клетках и, частично, откладываются в стенках прозенхимных клеток. При разрушении протопластов паренхимы ядровой древесины, дубильные вещества пропитывают клеточные стенки окружающих трахеальных анатомических элементов. При этом наблюдается резкое

повышение ряда физико-механических свойств и «биологической» стойкости ядровой древесины в сравнение с заболонью.

Таннины вследствие своей способности связывать белки ингибируют многие ферментные системы, однако, по-видимому, в живых клетках это их свойство не проявляется, поскольку таннины находятся в органеллах, отделенных от цитоплазмы. Однако их способность ингибировать ферменты может иметь значение в отмирающих и отмерших клетках, в частности именно этой способностью может объясняться особенно высокая устойчивость таких клеток по отношению к грибам и другим патогенным организмам. Показано, что таннины подавляют рост многих грибов и, хотя отсюда нельзя сделать вывод, что именно таннины определяют устойчивость растений к болезням, однако не исключено, что они могут вносить определенный вклад в создание устойчивости, подавляя развитие патогенных организмов, особенно в ядровой древесине (биохимия растений, 1968).

Танины дуба можно разделить на две группы: гидролизуемые и негидролизуемые (конденсированные).

Ядром гидролизуемых таннинов является полиоксиалкоголь; обычно (если не всегда) глюкоза, этерифицированная или галловой кислотой (прил. Г. рис. Г.53) с образованием галлотанинов, или гексагидроксидифеновой кислотой (прил. Г. рис. Г.53) с образованием эллаготанинов (эллагиновых танинов). Однако, согласно последним данным, эллаговая кислота (прил. Г. рис. Г.53) – это артефакт, образующийся в результате лактонизации гексагидроксидифеновой кислоты. Следовательно, и само название «эллаготанин» неправомерно (Гудвин, Мерслер, 1986). На рис. Г.54 (прил. Г) представлена типичная структура галлотанина.

В ядровой древесине дуба обнаружены следующие гидролизуемые гексагидроксидифеновые (эллагиновые) танины: вескалагин и его аномер – вескалин, касталагин и его аномер – касталин, грандинин, робурин Е и димерные формы: робурин А, робурин Д, робурин В, робурин С. Во фракции таннинов древесины дуба скального вескалагин и касталагин составляют до 44 %. (Puech et al., 1999, Mayer et al., 1969, 1971). В заболонной и ядровой древесине *Quercus alba* и *Q. rubra* найдены галлотаннины (например, гамамелитанин (прил. Г. рис. Г.55)

(Seikel et al, 1971)). Сложноэфирная связь в данных соединениях легко подвергается кислотному, щелочному, а также ферментативному гидролизу с выделением соответствующих кислот (Фенгел, Вегенер, 1988).

Экстрагирование всех форм эллаготанинов происходит одновременно и зависит лишь от условий проведения экстракции и первоначального содержания их в древесине (Marinov et al., 1997). При выдержке коньячного спирта галло- и эллаготанины гидролизуются с образованием соответствующих кислот, а также подвергаются окислению. Их трансформация приводит к положительному изменению цвета, букета, вкуса крепких напитков – коньяки приобретают мягкость, полноту, маслянистость и т.д. Неокисленные гидролизующиеся танины придают коньячным спиртам горькие тона.

Конденсированные танины имеют отличную от гидролизующихся танинов структуру, их молекулы лишены углеводных структур, содержат от 3 до 8 и более флавоноидных единиц, соединенных С–С связями. Единственными составляющими конденсированных таннидов являются катехины (флаван-3-олы) и лейкоантоцианидины (флаван-3,4-диолы). Первой ступенью реакции конденсации является образование бифлавоноидов (проантоцианидинов). Эта группа природных соединений широко распространена в различных тканях растений (Bate-Smith, 1975, Foo and Porter 1980, Thompson et al, 1972) Некоторые бифлавоноиды, выделенные из древесины лиственных пород, показаны на рис. Г.56 (прил. Г). Истинные конденсированные танниды состоят из трех—восемью флавоноидных единиц (рис. Г.56). Выделены также и танниды с более высокой молекулярной массой (более 3000), соответствующей 10—11 единицам флавоноидов (Roux et al, 1975). При обработке гидролитическими агентами конденсированные таннины не дают сколько-нибудь значительных количеств низкомолекулярных соединений; наоборот, они имеют тенденцию полимеризоваться (особенно в кислоте) с образованием аморфных, часто окрашенных в красный цвет соединений, называемых флобафенами (Гудвин, Мерслер, 1986).

Экстракты конденсированных таннидов дуба имеют горький, сильно вяжущий вкус. В процессе созревания коньячного спирта конденсированные танины способны окисляться с получением нерастворимых соединений—флобафенов.

Содержание эллагиновых танинов в древесине дуба значительно превышает концентрацию катехиновых (Scalbert et al., 1989). По данным Л.А. Оганесянца (1998), концентрация катехиновых танинов в древесине дуба, произрастающего в Краснодарском крае и Республике Адыгея, составляет 0,39–0,7 мг/г, а эллагиновых – 4,2–12,1 мг/г. Автором установлено, что при выработке коньяка и подобных ему продуктов, необходимо, чтобы в древесине дуба, используемого для изготовления бочек, содержание катехиновых и эллагиновых таннинов было не менее 0,5 мг/г каждого типа.

При естественной «биологической» выдержке дубовой клепке в течение 2–3 лет происходит потеря основной массы всех типов таннидов за счет процессов деградации (прежде всего – гидролиза галлотаннидов) и вымывания.

ГЛАВА 5.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО СПИРТОВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСИНЫ РАЗНЫХ ВИДОВ ДУБА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ.

5.1 Влияние видовой принадлежности дуба

Разные виды дуба отличаются между собой по содержанию в древесине фенольных (нелетучих) веществ и веществ ароматической группы (летучих), представляющих наибольший интерес для виноделия. Они, как неоднократно упоминалось, активно участвуют в сложных химических реакциях, влияющих на органолептические показатели продукции при ее выдержке в дубовых бочках.

При изучении различных видов дуба (Pearl et al, 1957) установили наличие в них различных фенольных кислот — как в свободных, так и в связанных формах. Эти же авторы наблюдали иногда заметные изменения содержания кислот в зависимости от вида дуба. В древесине дуба, по их данным, в основном преобладают бензойные кислоты, такие, как ванилиновая и сирингиловая, при этом отмечается также присутствие феруловой кислоты.

Многочисленные кумарины, свободные и связанные с сахарами (эскулин или эскулетин, скополин и скополетин, омбеллиферон, метиломбеллиферон),

также обнаружены в древесине дуба, в винах и спиртах, выдержанных в бочках, изготовленных из того же дуба (Marche, Joseph, 1972, Seikel et al, 1971). Эти авторы идентифицировали диметокси-2,6-бензоквинон в древесине дуба и выявили в экстрактах древесины мономеры и полимеры галловой и эллагиновой кислот с глюкозой (гидролизующие танины), которые являются основными фенольными веществами дуба.

Исследования Майера (Mayer, 1971) и Скальберта (Scalbert, 1986, 1990) позволили определить структуру основных эллаготаннинов, но при этом целый ряд молекул еще остается неидентифицированным, в частности галловые эфиры. Несмотря на это, удалось обнаружить некоторые различия в составе этих таннинов в древесине черешчатого и скального дуба.

Аналогичные исследования проводились и в Японии. Впервые Масуда и Нишимура (Masuda, Nishimura, 1971) идентифицировали изомеры метилокталактона с эвгенолом и γ -ноналактона в древесине различных видов дуба.

Сэфтон и др. (Sefton et al, 1993) изучали в сравнении летучие вещества белого и скального дуба. Указанные авторы установили различия в составе изомеров метилокталактона и изопреновых веществ в древесине указанных двух видов дуба.

В таблице Д.7 (прил. Д) (по Л.А. Оганесянцу (1998)) приведены данные анализа древесины дуба двух видов (скального и черешчатого). Установлено, что дуб черешчатый содержит гораздо больше экстрактивных веществ, чем дуб скальный. К тому же скальный дуб более чем в три раза беднее черешчатого по содержанию полифенолов, растворимых в водноспиртовой среде.

При сравнении черешчатого и скального дубов по содержанию таннинов показатели первого на 30 % выше, что соответственно влияет и на цветность. Для обоих видов дуба содержание эллагиновых таннинов значительно выше, чем катехиновых.

Определение содержания основных экстрактивных эллаготаннинов методом ВЭЖХ показывает, что существующие различия по рассматриваемым видам дуба заключаются лишь в количественных характеристиках.

В таблице Д.8 (прил. Д) (по Л.А. Оганесянцу (1998)) приведены показатели содержания эвгенола, свободного метилокталактона в форме нелетучего предше-

ственника и ванилина в экстрактах дуба различного происхождения.

Отмечаются большие различия в содержании летучих веществ по видам дуба. Так, в скальном дубе по сравнению с черешчатым содержание метилокталактона почти в четыре раза выше, эвгенола—в три раза, а ванилина—в 1,5 раза.

Таким образом, дуб черешчатый характеризуется высоким содержанием полифенолов и низким содержанием ароматических веществ, в то время как дуб скальный—меньшим содержанием танинов и значительно более высоким содержанием ароматических компонентов.

5.2 Влияние географического происхождения дуба

Известно, что при производстве отечественных винодельческих бочек в основном использовался дуб лесных массивов Краснодарского края и Адыгейской Республики. Каждый географический район происхождения поставляемого дуба, по мнению виноделов и бондарей, имеет особые свойства и характеристики, влияющие на качественный состав древесины дуба и соответственно на формирование специфического вкуса и аромата вин и коньяков.

В таблице Д.9 (прил. Д) приведены результаты исследований по основным районам происхождения дуба с юга России, используемого в производстве винодельческих бочек (по Л.А. Оганесянцу (1998)).

Так, дуб из Апшеронского и центра Майкопского районов заметно отличается от дуба других районов более высоким содержанием нелетучих экстрактивных веществ, в частности фенольных. Другие районы незначительно различаются между собой по этим показателям, кроме Хадьженского, который занимает промежуточное место. При этом показатель цветности дуба из центра Майкопского района наиболее высок по сравнению с древесиной из других мест происхождения.

По содержанию летучих компонентов также наблюдаются некоторые различия. Так, древесина дуба из Хадьженского, Горячеключевского и юга Майкопского районов четко отличается от древесины из других районов повышенным содержанием метилокталактона, эвгенола и ванилина. Что касается дуба из Афипского района, то он занимает промежуточное положение практически по

всем показателям.

Исследование различий физико-химического состава дуба юга России в зависимости от географии дает возможность выделить основные районы его заготовок. Апшеронский район Краснодарского края и центр Майкопского района Адыгеи являются в основном зонами произрастания популяции черешчатого дуба, которая очень близка по своим характеристикам к лемузенскому дубу, используемому французскими специалистами для производства коньячных бочек. Дуб из этих районов обладает особыми качествами, необходимыми для выдержки спиртов, так как является более пористым в сравнении с дубом из других районов. Бочки, изготовленные из него, способствуют испарению этанола и обогащают спирты таннинами, что очень ценится при формировании вкуса будущего коньяка.

Древесина из других районов также различается между собой по физико-химическим показателям экстрактов, и в первую очередь по содержанию летучих веществ. Дуб из Горячеключевского, Хадыженского районов и юга Майкопского района более богат ароматическими веществами, но меньше — содержанием таннинов. Дуб из Афипского района содержит меньше таннина, но заметно превосходит древесину из перечисленных районов по содержанию метилоктактолактона.

Приведенные данные совпадают с характеристиками древесины дуба этих районов, полученными чисто эмпирически: мелкопористая, с низким содержанием таннинов, которая при контакте с вином или коньяком медленно передает ей тон древесины дуба. Древесина из Хадыженского, Горячеключевского и юга Майкопского районов по основным признакам близка к древесине дуба Центрального района Франции, которая высоко ценится при выдержке первосортных красных вин. Дуб из Афипского района, где преобладает среднепористая и мелкопористая древесина, близка к вогезской и бургундской древесине, которая хорошо себя зарекомендовала при производстве тонких белых французских вин.

Основываясь на результатах исследований разнообразия структуры и состава древесины дуба южного региона России и известных регионов Франции, а также используя сложившуюся на основании многолетнего практического опыта бондарей и виноделов Франции классификацию древесины дуба для виноделия,

Л.А. Оганесянц выделяет три категории древесины на юге России:

1. Древесина с мелкососудистыми кольцами, с малым содержанием фенольных соединений и с большим содержанием ароматических веществ (тип древесины Центрального района) пригодна для выдержки первосортных вин, в особенности красных. Запасы этой древесины в основном находятся в Ходыженском районе Краснодарского края;

2. Древесина с мелкососудистыми и среднесосудистыми кольцами, обладающая средним процентным содержанием фенольных и душистых соединений (типа вогезской и бургундской древесины), особенно подходит для виноделия и выдержки белых вин. Массивы дуба, аналогичного по своим характеристикам вогезской и бургундской группам, расположены в Афипском, Горячеключевском районах Краснодарского края и на юге Майкопского района Республики Адыгея;

3. Древесина с крупнососудистыми кольцами, богатая фенольными соединениями, с небольшим процентным содержанием душистых веществ. Это типично лемузенская древесина. Она непригодна для хранения вин с тонким букетом. Особенно ценится для выдержки коньячных спиртов типа коньяк и арманьяк. На юге России дубовые массивы с такой характеристикой расположены в Апшеронском районе Краснодарского края, а также в центре Майкопского района Республики Адыгея.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА 6.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При оценке качества древесины дуба с целью определения ее пригодности для использования в виноделии нами выделены показатели, имеющие для данной цели диагностическое значение.

- 1) Протяженность и процент зон ранней и поздней древесины.
- 2) Средний диаметр, характер расположения и степень затилывания сосудов ранней древесины.

- 3) Расположение и количество сосудов поздней древесины.
- 4) Строение однорядных лучей, число широких лучей на единицу площади поверхности тангентального среза, протяженность зоны контакта с сосудами.
- 5) Содержание осевой паренхимы, расположение паренхимных клеток в годичном приросте и связь с остальными структурными элементами древесины.
- 6) Содержание волокон либриформа, расположение основных скоплений волокон в приросте.
- 7) Наличие микобиоты, ее видовой состав, места скопления, степень заселения древесины.
- 8) Величина годичного прироста и ее варьирование.
- 9) Химический состав спиртоводного экстракта древесины.
- 10) Показатель цветности спиртоводного экстракта древесины.

6.1 Происхождение образцов

Образцы древесины из Франции были взяты в лесах, расположенных на севере 45 параллели, откуда поставляется древесина для бочарного производства: Центральный регион, Лимузен, Бургундия и Вогезы. Российские образцы были взяты из Теллермановского лесничества (Воронежская область) – из ранних (пойменных) и поздних (нагорных) формаций дуба черешчатого. Дополнительно проведен сбор образцов древесины из Дальневосточного края, в районе Краснодара, в лесных массивах Республики Адыгея из Киевской области.

6.2 Методика анатомических исследований

За основу нами принята классическая методика, изложенная в работах по общей анатомической и микроскопической технике (Ромейс, 1953; Яценко-Хмелевский, 1954; Роскин, 1954; Наумов, Козлов, 1954; Прозина, 1960; Дженсен, 1965; Руководство по цитологии, 1966; Лилли, 1969; Меркулов, 1969; Кухтина, 1971; Паушева, 1980; Хржановский, Пономаренко, 1989; Юрина, Радостина, 1995; Барыкина и др., 2004; и др.).

Нами разработана и апробирована (в лаборатории анатомии растений МГУЛ и лаборатории технологии коньяка и крепких напитков ГНУ ВНИИ-ПБиВП) специальная методика анатомических исследований древесины дуба,

особенности которой описаны в научных отчетах лаборатории технологии коньяка и крепких напитков ГНУ ВНИИПБиВП (за 2002, 2003, 2004 г.). Методика разделена на следующие этапы исследования: сбор образцов, предварительная обработка образцов древесины, пропитка и удаление воздуха из древесины, размягчение и промывка материала, изготовление микросрезов, окрашивание, промывка, обезвоживание и заключение срезов, микроскопирование и микрофотография.

В эту методику мы внесли свои изменения и дополнения. В частности: 1) для быстрого определения величины и варьирования радиального прироста, протяженности и процента зон поздней и ранней древесины использовалась разработанная нами методика (Аксенов П.А., 2002), основанная на макроскопическом анализе зашлифованных поперечных плоскостей спила и исследовании сколов древесины; 2) пропитка проводилась с использованием созданной нами вакуумной системы для удаления газов из образцов и пропитки древесины; 3) размягчение древесины проводилось с использованием специально разработанных режимов пластификации в зависимости от твердости; 4) изготовление срезов проводилось с применением нестандартных углов резанья и криотомов; 5) использовались оригинальные методы окраски срезов (тионин + генцианвиолет, специально подготовленный сок черники и др.); 6) для изучения и фотосъемки срезов использовались нестандартные методы освещения объектов и комбинирования оптических систем световых микроскопов.

6.2.1 Сбор образцов

Спилы. В насаждении, со стволов поваленных модельных деревьев берутся спилены толщиной 2–3 см с помощью бензиномоторной пилы с мелкими зубцами пильной цепи. Высота взятия спила, в среднем, должна соответствовать 1,3 м от уровня земли. При этом необходимо вести учет образцов по их видовой принадлежности и экологическим особенностям произрастания насаждений. Число используемых моделей определяется эмпирически в зависимости от однородности насаждения, рельефа и почвенно-грунтовых условий.

Образцы из высушенной клепки получают путем выпиливания срединных фрагментов, толщиной 2 – 3 см. При условии однородности клепки (по нашим наблюдениям) достаточно трех фрагментов.

В случае, когда невозможна валка деревьев, допустимо взятие спилов из нижней части толстых скелетных ветвей. Однако, вопрос о степени соответствия анатомической структуры древесины ствола и скелетной ветви нуждается в дополнительной доработке. Необходимо проводить корректировку по наличию тяговой древесины.

6.2.2 Предварительная обработка образцов древесины

Для быстрого определения величины и варьирования радиального прироста, протяженности и процента зон поздней и ранней древесины используется разработанная нами методика (Аксенов, 2002), основанная на макроскопическом анализе зашлифованных поперечных плоскостей спила.

Образцы высушивают в теплом помещении с пониженной влажностью до воздушно-сухого состояния. Затем их подвергают шлифовке на шлифовальном станке с бегущей лентой, покрытой наждачным порошком средней зернистости с примерно одинаковым давлением, воздействующим на единицу площади разных участков торцовой поверхности. В некоторых случаях мы применяем методику зачистки сухой поверхности древесины с использованием ножей с углом заточки 30-35° или скалывания в продольных плоскостях (данная методика представлена на профессорско-преподавательской конференции МГУЛ 2010г.).

Измерение макроанатомических параметров древесины проводится с использованием микроскопа МБС – 10, снабженного окулярной линейкой или с помощью измерительного микроскопа МИ – 1. Измерения проводят минимум по двум взаимоперпендикулярным направлениям.

На плоских сколотых тангентальных поверхностях спилов стволов и клепки определяется число широких радиальных лучей на единицу площади. При этом поверхность с помощью простого карандаша аккуратно разграничивают на несколько прямоугольников, далее определяют их площади и подсчитывают количество широких лучей с применением 5 –7[×] плосковыпуклой лупы или микро-

скопа МБС – 10. Подсчет однорядных лучей проводится при больших разрешениях прямых биологических микроскопов (МБИ-15, Jenaval)

6.2.3 Пропитка и удаление воздуха из древесины

Для приготовления микропрепаратов древесины дуба необходимо иметь размягченные образцы, в структуре которых отсутствуют свободные газы.

Так, как структурные элементы высушенной древесины заполнены воздухом, который затрудняет процесс размягчения материала, необходимо прибегнуть к замещению его жидкостью при пониженном давлении.

Кусочки древесины (стволовые высечки, участки спилов, полученные путем раскалывания их в определенных направлениях) помещают в дистиллированную воду или спиртоглицеринову б смесь (1:1), наполовину заполняющую сосуд вакуумной системы изображенной на рисунке Е.57 (прил. Е) и подвергают циклическому вакуумированию в растворителе под гнётом.

Степень разряжения должна составлять 10 – 15 мм рт. ст., температура воды – не выше 25 – 28 °С; в противном случае произойдет закипание воды. Обработку проводят циклически (изменяя давление в системе от 10 – 15 мм рт. ст. до 1 атм) с периодичностью 2-5 часов, до тех пор, пока при кратковременном повышении давления на 50 – 100 мм рт. ст. все образцы материала не опустятся на дно. Затем давление приводится до уровня атмосферного.

6.2.4 Размягчение и промывка материала

Для улучшения процесса резки тканей на микротоме и получения качественных тонких срезов, образцы древесины подвергают длительному воздействию размягчающей смеси или кратковременному кипячению.

Хорошие результаты дает следующий метод размягчения древесины: кусочки древесины выдерживаются в смеси глицерина, этилового спирта и воды (1:1:1) в течение длительного промежутка времени, зависящего от размеров и твердости объекта (для кубика со стороной 1 см, не менее 20-30 дней). Срок размягчения можно значительно сократить (в 2-3 раза), поместив сосуды в термостат, настроенный на температуру 40-45 °С. В спирто-водно-глицериновой смеси

древесина (без значительных изменений микроструктуры) может храниться, практически, неограниченное время.

6.2.5 Изготовление микросрезов

Структурные особенности тканей древесины изучаются под прямым биологическим микроскопом на срезах, изготовленных с помощью салазочных и ротационных микротомов. В некоторых случаях (резка мягких тканей (изготовление тангентальных срезов камбия)) применяются замораживающие ротационные микротомы – криотомы. В нашей работе мы использовали криотом Leitz.

Основная масса срезов изготавливается на медицинском санном микротоме с автоматической подачей объекта. Угол наклона ножа устанавливается по методу Ромейса (угол между блоком и плоскостью заточки ножа $\approx 1,5 - 2^\circ$). Оптимальный угол отклонения ножа от оси его перемещения определяется эмпирически, в процессе резки и зависит в основном от твердости образца.

Серии одинаковых по толщине тангентальных срезов получали на ротационных микротоме, при этом угол наклона ножа устанавливается так же, а угол отклонения остается постоянным и составляет 90° .

Ряд тангентальных срезов получали на криотоме фирмы Leitz, позволяющем замораживать объект до температуры, не зависящей от температуры ножа. Температура объекта, угол наклона и температура ножа определяются эмпирически в процессе резки. Угол отклонения = 90° . Угол заточки ножа = $25-30^\circ$. Полученные срезы переносили в водную или спиртоводную среду.

6.2.6 Окрашивание, промывка, обезвоживание и заключение срезов

Для определения процента поздней древесины, величины годичного прироста, подсчет количества клеток в радиальном ряду и прочих операций, не требующих точных микрометрических измерений, исключая микрофотографию, препараты изготавливали по упрощенным схемам.

1) Срезы без промывки и окрашивания сразу заключали в глицерин, после чего приступали к микроскопированию. Срок годности таких препаратов = 3 – 10 дней.

2) Срезы окрашивали 0,1 % – водным раствором хризоидина или реакти-

вом Шода, после чего длительно промывали в воде, проводили через глицерин и заключали в глицерин-желатину. Срок годности таких препаратов = 1 – 2 года.

Во всех остальных случаях пользовались классическим методом изготовления постоянных бальзамических микропрепаратов с внесением некоторых модификаций в стандартные методики.

Для окраски ксилемы дуба наиболее подходящими оказались красители, приведенные в таблице Е.10 (прил. Е).

6.2.7. Микроскопирование и микрофотография

Определение количества поздней древесины, величины радиального прироста, определение расположения и подсчет сосудов ранней и поздней древесины (на микропрепаратах) проводится под стереоскопическим микроскопом МБС – 10 или Citoval (Karl Zeiss) с использованием окулярной линейки (цена деления определяется по объект-микрометру ОМП – 1 (ГОСТ 7513 – 55)) и нижнего освещения. Подсчет количества и размеров сосудов удобно проводить, снабдив микроскоп демонстрационной насадкой, проецирующей изображение на плоскость матового стекла.

Измерение толщины клеточных стенок, диаметров сосудистых и волокнистых трахеид, изучение расположения и контактов осевой паренхимы, изучение структуры сердцевинных лучей и некоторые другие исследования проводятся под микроскопами категории МБИ (МБИ – 15, МББ – 1А, Jenaval), снабженными планахроматическими объективами высоких апертур. Настройка освещения осуществляется по методу Келлера. При проведении микроизмерений к тубусу микроскопа присоединяется винтовой окуляр-микрометр типа МОВ – 1 – 15 или АМ9 – 2.

Степень затиллованности сосудов ранней древесины определяется на толстых радиальных срезах (или на продольных сколах) при малом увеличении микроскопа как малая, средняя и высокая. Косвенно такую оценку можно провести на толстых поперечных срезах, анализируя частоту встречаемости вазисентрической паренхимы, частоту контактов радиальных лучей со стенками сосудов и учитывая наличие обрывков стенок тилл в просветах члеников сосудов.

Оценку расположения сосудов поздней древесины удобно проводить на микросрезках при среднем увеличении под стереоскопическим микроскопом.

Микрофотографирование проводится с помощью универсальной пленочной австрийской микрофотонасадки Reichert Diavar.

Для цифровой микрофотосъемки и наблюдения микроструктур по дисплею компьютера через световой микроскоп разработан методический подход к применению цифровых камер (фотоаппаратов) производства фирмы Sony (DSC-W1), Nikon. Такие камеры позволяют передавать изображение в цифровом формате с высоким уровнем качества в память компьютера и на экран для просмотра или дополнительной обработки. При этом обеспечивается приемлемое сохранение параметров разрешения и контраста, определяемых объективом микроскопа. Использование этого приема существенно облегчает работу и увеличивает точность анатомо-гистохимических измерений. Кроме того, упрощается задача представления графических материалов.

6.3 Методика гистохимических исследований

Гистохимические исследования выполнялись как по стандартным методикам (Прозина, 1960, Дженсен, 1965, Барыкина и др., 2004), так и по специальной методике, изложенной ниже.

Заготовленные заранее и высушенные образцы подвергались размягчению смесью 96 %-ный этанол-глицерин-вода (1:1:1) в течение месяца с предварительным удалением воздуха из древесины методом вакуумирования. Образцы, взятые из стволов живых деревьев, предварительно фиксировали в смеси Чемберлена. Срезы толщиной 10-15 мкм изготавливали на салазочном микротоме МС-2 и ЛКВ-4, затем промывали и дифференцировано окрашивали рядом прогрессивных и регрессивных гистохимических реагентов. В некоторых случаях, окраску дополнительно дифференцировали до желаемых оттенков и появления четких различий. Далее срезы обезвоживали и заключали в глицерин, дистиллированную воду или канадский бальзам.

Компоненты и структуру клеточных стенок анализировали с применением некоторых специфических гистохимических реакций (хлор-цинк-йодная, флороглюциновая, реакция Меуле, реакция Шиффа).

Наиболее часто прибегали к поляризационной микроскопии (при частично скрещенных николях). Это позволяло:

- 1) Идентифицировать и измерять отдельные слои клеточной стенки
- 2) Выявлять кристаллы и друзы в анатомических элементах древесины
- 3) Контрастировать пары пор и определять их структурные особенности
- 4) Выявлять наклон волокон в механических элементах древесины
- 5) Идентифицировать «желатинозные» волокна.

Чаще всего проводилось комбинирование регрессивной окраски и поляризационной микроскопии объектов.

Природу кристаллических отложений определяли методом «кислотных проб».

6.4 Методика исследований химического состава экстрактов древесины

Приготовление и химический анализ спиртоводных экстрактов древесины проводился по следующей схеме:

- 1) Образцы древесины высушивались до воздушно сухого состояния.
- 2) Древесину измельчали методом растирания до мелкодисперсного состояния.
- 3) Экстракция проводилась в темноте 55 % водным этанолом (рН=2,5–3,5) в течение месяца при нормальных условиях с периодическим взбалтыванием содержимого. Затем экстракт очищали от механических примесей методом центрифугирования или фильтрования.
- 4) Центрифугат (фильтрат) анализировали с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Ароматические альдегиды и кислоты, фурановые альдегиды в опытных и контрольных образцах определяли на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-4A (Япония). Содержание экстрактивных веществ пересчитывали на 1 г древесины.
- 5) Содержание экстрагируемых общих полифенолов проводили по стандартной методике Фолина-Чокальтеу.
- 6) Показатель цветности экстракта определяли по стандартной методике с помощью фотоколориметра КФК–2.

Компоненты древесины дуба в дубовых экстрактах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Для этого пробу разбавляли водно-спиртовой смесью 40 % об. в соотношении 1:20, фильтровали через полимерный пористый фильтр (5 мкм). В хроматограф вводили 40 мкл пробы. Хроматографирование проводили на колонке Zorbax Eclipse. Состав элюента – ацетонитрил: 2 %-ный раствор H_3PO_4 в воде в количественном соотношении 15:85, скорость потока 1,0 мл/мин. Регистрировали аналитический сигнал при длине волны 280 нм.

Измерение оптической плотности в контрольных и опытных образцах производили в лаборатории технологии коньяка и крепких напитков (ГНУ ВНИИПБиВП) на спектрофотометре СФ-2000, используя кюветы с длиной оптического пути 1 см. Образцы разбавляли водно-спиртовой смесью (40%) в 100 раз и проводили анализ в диапазоне 200-800 нм. Светопропускание определяли на фотоэлектроколориметре КФК-2 в кюветах с длиной оптического пути 1 см.

Особое внимание уделяли измерению оптической плотности при длине волны 420 нм, характеризующей цветность дубовых экстрактов.

При органолептической оценке дубовые экстракты разбавляли до 40 % об.

Проанализирована ядровая древесина более 200 деревьев дуба. В ходе исследования были определены гистометрические параметры более чем 400 микросрезов древесины дуба. Проведен хроматографический анализ спиртоводных экстрактов из более, чем 80 образцов древесины. Результаты исследований обработаны статистически с использованием программы Microsoft Excel. Достоверность результатов проверялась на 5% уровне значимости.

ГЛАВА 7.

АНАТОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ВИНОДЕЛИИ

В данном разделе приведены результаты некоторых сравнительно-анатомических исследований ядровой древесины разных видов, экотипов и фенотипов дуба, используемой или предположительно пригодной к винодельческому производству. Рассмотрены особенности строения древесины следующих таксонов и экотипов дуба: дуб черешчатый – ранняя и поздняя фенотипы (из ТОЛ), дуб черешчатый - образцы из Франции, провинция Лимузен, дуб скальный, дуб каштанолистный – образцы из Ирана, дуб монгольский – из южной части Хабаровского края,

Приморья, дуб белый – из Северной Америки.

Ниже приводим описание наших анатомических препаратов. Эталонном при описании условно принят дуб черешчатый из Теллермановского лесничества Воронежской области. При описании строения древесины других видов и образцов из других регионов приводятся только отличия от "эталонного" образца.

7.1 Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) – ранняя и поздняя феноформы

Образцы древесины ранней (*Q. robur* L. f. *praecox* Czern.) и поздней (*Q. robur* L. f. *tardiflora* Czern.) феноформ из Теллермановского опытного лесничества (ТОЛ).

Поперечный срез. В широких годичных кольцах сосуды ранней древесины расположены в 3–4 слоя. В очень широких (2–4 мм и более) – образуют слегка изогнутые радиальные цепочки, включающие до 6–8 просветов. Иногда цепочки широких сосудов плавно переходят в скопления поздних узкопросветных. Однако, чаще переход от широких сосудов к узким резкий. Радиальный диаметр сосудов ранней древесины поздней феноформы изменяется в пределах 190–260 мкм (диаметр сосудов ранней формы на 10–15 % меньше). Очертания просветов крупных сосудов округлые, эллиптические; ближе к границе годичного прироста некоторые неправильно эллиптические. Просветы крупных сосудов организованы в группы, сужающиеся в сторону поздней древесины. Толщина стенок члеников сосудов немного превышает толщину стенок трахеид. В ядровой древесине широкие сосуды заполнены тилами.

Просветы узких сосудов поздней древесины многоугольные. Группируются они, образуя на поперечном срезе весьма разнообразные фигуры. В широких кольцах – организованы в радиально удлиненные группы. В средних по величине приростах группы поздних сосудов шире и имеют заметно выраженную тенденцию расширяться в сторону внешней границы кольца. В целом доля узкопросветных сосудов в широких годичных слоях древесины значительно меньше, чем в узких. Тилы в узких сосудах редки. Их встречаемость увеличивается с ростом ширины годичного кольца (рис. 58).

Сосудистые трахеиды присутствуют главным образом в ранней древесине в цепочках между широкими сосудами, контактируют с тангентальными участками стенок сосудов (рис. 59). В поздней древесине эти элементы труднее отличать от волокнистых трахеид.

Волокнистые и сосудистые трахеиды сосредоточены в зонах, обособленных группами как широкопросветных, так и узкопросветных сосудов. От клеток либриформа волокнистые трахеиды отличаются на поперечных срезах большими просветами и сравнительно тонкими оболочками. От сосудистых трахеид они отличаются меньшим поперечным сечением и более угловатой формой оболочек (рис. 58).

Клеток или, как часто говорят, волокон либриформа в очень узких годичных кольцах может не быть. В широких – их доля может составлять до 50 % объема древесины. В целом, содержание волокон либриформа пропорционально проценту поздней древесины. На поперечных срезах волокна хорошо отличимы большой толщиной стенок и угловатыми очертаниями. Ширина просветов у клеток либриформа может быть меньше ширины клеточной стенки. У всех других клеток в древесине дуба черешчатого толщина оболочек значительно меньше. В годичных кольцах, в поздней древесине, волокна обычно образуют обособленные плотные группы-зоны, разнообразие в которые вносят только цепочки клеток тяжелой паренхимы и узкие лучи. Последние, пересекая зоны волокон, сужаются в 1,2–2,2 раза. Увеличение ширины годичного кольца связано с возрастанием упорядоченности расположения зон волокон либриформа. Форма и тип расположения зон волокон на поперечном срезе широкослойной древесины являются видоспецифичными признаками для рассматриваемых видов дуба.

Вторичные оболочки либриформа лигнифицированы значительно меньше, чем первичные. Часто в поздней древесине широких годичных колец зоны либриформа частично или полностью замещены желатинозными клетками или желатинозными волокнами. На анатомических препаратах желатинизированные вторичные оболочки деформируются и разрываются под воздействием реагентов, применяемых для приготовления постоянных препаратов, что говорит об их низкой прочности. Желатинозные волокна до настоящего времени недостаточно изучены, но судя по анатомическим препаратам, есть основание считать, что по механическим свойствам они, по крайней мере, не превосходят другие структурные элементы. Все это в известной мере входит в противоречие с представлением о том, что прочность древесины дуба определяется в основном волокнами либриформа.

Лучи гомогенные – широкие и однорядные. Однорядные лучи на поперечном срезе в поздней древесине широких годичных колец располагаются в виде довольно

правильных прямых линий. При встрече с широкими сосудами ранней древесины однорядные лучи, контактирующие с сосудами, меняют ориентацию и огибают сосуды. Приближаясь к широким сосудам клетки однорядных лучей заметно расширяются и часто укорачиваются. Расширение клеток лучевой паренхимы заметно и при прохождении через зону узких сосудов в поздней древесине (рис. 58, 59).

Тяжевая или осевая паренхима метатрахеальная или скудная диффузная. Цепочки метатрахеальной паренхимы в поздней древесине широких годовичных колец часто прерываются клетками либриформа или располагаются не строго тангентально. Двурядные цепочки встречаются редко, обычно 2–3 неправильных ряда паренхимных клеток разделяются 1–2 рядами волокон. В зоне ранних сосудов осевая паренхима никак не упорядочена и может быть названа диффузной. Здесь ее доля участия меньше, чем в поздней части годовичного прироста. Типичной вазоцентрической паренхимы нет, с сосудами контактируют лишь отдельные тяжи осевой паренхимы. Очевидно, тяжевая паренхима или не участвует в образовании тил, или участие ее в этом процессе незначительно.

Терминальная зона годовичного кольца представлена 1–2, местами – 4 рядами сплюснутых в радиальном направлении волокнистых трахеид. По степени утолщения вторичных оболочек эти трахеиды существенно не отличаются от других трахеид поздней древесины. Тяжевая паренхима в терминальной зоне не встречается. При пересечении границ приростов широкими лучами, часто видны искривления терминальной зоны с образованием N-образной ступеньки или впадины глубиной 0,2–1,1 мм (рис. 60).

Тангентальный срез. Членики сосудов с кловиками разной величины, иногда почти не выраженными. Перфорационные пластинки простые, у широких сосудов – перпендикулярные оси или слегка наклонные, у сосудов поздней древесины – наклонные. Поры на стенках широкопросветных (ранних) сосудов в расположении мало упорядочены (так называемое "свободное расположение"). Поры двух типов: в зонах контакта с сосудистыми трахеидами – с округлыми или эллиптическими окаймлениями и с горизонтальными эллиптическими щелями просветов; в зонах контакта с лучами – простые неправильной несколько угловатой формы.

Сосудистые трахеиды с притушенными окончаниями. Поры двух типов: в зонах контакта с сосудами повторяют форму окаймленных пор члеников сосудов, в зо-

нах контакта с волокнистыми трахеидами – с косыми (наклонными) окаймлениями и сравнительно с порами сосудов с узкими как и окаймления, также наклонными просветами. Между соседними сосудистыми трахеидами окаймленные поры расположены обычно в один – два ряда.

Окончания волокнистых трахеид заостренные. Поры упорядочены в 1, реже в 2 ряда, щелевидные с узкими окаймлениями. Просветы пары пор между соседними волокнистыми трахеидами скрещенные.

Волокна либриформа несколько превышают длину волокнистых трахеид. Окончания в разной степени заостренные, часто слегка зазубренные. Поры на тангентальных стенках практически отсутствуют или очень редки, очень узкие, щелевидные со слабо выраженными окаймлениями или совсем без окаймлений.

Широкие лучи (шириной 200–500 мкм) включают по горизонтали примерно 20–35 клеток. Высота широких лучей варьирует в пределах 5–40 мм. Встречаемость на единице поверхности тангентального среза составляет 2–5 см². В тангентальной плоскости клетки неупорядочены, имеют близкую к округлой, иногда несколько угловатую, форму сечения. Края широких лучей неровные. Внутри широких лучей часто внедряются волокнистые трахеиды или тяжи осевой паренхимы. Иногда группы этих элементов, включающие и узкие сосуды, могут расчленять широкие лучи (рис. 61).

В узких лучах число клеток по высоте варьирует от 2 до 30 и более. Чаще – 12–15. Большинство узких лучей однорядные (рис. 61). В поздней древесине, в зоне либриформа, клетки узких лучей вертикально эллиптические, по мере приближения к окончаниям ширина клеток постепенно уменьшается. При приближении к сосудам и в зонах контакта с ними ширина клеток лучевой паренхимы возрастает. В плоскости тангентального среза некоторые клетки луча выглядят сплюснутыми, т.е. большее измерение поперек оси. Часть клеток лучевой паренхимы, контактирующих с широкими сосудами, расширяясь, приобретают неправильную несколько угловатую форму. Иногда, сравнительно редко, наблюдается частичная двурядность узких лучей (рис. 62).

Ширина клеток однорядных лучей и частота встречаемости частично двурядных лучей в плоскости тангентального среза, по нашему мнению, являются важными критериями отбора древесины дуба для выдержки коньячных спиртов. Эти признаки

имеют большее числовое значение у поздней феноформы дуба в сравнение с ранней.

Тяжи осевой паренхимы состоят из 2–7 клеток. Протопласты соседних клеток соединяются через плазмодесмы полей простых пор, расположенных на поперечных клеточных стенках тяжа. Очертания внутренних клеток тяжа с той или иной степенью приближения напоминают прямоугольники с закругленными углами, краевые клетки обычно заостренные, реже – тупо заканчивающиеся (рис. 61). Края тяжей паренхимы, контактирующей с лучами, повторяют форму боковой (радиальной) поверхности луча. В ранней древесине, вблизи сосудов, ширина клеток осевой паренхимы, равно как и клеток лучевой паренхимы, заметно увеличивается.

Радиальный срез. Поры на полях перекреста сосудов с лучами со стороны сосудов окаймленные с овальными просветами. Большие диаметры просветов почти перпендикулярны оси. Окаймления имеют очертания правильного круга. Со стороны луча поры простые.

Просветы неправильно эллиптические, больший диаметр с остатком вписывается в окаймление поры контактирующего сосуда. Расположение пор в поле перекреста свободное.

Поры сосудистых трахеид на радиальных поверхностях двух типов в зависимости от того, с какими клетками они контактируют: в зонах контакта с сосудами – крупные с эллиптическими окаймлениями, просветы совпадают, в этом случае они чаще выстроены в один вертикальный ряд; в местах контакта с одноименными элементами и волокнистыми трахеидами поры с правильными округлыми меньшего диаметра окаймлениями, располагаются в два ряда. Иногда оба типа пор можно наблюдать у одной трахеиды. Пары пор между волокнистыми трахеидами со сравнительно узкими окаймлениями, просветы скрещивающиеся.

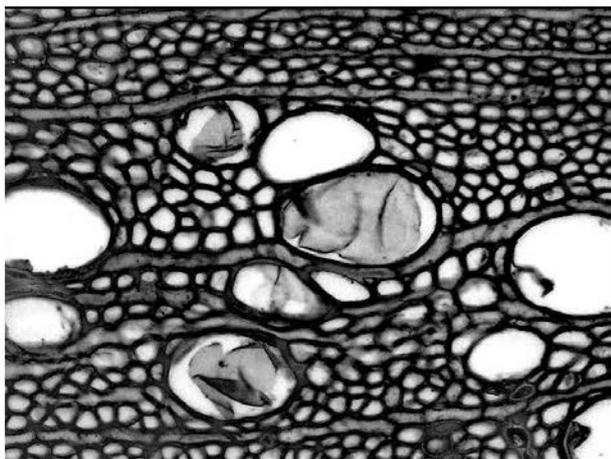


Рис. 58. Дуб черешчатый (*f. tardiflora*) из ТОЛ. Поперечный срез в зоне поздней древесины. По центру – затилованные поздние сосуды окруженные волокнистыми трахеидами. Объектив: С-Plan 25/0,45, ∞/0,17

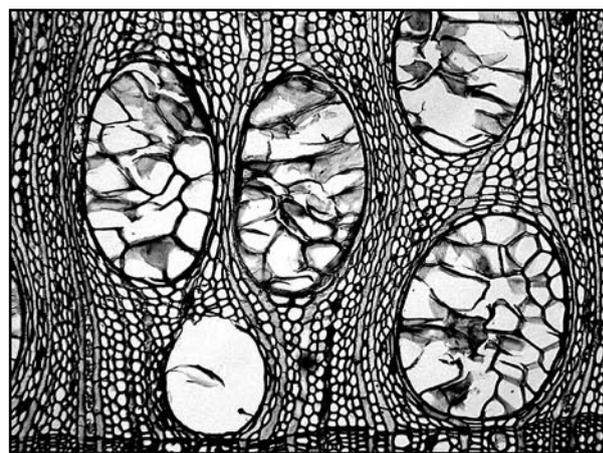


Рис. 59. Дуб черешчатый из провинции Лемузен. Поперечный срез в зоне ранней древесины. Видны затилованные ранние сосуды окруженные сосудистыми трахеидами. Объектив: С-Plan 12,5/0,3, ∞/0,17

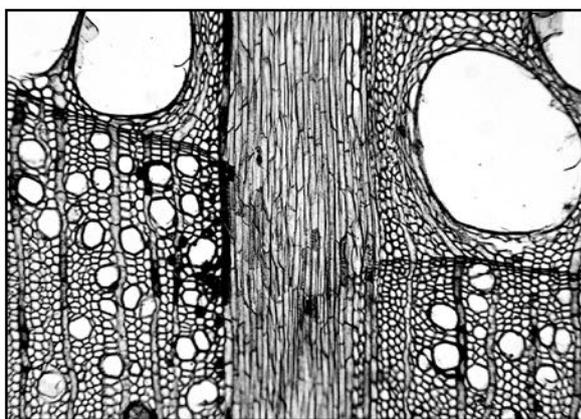


Рис. 60. Дуб черешчатый (*f. tardiflora*) из ТОЛ. Поперечный срез по границе г. колец. Наблюдается пересечение терминальной зоны широким лучом. Объектив: Plan 9/0,2, 160/0,17



Рис. 61. Дуб черешчатый (*f. tardiflora*) из ТОЛ. Тангентальный срез. По центру – широкий луч, расчлененный трахеальными элементами. Объектив: С-Plan 12,5/0,3, ∞/0,17

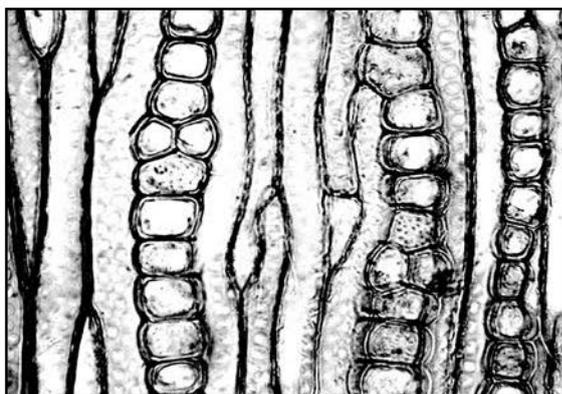


Рис. 62. Дуб черешчатый (*f. tardiflora*) из ТОЛ. Тангентальный срез. Видны два частично двурядных луча, состоящие из уплощенных клеток. Объектив: С-Plan 25/0,45, $\infty/0,17$

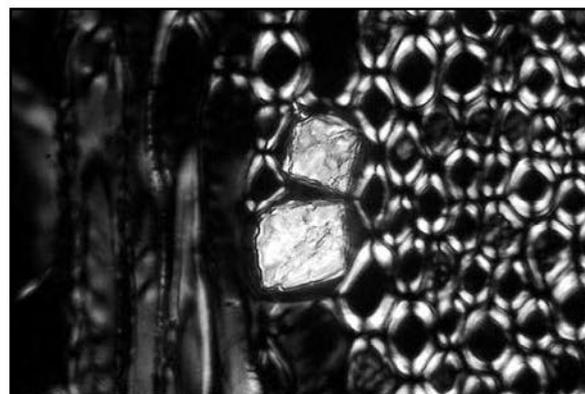


Рис. 63. Дуб черешчатый из провинции Лемузен. Тангентальный срез. По центру – кристаллы оксалата. Объектив: С-Plan 25/0,45, $\infty/0,17$. Поляризационный режим

Поры в полях перекреста с волокнистыми трахеидами в расположении подчиняются порядку расположения пор на трахеидах. В зонах перекреста с либриформом – мелкие с узкими щелевидными просветами, практически без окаймлений, встречаются крайне редко, чаще отсутствуют.

Клетки тяжелой паренхимы варьируют по ширине и высоте: в поздней древесине, в массе либриформа, они значительно уже, чем в зонах скопления сосудов; вблизи сосудов ранней древесины их ширина в плоскости радиального среза значительно больше, чем в поздней древесине, а высота несколько меньше.

В переходной зоне (между заболонью и ядром) в лучевой и тяжелой паренхиме сохраняется протопласт, в некоторых клетках хорошо различимо ядро.

Описание различий фенологических форм дуба из ТОЛ по признакам анатомического строения ядровой древесины приводится в нашей публикации (Аксенов, Коровин, 2007).

7.2 Дуб черешчатый. Образцы из Франции, провинция Лемузен

Условным, эмпирически принятым, эталоном пригодности для использования в виноделии служит древесина дуба черешчатого из французской провинции Лимузен.

Поперечный срез. Радиальные приросты широкие – в среднем 3,4 мм, варьируют незначительно. Как следствие этого, зона поздней древесины протяженная – занимает

в среднем 70 ± 15 %, четко отделена от ранней.

Сосуды ранней древесины крупные (250–300 мкм в диаметре) располагаются в 2 – 3, реже в 4 ряда, имеют высокую степень затилованности. Тилы мелкие, многочисленные, с относительно толстыми клеточными стенками, в центральной зоне просвета сосуда, предположительно, образовались путем деления. По линии радиального диаметра сосуда можно насчитать до 12 тил (рис. 59) (Аксенов, Курников, 2004). Просветы сосудов постепенно уменьшаются в диаметре в радиальном направлении и образуют треугольные выросты резко переходящие в узкопросветные поздние сосуды, находящиеся в среде, состоящей из тяжелой паренхимы и волокнистых трахеид.

Поздние сосуды образуют радиально ориентированные, расширяющиеся к границе прироста, узкие цепочки чередующиеся с сужающимися цепочками механических элементов. В узкопросветных сосудах поздней древесины часто можно наблюдать тилы. В дубе из ТОЛ образование тил в сосудах поздней древесины – явление редкое.

Аксиальная паренхима по расположению метатрахеальная, реже диффузная (в зоне сосудов), часто образует межлучевые тяжи в зонах волокон либриформа.

Существенное отличие от древесины дуба этого же вида из ТОЛ состоит в форме однорядных лучей: в поздней древесине линейное расположение лучей часто нарушается контактирующими с ними узкими сосудами; клетки лучевой паренхимы представляются сдавленными соседними волокнами либриформа и волокнистыми трахеидами так, что очертания боковых стенок полностью повторяют форму прилегающих осевых элементов. В результате форма клеток лучевой паренхимы представляется совершенно неправильной. Подобное явление местами наблюдается и в древесине дуба из Воронежской области, но там оно очень слабо выражено. Отдельные широкие лучи могут рассекаются широкими пучками осевых элементов, цепочки которых в этом случае отклоняются от радиального расположения.

Тангентальный срез. Однорядные лучи встречаются с частотой $90\text{--}100$ мм². Частично двурядные лучи составляют около 12 % от общего числа лучей. Клетки однорядных лучей в основной массе имеют большее измерение поперек оси. В зоне широких и узких сосудов уплощенность (превышение горизонтального, ориентированного поперек оси стебля, диаметра) выражена еще сильнее. Ширина лучевых клеток превышает высоту на 5–27 %.

Широкие лучи крупные, 250–600 мкм шириной, встречаются с частотой 1,5–2,2 см², иногда включают клетки с сильно утолщенными, подобно либриформе, оболочками. Ориентированы такие клетки тоже радиально. Заслуживает внимания тот факт, что в клетках лучей, реже в протопластах тяжелой паренхимы, можно обнаружить мелкий кристаллический песок и крупные призматические кристаллы (высотой до 70 мкм) оксалата кальция (Ca(COO)₂) (рис. 63). Возможно, это связано с повышенным содержанием кальция в почвах. Сами широкие лучи часто образуют длинные вертикальные (ориентированные вдоль оси стебля) цепочки, разделенные слоями осевых элементов, в том числе и узкопросветных сосудов. Такие структуры на тангентальном срезе можно представить как очень высокий многорядный луч, расчлененный по вертикали группами осевых элементов.

7.3 Дуб скальный (*Q. petraea* (Mattuschka) Liebl.)

Образцы из Республики Адыгея и Франции: Вогезы, Центральное плато.

Поперечный срез. Характерна большая величина радиальных приростов. Ранние сосуды очень широкие, просветы эллиптические. Переход от широкопросветных сосудов к узким резкий. Ранние широкопросветные сосуды расположены обычно в 4–5 рядов. Обособленных групп широких сосудов, образующих те или иные фигуры, не наблюдается. В целом можно говорить о большом сходстве внутреннего строения дуба скального и дуба черешчатого.

Диаметр сосудов поздней древесины постепенно убывает в сторону границы кольца. Узкопросветные сосуды организованы в основном в радиальные цепочки. Очертания просветов многоугольные.

В клетках осевой паренхимы часто видны кристаллы оксалата кальция. Радиальные ряды кристаллоносных клеток встречаются и в широких лучах

Тангентальный срез. В узкопросветных сосудах часто образуются тилы, обычно по 1–2 в одном членике.

Широкие лучи включают примерно 30 рядов клеток. Края неровные. Ближе к краям местами наблюдается включение в широкий луч тяжелой осевой паренхимы.

В поздней древесине, в зоне скопления либриформа, однорядные лучи высокие и узкие, до 30 клеток, образованы вертикально вытянутыми эллиптическими элементами; в зоне сосудов ширина клеток однорядных лучей значительно больше. У непо-

средственно примыкающих к сосуду лучей ширина клеток может в 2–2,5 раза превышать высоту. Высота однорядных лучей в зоне сосудов меньше – обычно до 20 клеток.

Наблюдаются значительные различия в размерах клеток однорядных лучей в древесине из различных районов Франции (Аксенов, Кондратова, 2004).

Радиальный срез. В полях перекреста с сосудами поры простые, очень широкие, по форме близкие к эллиптическим, но просветы уже окаймления пор сосудов. Поры между тилами внутри члеников сосудов несколько уже, величина их варьирует, по форме от округлых до эллиптических.

7.4 Дуб каштанолистный (*Q. castaneifolia* C. A. Mey.)

Образцы из Северного Ирана.

Поперечный срез. Крупные просветы ранних сосудов округлые, слегка овальные или неправильной формы, последнее чаще наблюдается в узких годичных кольцах. В широких годичных кольцах расположены по одиночке в один – два слоя на сравнительно большом расстоянии друг от друга. Здесь же, в ранней древесине встречаются одиночные мелкие сосуды, ширина просветов которых меньше, чем в поздней древесине. Толщина оболочек сосудов превышает толщину оболочек окружающих осевых элементов. Распределение сосудов в поперечной плоскости радиального прироста показано на рис. 64.

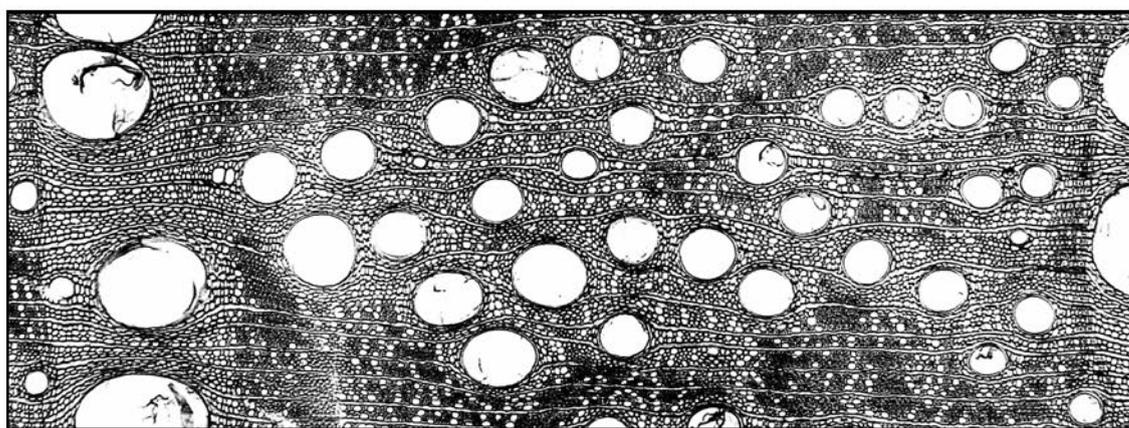


Рис. 64. Дуб каштанолистный. Поперечный срез. Объектив: С-Plan 3,2/0,1, ∞/–

Сосуды поздней древесины в широких годичных кольцах специфического рисунка не образуют или выстроены в радиальные, иногда с отклонением от радиально-

го направления, цепочки; иногда бывают расположены сравнительно равномерно. Характерно изменение диаметра просветов: в зоне перехода от ранней древесины к поздней они сравнительно небольшие, далее, по мере удаления от ранней зоны, диаметр их увеличивается, а ближе к границе прироста снова заметно сужаются. В узких годичных кольцах диаметр просветов поздних сосудов уменьшается по мере приближения к границе прироста. В сравнении с ранее рассмотренными видами величина просветов сосудов поздней древесины большая. Оболочки очень толстые, чем микроструктура древесины дуба каштанолистного существенно отличается от древесины других видов дуба. Все сосуды поздней древесины в той или иной степени затилованы (Коровин, Пайамнор, 2006).

Зоны либриформа в широких годичных кольцах занимают 40–50 % площади поперечного среза, имеют различную форму, в большинстве случаев вытянуты радиально. В узких годичных кольцах либриформ составляет значительно меньшую долю площади поперечного среза. В широких годичных приростах оболочки волокон очень толстые, просвет волокна обычно меньше толщины одной стенки, что тоже отличает древесину данного вида от прочих. В узких годичных приростах просветы волокон больше толщины стенки.

Осевая паренхима метатрахеальная и диффузная, обильная. Цепочки паренхимных клеток сближенные, но обычно однорядные, часто неполные или прерывистые.

Прогиб границы годичного кольца в зоне прохождения широкого луча не наблюдается, прогиб заметен только в самом луче, возле луча часто можно наблюдать подъем границы прироста.

Терминальная зона выражена неясно. Величина просветов осевых элементов в измерении по радиусу по мере приближения к границе годичного прироста постепенно уменьшается.

Тангентальный срез. Однорядные лучи образованы округлыми или слегка эллиптическими (в зоне скопления либриформа) клетками. Высота лучей составляет 10 ± 5 клеток. Расширение клеток возле сосудов не столь выражено, как у ранее рассмотренных видов. Оболочки лучевой паренхимы толще, чем других видов дуба. Частично двурядные лучи практически не встречаются.

Широкие лучи состоят из клеток различной величины – внутри луча они

меньше, чем по краям. Встречаются кристаллы.

Радиальный срез. Поры на радиальных стенках сосудов сомкнутые, расположены очередно или косыми рядами.

В лучевой и осевой паренхиме образуются кристаллы. Полости некоторых лучевых клеток заполнены ими целиком. Форма варьирует, встречаются призматические и многогранные кристаллы. Кристаллоносные клетки расположены группами. Отдельные кристаллы в широких лучах достигают величины, существенно превышающей высоту двух лучевых клеток.

7.5 Дуб монгольский (*Q. mongolica* Fisch. ex Ledeb.)

Образцы из Приморского (Чугуевский лесхоз) и Хабаровского (Хехцирский лесхоз) края.

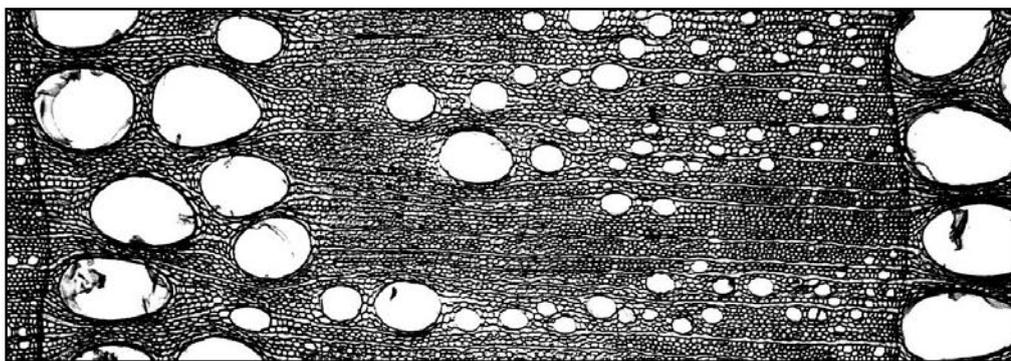


Рис. 65. Дуб монгольский из Чугуевского лесхоза. Поперечный срез. Объектив: С-Plan 3,2/0,1, ∞/–

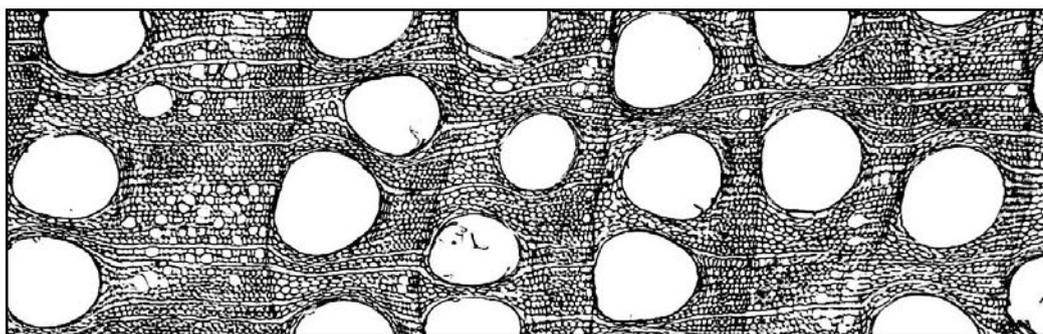


Рис. 66. Дуб монгольский из Хехцирского лесхоза. Поперечный срез. Объектив: С-Plan 3,2/0,1, ∞/–

Поперечный срез. В целом, древесина из Чугуевского лесхоза характеризуется более широкими годичными кольцами (рис. 65) в сравнение с древесиной с узкими

годовыми приростами, отобранной в Хехцирском лесхозе (Коровин и др., 2008).

Граница годовых приростов очень неровная – разделена на участки, ограниченные широкими лучами, при этом в соседних участках граница может занимать существенно различающиеся уровни, т.е. величина радиального прироста у отдельных участков между двумя широкими лучами различна.

Сосуды ранней древесины из всех рассмотренных здесь видов самые мелкие, неправильно-эллиптической формы. Выстроены в зигзагом изгибающиеся цепочки. Величина просветов в цепочках при переходе из ранней древесины в позднюю постепенно уменьшается. Цепочки тянутся через весь годичный прирост и явно выраженной зоны перехода от ранних сосудов к поздним нет. Тиллы наблюдаются во всех сосудах цепочек

Собственно узкопросветные сосуды поздней древесины очень редки, расположены в прослойках либриформа по одиночке или небольшими группами.

В узкослойной древесине крупные сосуды часто составляют один ряд, примыкающий к границе годичного прироста, поздние сосуды либо отсутствуют, либо собраны в небольшие, неправильной формы скопления (рис. 66).

Зоны либриформа составляют большую часть площади поперечного среза. Просветы волокон либриформа на поперечном срезе крупные, больше ширины двух оболочек.

Осевая паренхима скудная, метатрахеальная. Однорядные радиальные цепочки паренхимных клеток неполные или прерываются. Цепочки расположены редко, на большом расстоянии друг от друга.

Широкие лучи при "прохождении" через границы годовых приростов расширяются.

Терминальная зона образована 2, реже 3–4 клетками, местами включает осевую паренхиму. Заметного прогиба годичного слоя в местах прохождения широких лучей не наблюдается.

Тангентальный срез. Поры сосудов с узкими горизонтально ориентированными эллиптическими отверстиями. Окаймления округлые. Поры сомкнутые, расположены неровными рядами. У сосудистых трахеид поры располагаются в 1–2 ряда, формой и расположением повторяют поры сосудов.

Поры на стенках волокнистых трахеид щелевидные, пары пор скрещены, диа-

метры окаймлений меньше длины поровых отверстий. Расположены в один иногда прерывистый ряд.

На тангентальных стенках волокон либриформа поры отсутствуют или очень редки. Отверстия пор узкие щелевидные со слабо различимыми окаймлениями.

Узкие лучи многочисленные, невысокие – до 15 клеток, образованы округлыми реже (в пределах зоны либриформа) слегка вертикально вытянутыми клетками. Часто встречаются частично двурядные лучи. Изредка – целиком двурядные.

Широкие лучи уже, чем в древесине других видов, состоят из 15–25 клеток в ширину, но имеют большую высоту. Частота встречаемости значительно превышает этот показатель у других рассматриваемых нами видов дуба.

Радиальный срез. На полях перекреста с сосудами крупные полуокаймленные пары пор расположены в один ряд.

На стенках узких сосудов встречаются расположенные в один ряд крупные поры с горизонтально ориентированными узкими поровыми отверстиями и эллиптическими окаймлениями.

Кристаллы в клетках паренхимы встречаются редко.

7.6 Дуб белый (*Q. alba* L.)

Образцы из Северной Америки

Поперечный срез. Границы годичных приростов неровные, в зонах пересечения границы широкими лучами возникают хорошо выраженные выступы и лишь в самом луче небольшое углубление. Широкопросветные сосуды ранней древесины расположены группами. В условном радиальном ряду обычно 2–4 сосуда. Форма просветов изменчива, есть правильно округлые, эллиптические, неправильно округлые. Переход от ранних сосудов к поздним, узкопросветным, резкий. Членики сосудов полностью затилованы. Оболочки тил толстые, так как хорошо сохраняются после окрашивания и проводки на тонких срезах.

Сосуды поздней древесины выстроены вместе с сосудистыми и волокнистыми трахеидами в хорошо обособленные узкие извилистые радиальные ленты. Просветы сосудов в лентах имеют многоугольные очертания.

Основная масса клеток либриформа в виде обширных радиально удлиненных участков расположена в поздней древесине. Кроме того, и в ранней древесине между

группами широкопросветных сосудов присутствуют небольшие скопления либриформа, что обычно не наблюдается у представителей других видов дуба. Просветы полостей у клеток либриформа сравнительно узкие, меньше толщины двух стенок.

Осевая паренхима в поздней древесине скудная метатрахеальная. Однорядные, местами прерывающиеся, тангентальные цепочки тянутся через всю прослойку либриформа и сохраняют такой порядок расположения после пересечения с однорядными лучами. В ранней древесине осевая паренхима также немногочисленна, располагается преимущественно диффузно с некоторой тенденцией к метатрахеальности.

Терминальная древесина хорошо обособлена и образована 2–4 уплотненными в радиальном направлении клетками.

Тангентальный срез. Поры на стенках широкопросветных сосудов расположены группами. В группах поры сомкнуты окаймлениями. Отверстия пор узкие косые.

В местах контакта сосудистых трахеид друг с другом поры располагаются вертикальными рядами или беспорядочно. Окаймления не сомкнуты.

Тилы в узких сосудах встречаются редко.

Узкие лучи высокие, до 30 клеток, клетки на тангентальном срезе округлые. Встречаются частично двурядные и редко – полностью двурядные.

Многорядные лучи сравнительно узкие и подобно таким же лучам у дуба монгольского состоят из 15–25 клеток в ширину. Они образуют длинные вертикальные цепочки, разделенные косыми прослойками осевых проводящих элементов. Такие цепочки можно рассматривать как очень высокие многорядные лучи или агрегатные лучи, соединенные окончаниями.

Радиальный срез. Конечные стенки клеток лучевой паренхимы перпендикулярны длинной стороне или наклонены на угол, мало отличающийся от прямого.

Выводы и обобщения. Сравнение анатомического строения древесины изученных видов дуба говорит в первую очередь о большом сходстве их проводящей ткани. Вслед за С.А. Туманян (1953) мы также имеем основание утверждать, что существенное различие можно уловить лишь в количественных признаках, которые очень зависят от ширины годовых колец, а этот показатель в свою очередь тесно связан с условиями произрастания и погодой в отдельные промежутки времени. Однако, отдельные видовые особенности строения древесины все-таки имеются. Так, древесине дуба каштанолистного свойственны толстые оболочки члеников поздних сосудов,

округлая форма и значительная величина их просветов. Древесина дуба белого отличается толстыми оболочками тил и меньшей, чем у других рассмотренных видов дуба, долей осевой паренхимы. Для древесины дуба монгольского характерно постепенное уменьшение диаметров просветов сосудов; при этом иногда бывает сложно провести четкую границу между зонами ранних и поздних сосудов.

У рассмотренных видов образование тил происходит в заболони до превращения заболонной древесины в ядровую. При этом степень закупорки сосудов тилами во всех случаях достаточная, чтобы обеспечить непротекаемость бочки через торцы клепки. Можно с достаточной степенью уверенности говорить, что полости члеников ранних сосудов полностью или почти полностью заполнены тилами. Это обстоятельство весьма важно для виноделия, так как тилы, образуя так называемую "ложную паренхиму" (Раздорский, 1949), являются хранилищем основных экстрактивных веществ, формирующих вкус вин и коньяков.

Ширина годичных колец существенно влияет на механические свойства древесины и очень важна как критерий пригодности для производства винодельческой клепки. Этот показатель относится к макроструктурным признакам, однако понять, почему он столь значим для виноделия, можно лишь учитывая особенности анатомического строения древесины. Следует помнить, что сосуды, заполненные тилами, являютсяместилищем танинов и ряда других важных для виноделия экстрактивных веществ. В широких годичных кольцах доля сосудов в сравнении с другими осевыми элементами древесины меньше, чем в узких. В очень узких кольцах может совсем отсутствовать либриформ, и годичное кольцо в таком случае состоит на 70–80 % из широкопросветных сосудов.

Имея в виду выше сказанное, можно с анатомических позиций достаточно уверенно говорить о степени пригодности или, что пожалуй вернее, о предпочтительности, широкослойной или узкослойной древесины для выдержки тех или иных алкогольных напитков.

Узкослойная древесина содержит много легко доступных для водно-спиртовой экстракции танинов и прочих экстрактивных веществ. Она легко проницаема для растворов. Следует иметь в виду, что на радиальных стенках осевых элементов пор больше, чем на тангентальных, а рабочей поверхностью древесины винодельческой клепки является радиальная поверхность. В узкослойной древесине, как было сказа-

но, наибольшую долю структурных компонентов составляют широкопросветные проводящие элементы – сосуды и сосудистые трахеиды – на стенках которых находятся крупные окаймленные поры. Поры сосудов, преимущественно на радиальных стенках, в зонах контакта с лучами, расширены в процессе образования тил. Вследствие этого экстрактивные вещества узкослойной древесины легко доступны и могут быстро вымываться спиртоводными смесями. Следовательно, узкослойная древесина предпочтительна для изготовления бочек, не рассчитанных на длительную эксплуатацию и предназначенных в основном для выдержки вин, но не коньяков, виски, бренди. Важно также иметь в виду, что такая древесина в сравнении с широкослойной не столь прочна, а изготовленные из нее бочки недолговечны и по физико-механическим показателям. С другой стороны, узкослойная древесина является более подходящим материалом для производства брусочков и щепы, используемых при ускоренной резервуарной выдержке спиртов. В этом случае низкие механические свойства древесины не являются недостатком (скорее наоборот – достоинством). Такая древесина предпочтительна и для получения дубового экстракта.

Широкослойная древесина, содержит большие прослойки либриформа, препятствующие быстрому проникновению жидкости во внутренние слои клепки. Такая древесина включает значительную долю осевой паренхимы, располагающейся внутри прослоек либриформа. Процессы экстракции, окисления экстрактивных веществ и гидроэтанолиза лигнина протекают медленнее и стабильнее во времени. Бочки из такой древесины более прочны и долговечны. Именно широкослойная древесина должна использоваться для выдержки коньячных спиртов, для получения виски и бренди. Прочность широкослойной древесины определяет также ее предпочтительность для изготовления больших долго работающих емкостей – бутов.

Для правильного понимания выше сказанного следует помнить, что все наши рассуждения, касающиеся широкослойной и узкослойной древесины, справедливы по отношению к дубу, произрастающему в европейской части России и на Кавказе. Что же касается дуба из более западных регионов, из мест с оптимальными для дуба условиями произрастания, то в понимание критерия предпочтительности на основе ширины годичного кольца следует вносить поправку. Очень большие радиальные приросты приводят к формированию древесины со слишком небольшой долей ранних затиллованных сосудов, из-за чего снижается общее количество доступных экс-

трактивных веществ, а сама экстракция протекает слишком медленно. Именно этим можно объяснить предпочтение французскими бондарями, работающими для виноделия, относительно узкослойной древесины.

Обобщая собственные наблюдения и относящиеся к данному вопросу данные литературы, можно сказать, что по анатомическим признакам древесина всех рассмотренных нами видов дуба вполне пригодна для изготовления коньячных и винных бочек. Такое заключение основывается на принципиальном сходстве строения древесины дубов черешчатого и скального со строением древесины остальных видов. Два первых прошли многовековую проверку в практике виноделия. Разумеется, для более точной оценки степени пригодности древесины необходимы данные химического анализа экстрактов, которые могут внести поправки в наше заключение. Окончательная же оценка в любом случае остается за дегустаторами.

7.7 Связь между структурными элементами древесины и компонентами её экстрактов

Ускоренную оценку качества древесины при отборе для нужд виноделия дает физико-химический анализ ее спиртоводных экстрактов. Анализ включает в себя проведение высокоэффективной жидкостной хроматографии, спектрофотометрии, а также определение концентрации общих полифенолов древесного экстракта. На этот метод исследования затрачивается 1,5–3 месяца. Однако, данный анализ позволяет определить концентрации экстрактивных веществ и продуктов этанолиза, полученных в течение непродолжительной выдержки древесины. При этом древесина, подвергаемая экстракции измельчена и изначально полностью пропитана экстрагентом. Вследствие этого, данная методика не в состоянии точно определить концентрации экстрактивных соединений постепенно накапливающихся при длительной выдержке в дубовой бочке. Анализ не учитывает результаты множества медленно протекающих химических процессов, происходящих в бочке при длительном взаимодействии экстрагируемых веществ между собой, компонентами древесины и внешней средой (прониновение газов через стенки бочки и испарение спиртов). К примеру, не учитывается медленное окисление дубильных веществ кислородом воздуха. Важно отметить, что эти медленно протекающие в бочке процессы во многом определяют органолептику выдержанного коньячного спирта.

Известно, что многие количественные и качественные анатомические особенности древесины дуба тесно связаны с содержанием в ней различных органических соединений. Ряд этих веществ переходит в раствор при спиртоводной экстракции древесины. Наблюдается тесная связь между некоторыми структурными особенностями древесины и ее проницаемостью для спиртоводных смесей в поперечном (относительно волокон) направлении. Возникает связь между особенностями анатомического строения древесины и количественным химическим составом ее экстрактов и скоростью экстракции древесины.

Рядом авторов (Саришвили и др., 1996, Оганесянц, 1998, Оганесянц и др., 2002) установлено влияние определенных количественных и качественных изменений некоторых микро- и макроструктурных особенностей древесины дуба на качество коньячных спиртов, выдержанных в дубовых бочках. Располагая этими сведениями, представляется возможным более точно провести отбор древесины дуба для ее дифференцированного использования в виноделие.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что дополняющим этапом отбора древесины при ее оценке методами физико-химического анализа спиртоводных экстрактов древесинных гомогенатов, является сравнительно-анатомическое изучение древесины (Аксенов, Куракова, 2004). Анатомический анализ включает в себя исследования количественных и качественных характеристик структуры древесины.

Важно отметить, что исследование большинства микро- и макроструктурных характеристик древесины трудоемко и не всегда выполнимо. Кроме того, вклад различных анатомических элементов в органолептику экстракта неодинаков и, в некоторых случаях, варьирует в широких пределах. Известно, что изменение морфологических особенностей любого отдельно взятого анатомического элемента древесины ведет к, в той или иной мере выраженным, изменениям характеристик прочих гистологических элементов. Наиболее яркий пример этого сформулирован Л.М. Перельгиным (1957), доказавшим, что увеличение радиального прироста у кольцесосудистых лиственных пород компенсируется преимущественно за счет возрастания доли поздней древесины.

По нашему мнению, оптимизировать отбор древесины дуба по анатомическим критериям возможно, проводя исследование комплекса связей между изменениями различных анатомических элементов и макроскопических параметров древесины, ис-

следуя влиянию изменения характеристик одного структурного элемента на модификацию количественных и качественных особенностей других анатомических элементов. Предлагаемый подход при отборе древесины дуба по критериям ее структуры существенно уменьшит объем анатомических исследований.

В древесине дуба черешчатого наблюдается ряд связанных между собой изменений анатомических характеристик, часть из которых является важными критериями отбора древесины для целей виноделия.

При увеличении радиального прироста падает процент ранней древесины. Вследствие этого, чаще всего, возрастает диаметр ранних сосудов, их поперечные сечения вытягиваются в радиальном направлении. Иногда (на поперечном срезе) часть ранних сосудов образует короткие, резко сужающиеся радиальные ряды. В меньшей мере выражена положительная связь между увеличением радиального прироста и степенью затилованности летних сосудов. Увеличение радиального прироста связано с возрастанием встречаемости затилованных поздних сосудов. Связь между размером радиального прироста и частотой встречаемости поздних сосудов – слабая отрицательная. Увеличение ширины годичного кольца связано с возрастанием упорядоченности расположения зон волокон либриформа. Скопления механических элементов в широкослойной древесине дуба на поперечном срезе напоминают вытянутые “пламеобразные язычки”, сужающиеся к внешней границе годичного кольца. На поперечном срезе фиксируется отрицательная связь между размером радиального прироста и шириной радиально ориентированных скоплений либриформа. При этом может возрастать число зон либриформа на единицу площади поперечного среза. Вследствие этого процент механических волокон в поздней древесине слабо изменяться. При уменьшении доли либриформа в поздней древесине возрастает объем зон, содержащих многочисленную осевую паренхиму и трахеиды. При повышении доли поздней древесины в приросте, как правило, увеличивается объем общей паренхимы. Вследствие этого аксиальная паренхима выражена более мощными, чаще встречающимися тяжами, на поперечном срезе разделяющими зоны либриформа на отдельные сегменты. Широкие сердцевинные лучи при увеличении радиального прироста и упорядоченном радиальном расположении скоплений волокон либриформа имеют большую рядность и высоту. В зависимости от изменения ширины годичного кольца и процента либриформа в древесине, частота встречаемости широких радиальных

лучей на единицу площади тангентального сечения изменяется слабо. Однако, в процессе развития ствола, независимо от радиального прироста, встречаемость широких лучей может варьировать в широких пределах. Выявляется положительная связь между увеличением радиального прироста, уменьшением доли либриформа и частотой встречаемости узких радиальных лучей на тангентальном срезе. Важно отметить, что при этом увеличиваются размеры клеток однорядных сердцевинных лучей, располагающихся в среде трахеид и осевой паренхимы. Ширина клеток на тангентальном срезе часто превышает их высоту. Наблюдается тенденция к частичной двурядности узких сердцевинных лучей. Вероятно, эти изменения связаны с большей биохимической активностью протопластов клеток сердцевинных лучей, контактирующих в этой среде с многочисленными элементами вертикального транспорта ксилемы. Однорядные сердцевинные лучи, проходящие через зоны либриформа, в меньшей степени задействованы в процессах метаболизма вследствие их большей «изолированности» от транспортных потоков. На тангентальном срезе клетки этих радиальных лучей имеют меньшие размеры, вытянуты в высоту.

Для прочих видов дуба, используемых в производстве коньячных спиртов (*Q. petraea* L. ex Liebl., *Q. mongolica* Fisch. ex Ledeb., *Q. alba* L.) справедливы практически все описанные зависимости свойственные древесине дуба черешчатого. Но могут наблюдаться некоторые отклонения в тесноте связей морфологических характеристик древесины других видов.

Выше сказанное позволяет сделать вывод о важной роли величины радиального прироста и процента содержания волокон либриформа в ядровой древесине дуба, как вспомогательных критериев при ее отборе для нужд виноделия, так как изменение этих характеристик в наибольшей степени связано, с изменением процента и размеров анатомических элементов, слагающих древесину. Вследствие этого, наблюдаются соответствующие изменения физико-химических свойств древесины, от которых напрямую зависит качество винодельческой продукции, прошедшей этап выдержки в дубовой бочке. Проводя отбор дуба, руководствуясь критериями макро- и микроструктуры древесины, необходимо учитывать взаимосвязанные изменения структурных параметров ксилемы, тем самым, упрощая проведение отбора и повышая его точность.

ГЛАВА 8.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ДРЕВЕСИНЫ ВИДОВ И ФОРМ ДУБА РАЗЛИЧНОГО
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПРИГОДНОСТИ В ВИНОДЕЛИИ**

В тех странах Европы, где традиционно занимались производством коньяка, для получения колотой клепки и изготовления бочек для выдержки коньячных спиртов использовалась ядровая древесина дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и дуба скального (*Q. petraea* L. ex Liebl.) (Maga, 1989, Marche, Joseph, 1975). Нужную древесину получали, эксплуатируя собственные дубравы или экспортируя ее из других стран. Последнее характерно для Франции, несмотря на то, что собственные запасы древесины дуба в этой стране наибольшие в Европе.

В настоящее время высококачественная древесина названных видов в нашей стране является остродефицитным материалом ввиду многих причин, среди которых важнейшими следует считать переруб расчетной лесосеки, нерациональное использование заготовленной древесины и общую для всей Европы деградацию дубрав. Л.А. Оганесянц (1998) справедливо полагает, что высокие требования к спецсортиментам для производства винодельческих бочек так же существенно уменьшают сырьевую базу.

Актуальность проблемы расширения сырьевой базы для изготовления винных и коньячных бочек, побуждает многих зарубежных и отечественных ученых искать возможность использования древесины других видов дуба, мало изученных с позиции требований виноделия. Кроме того, мы полагаем, что некоторые экотипы дубов черешчатого и скального могут существенно отличаться по анатомическим и биохимическим показателям, в значительной степени определяющим степень пригодности древесины для изготовления винных и коньячных бочек.

В руководствах и рекомендациях по производству винодельческих бочек (ГОСТ 247–58) излагаются лишь некоторые придержки для отбора сырья по недопустимым порокам и макроскопическим признакам древесины, основанные на эмпирическом опыте практиков-бондарей и недостаточно внимания уделяется

особенностям строения и химического состава древесины, тесно связанным с происхождением и экологическими условиями произрастания дуба (Саришвили и др., 1996а, 1996б). Важно отметить, что структурные и химические характеристики древесины в основном определяют органолептические свойства выдерживаемых в бочках напитков, они же влияют на скорость их созревания и на качество вырабатываемых из древесины дубовых экстрактов (Скурихин, 1968, Лахши, 1972, Личев, 1978, Скурихин, 2005).

Классические исследования В.Е. Вихрова (1949, 1950) показали, что физико-механические свойства древесины ранней и поздней фенологических форм дуба тесно связаны с условиями произрастания. Исходя из этого, мы допускаем, что некоторые особенности анатомического строения и биохимические свойства древесины дуба также в той или иной степени зависят от условий произрастания (Аксенов, Куракова, 2004; Аксенов, 2005; Коровин и др., 1996).

В настоящей работе мы рассматриваем вопросы влияния строения древесины дуба и состава ее спирто-водных экстрактов на качество алкогольной продукции выдержанной в дубовой таре, а также приводим рекомендации по отбору древесины дуба для производства высококачественных коньячных спиртов.

8.1 Химический анализ спиртоводных экстрактов древесины дуба

Нами в институте виноделия совместно с с.н.с. О.В. Джанаевой (ГНУ ВНИИПБиВП) (Оганесянц и др., 2002; Аксёнов, Куракова (Джанаева); 2004) проведен высокоэффективный жидкостной хроматографический анализ спиртоводных экстрактов древесины черешчатого и скального дубов из нескольких районов Франции и этих же видов дуба из России (Республика Адыгея) и Украины по выше описанной методике. Ряд образцов древесин подвергали термической обработки в сушильном шкафу с различной интенсивностью обжига. Данный подход позволяет точнее и качественней раскрыть органолептические свойства выдерживаемых в обожженной таре спиртов. Этот метод давно применяется в практике бондарей для усиления ряда вкусовых качеств напитков. Содержание многие летучих ароматобразующих компонентов увеличивается при применении технологии обжига древесины дуба.

Результаты эксперимента представлены в таблице Ж.11-Ж.15 (прил. Ж).

Анализ выявил количественные различия в химическом составе экстрактов из древесины дуба различного географического происхождения. Представленные данные еще раз объясняют традиционное предпочтение лемузенского дуба в производстве коньячных бочек. Особенно высокие значения отмечаются в содержании общих фенолов и эллаговой кислоты, накапливающихся преимущественно в паренхимных клетках. Кроме того, анализируемые экстракты значительно различались по показателю цветности. Более насыщенный цвет имели экстракты из широкослойной древесины из провинций Limousini и Voges.

8.2 Исследование структуры древесины дуба в связи со вкусовыми свойствами выдерживаемых напитков и подходы к определению критериев для отбора

Сравнительно-анатомические исследования древесины проводились на образцах, привезенных из разных районов Франции (Вогезы, Орлеан, Бурж, Блуа, Сарта, Лимузен), Северного Кавказа, Хабаровского и Приморского края, ТОЛ ИЛ РАН в Воронежской области. Условия произрастания насаждений, в которых проводился сбор материалов, четко различались по ряду экологических факторов (средние температуры сезонов, количество осадков, влажность воздуха, интенсивность солнечной радиации). Кроме того, дубравы, в которых отбирались образцы древесины, различались по лесоводственным и таксационным показателям (породный и возрастной состав насаждений, лесотипологические различия, полнота, распределение деревьев по ступеням толщины и разрядам высот, формовой состав). В результате исследований были получены данные, позволяющие выработать критерии оценки дуба для дифференцированного использования в виноделии.

Целью сравнительного анализа являлось установление взаимосвязи между особенностями анатомического строения древесины и степенью ее пригодности для выдержки качественных коньячных спиртов. Средние показатели величины радиального прироста, протяженности и процента поздней древесины рассматриваемых видов дуба с учетом их географического происхождения приведены в таблице 16. Приведённые показатели тесно связаны с диаметром и возрастом дерева.

Таблица 16 – Средние показатели величины радиального прироста, величины (протяженности по радиусу) и процента поздней древесины

№ п/п	Вид (район произрастания)	Ср. рад. прирост, мм ($M \pm mt$, при $\alpha=0,05$)	Протяженность зоны поздней древесины, мм ($M \pm mt$, при $\alpha=0,05$)	% поздней древесины
1	<i>Q. mongolica</i> (Хехцирский лесхоз, Хабаровский край)	1,20±0,071	0,75±0,065	62,5
2	<i>Q. mongolica</i> (Чугуевский лесхоз, Приморский край)	0,95±0,057	0,51±0,031	53,7
3	<i>Q. petraea</i> (Кавказ)	3,04±0,0190	2,40±0,142	79,0
4	<i>Q. robur</i> (Вогезы-1)	1,63±0,099	1,37±0,082	84,0
5	<i>Q. robur</i> (Вогезы-2)	1,84±0,112	1,54±0,098	83,7
6	<i>Q. petraea</i> (Бурж)	1,34±0,080	1,12±0,067	83,6
7	<i>Q. petraea</i> (Блуа)	1,56±0,060	1,28±0,075	82,1
8	<i>Q. petraea</i> (Сарта)	0,99±0,062	0,79±0,048	80,0
9	<i>Q. robur</i> f. <i>praecox</i> (ТОЛ)	2,02±0,140	1,37±0,087	67,8
10	<i>Q. robur</i> f. <i>tardiflora</i> (ТОЛ)	2,96±0,177	2,12±0,137	71,6
11	<i>Q. robur</i> (Лимузен)	4,56±0,285	3,22±0,191	70,6
12	<i>Q. robur</i> (Орлеан)	1,25±0,175	0,99±0,056	79,2
13	<i>Q. robur</i> (Киев)	2,61±0,159	2,03±0,122	77,7
14	<i>Q. robur</i> (Адыгея)	2,87±0,194	2,32±0,149	80,8
15	<i>Q. castaneifolia</i> (Иран)	1,79±0,118	1,21±0,070	67,6
16	<i>Q. alba</i> (С. Америка)	1,88±0,155	1,57±0,096	83,5

Жирным шрифтом выделены показатели, превышающие средние значения (для радиального прироста – 2,1 мм, для доли поздней древесины – 75,4 %). Данные значения зафиксирована у дуба черешчатого из Киева, Адыгеи, провинции Limousin и Теллермановского лесничества (у поздней феноформы); у дуба скального из Северного Кавказа. Величина доли поздней древесины, превышающая среднее арифметическое, равное 75,4 %, зафиксирована у вариантов №.№ 3-8, 12-14, 16.

Сравнительно большие величины радиального прироста и протяженности зоны поздней древесины наблюдаются у дуба, традиционно используемого в коньячном производстве Франции, из района Лимузен. Средние значения радиального прироста и высокая доля поздней древесины наблюдается у дуба традиционно используемого в производстве белых вин, произрастающего в районе Voges. Дуб из этих районов, особенно из провинции Limousin считается лучшим

сырьем для производства бочек с целью выдержки высококачественных коньячных спиртов. По этой причине, мы провели более подробное описание особенностей анатомического строения ядровой древесины дуба из выше упомянутых регионов. Иллюстрации (по основным особенностям анатомического строения ядровой древесины исследуемых экотипов и феноформ дуба) с описанием к данному разделу – рисунки Ж.67 – Ж.76 (прил. Ж).

Древесина Лимузенского дуба наиболее твердая и плотная из всех рассматриваемых образцов. Имеет наиболее темный (серо-коричневый) оттенок. Радиальные приросты широкие с хорошо выраженным разграничением зон ранней и поздней древесины. Вдоль крупных широких сердцевинных лучей нередко проходят радиальные трещины возникающие при сушке. Широкие сердцевинные лучи, пересекая границу прироста, часто смещают край годичного кольца с образованием на поперечном разрезе "ступеньки", высотой 0,2–1,5 мм. На тангентальном разрезе иногда наблюдается слабая свилеватость, предположительно вызванная многочисленными широкими сердцевинными лучами. Наибольшие скопления механических элементов древесины наблюдаются в начале зоны поздней древесины. У узких сердцевинных лучей встречается частичная двухрядность. В широких сердцевинных лучах изредка встречаются призматические кристаллы оксалата кальция – $\text{Ca}(\text{COO})_2$ (Аксёнов, Курников, 2004).

Древесина дуба из района Вогезы более светлая с буроватым оттенком. По механическим свойствам немного уступает лемузенской. Радиальный прирост в 2–3 раза меньше. Граница между ранней и поздней древесиной выражена слабее. Свилеватость практически не наблюдается. Граница годичного кольца ровная. Скопления волокон либриформа в поздней древесине на поперечном срезе представлены небольшими участками с округлыми краями. В клетках широких и узких сердцевинных лучей, тяжах метатрахеальной паренхимы и, реже, между волокон либриформачасто встречаются отдельные призматические кристаллы оксалата кальция, оксалатный песок, иногда друзы. Данное обстоятельство говорит о возможном повышенном содержании кальция в почвах соответствующих насаждений. Очевидно, высокое содержание кристаллов в древесине может приводить к увеличению содержания кальция в коньячном спирте.

Коэффициент вариации радиального прироста древесины у лемузенского дуба составляет около 40 %. У дуба из провинции Вогезы – около 50 %. Ряд других анатомических характеристик древесины дуба из районов Лимузен и Вогезы представлены в таблице 17.

Проведенные ранее исследования выявили значительное сходство древесины дуба черешчатого из Теллермановского лесничества (*Q. robur* L. f. *tardiflora* Czern.) и дуба монгольского из Приморского края (*Q. mongolica* Fisch. ex Ledeb.) по некоторым биохимическим, макро- и микроанатомическим показателям с древесиной французского происхождения традиционно используемыми в коньячном производстве. Это во многом определяет возможность использования отечественных древесин поздней формы дуба черешчатого из Теллермановского леса и монгольского дуба из Приморья в производстве высококачественных коньяков и виски (Оганесянц и др., 2002).

Нами проведен сравнительно-анатомический анализ ядровых древесин ранней и поздней форм дуба черешчатого из Теллермановского лесничества. Результаты исследования представлены в таблице 18.

Из данных таблицы можно сделать следующие выводы:

– поздняя форма дуба черешчатого из Теллермановского лесничества по ряду гистологических показателей во многом сходна с древесиной дуба из провинции Лемузен. Но, некоторые гистометрические характеристики поздней формы варьируют в более широких пределах.

– ранняя форма дуба черешчатого из Теллермановского лесничества отличается от поздней меньшей упорядоченностью расположения сосудов на поперечном срезе. Ранняя форма уступает поздней по величине значений гистометрических показателей аксиальной паренхимы и сердцевинных лучей.

– по нашему мнению, широкослойная ядровая древесина поздней феноформы дуба черешчатого из Теллермановского лесничества вполне подходит для производства высококачественных коньячных спиртов. Ранняя феноформа также может использоваться в коньячном производстве.

Таблица 17 - Гистологические особенности ядровой древесины дуба из двух провинций Франции.

Показатель	<i>Q. robur</i> (Лимузен)	<i>Q. robur</i> (Вогезы-2)
Диаметр сосудов ранней древесины, мкм	200-270	180-250
Расположение сосудов ранней древесины на поперечном срезе	3-4 кольца протяженностью 1,5-2 мм. Образуют неровные концентрические ряды, местами вытянутые в радиальном направлении	2-3 кольца протяженностью 0,2-0,7 мм. Вытянутые в радиальном направлении образования встречаются редко
Расположение сосудов поздней древесины на поперечном срезе	Образуют длинные радиальные цепочки, немного расширяющиеся к внешней границе кольца. Чередуются с подобными по форме скоплениями волокон	Располагаются скученно, образуя слабо вытянутые участки с неровными краями. Чередуются с округлыми неправильной формы скоплениями волокон
Толщина широких лучей, мм	0,4-0,8	0,25-0,4
Высота широких лучей, мм	10-30	7-20
Число широких лучей на 1 см ²	1-3	1,5-3,7
Встречаемость узких лучей на тангентальном срезе	Очень высокая. Максимальная из всех проанализированных древесин	Высокая
Встречаемость частично двухрядных лучей	1-2 из 10	0,5-1 из 10
ширина/высота клеток узких лучей (в зонах между скоплениями волокон)	> 1	≥ 1
Выраженность метатрахеальной паренхимы	Хорошо выражена, образует широкие тяжи	Хорошо выражена. Тяжи уже
Встречаемость аксиальной паренхимы в поздней зоне (п. срез)	Очень высокая	Высокая
Степень затилованность сосудов ранней древесины	Максимальна. Тилы многочисленные, мелкие во всех членниках	Высокая. Тилы крупные. Затилованы все сосуды
Степень затилованность сосудов поздней древесины	Затилованы не все сосуды, не полностью	Затилованные сосуды - редки. Тилы единичны

Таблица 18 - Гистологические особенности ядровой древесины ранней и поздней формы дуба черешчатого из Теллермановского лесничества.

Показатель	<i>Q. robur f. praecox</i>	<i>Q. robur f. tardiflora</i>
Диаметр сосудов ранней древесины, мкм	180–240	190–260
Расположение сосудов ранней древесины на поперечном срезе	3–4 кольца протяженностью 0,45–1,2 мм. Кольца сосудов неровные, иногда прерывистые	3–4 кольца протяженностью 0,7–1,85 мм. Сосуды образуют неровные концентрические ряды, местами вытянутые в радиальном направлении
Расположение сосудов поздней древесины на поперечном срезе	Сосуды располагаются радиальными цепочками или группируются, образуя вытянутые участки с неровными краями	Аналогично <i>Q. robur L.</i> (Limousin)
Толщина широких лучей, мм	0,4–0,6	0,2–0,8
Высота широких лучей, мм	10–35	Варьирует в широких пределах: 7–37
Число широких лучей на 1 см ²	1–4	Варьирует в более широких пределах: 1–6
Встречаемость узких лучей на тангентальном срезе	Чаще – высокая.	Близка к <i>Q. robur L.</i> (Limousin)
Встречаемость частично двухрядных лучей	0,2–0,5 из 10	1–1,5 из 10
ширина/высота клеток узких лучей (в зонах между скоплениями волокон)	Чаще < 1	>1
Выраженность метатрахеальной паренхимы	Метатрахеальная паренхима образует узкие тяжи	Хорошо выражена. Образует широкие тяжи. В узкослойной древесине – слабо выражена
Встречаемость аксиальной паренхимы в поздней зоне	В широкослойной древесине – высокая	Аналогично <i>Q. robur L.</i> (Limousin)
Степень затилованность сосудов ранней древесины	Средняя. Тилы крупные. Затилованы все сосуды	Высокая. Тилы крупные. Затилованы все сосуды
Степень затилованность сосудов поздней древесины	Затиловываются не полностью. Затилованные сосуды встречаются редко	Затиловываются не полностью. В широкослойной древесине затилованные сосуды встречаются часто

Но, по всей вероятности, коньячные спирты, выдержанные в бочках из древесины ранней формы будут уступать по качеству спиртам, выдержанным в таре, изготовленной как из древесины поздней фенотипической формы дуба черешчатого из Теллермановского лесничества, так и спиртам выдержанным в бочках из лемузенского дуба.

Наши наблюдения дают основание придать большое значение лучевой паренхиме, как структурному элементу древесины, существенно влияющему на качество напитков. Значимость этих особенностей анатомического строения объясняется тем, что большая доля фенольных соединений и прочих вторичных метаболитов, переходящая в экстракт и отвечающая за органолептические свойства напитка, локализована в протопластах паренхимных клеток. В качестве образца лучшего качества в соответствии с общепринятым взглядом мы принимаем древесину дуба черешчатого из провинции Limousin.

Анализ структуры древесины дуба различного географического происхождения показал, что одним из важных критериев отбора может служить площадь широких лучей на тангентальном срезе. Средняя высота таких лучей должна превышать 1 см, а ширина – 0,4 мм (более 20 рядов клеток). Частота встречаемости широких лучей, по нашим данным, мало информативна. По нашим наблюдениям, наиболее важным критерием отбора являются ширина и высота клеток узких лучей на тангентальном срезе. размеры клеток узких радиальных лучей. Кроме этого, появление частично двурядных лучей свидетельствует о пригодности древесины для производства коньяков. Результаты измерений некоторых гистометрических характеристик древесин из России и 7 районов Франции представлены в таблице 19. Измерения проводились на тангентальных срезах в зоне поздней древесины с помощью окулярной сетки и окуляр-микрометра МОВ-1-15, присоединенного к микроскопу Jenoval (Carl Zeiss). (Аксёнов, Кондратова, 2004).

Таблица 19 - Гистометрические характеристики узких лучей древесины дуба разного географического происхождения ($P \leq 5\%$)

Район произрастания	Средний радиальный прирост, мм	Число лучей на 1 мм ² поверхности танг. среза	% частично двухрядных лучей	средняя ширина клеток лучей, мкм	ширина/высота клеток лучей
Лимузен	4,56	96,4	12,2	22,7	1,13
Вогезы-1	1,63	94,2	3,0	17,4	0,91
Вогезы-2	1,84	100,2	6,2	17,7	0,99
Бурж	1,34	96,2	3,6	18,3	1,04
Блуа	1,56	85,6	2,1	18,9	1,00
Орлеан	1,25	99,2	2,3	16,8	0,88
Сарта	0,99	90	2,0	16,5	0,90
<i>Q. robur</i> f. <i>tardiflora</i> (ТОЛ)	2,96	96,1	8,2	17,6	1,07
<i>Q. petraea</i> (Кавказ)	3,04	95,5	7,4	17,1	0,95

В табл. 19 жирным шрифтом выделены показатели, превышающие средние значения (для доли частично двухрядных лучей – 5,21 %, для соотношения ширины к высоте клеток узких лучей – $0,98 \approx 1$).

Дуб из районов Вогезы и Бурж используется в производстве белых вин. По нашему мнению, ширококостную древесину из этих районов можно применять в производстве коньяка и бренди. Насаждения из районов Блуа, Орлеан и Сарта в большей степени эксплуатируются для нужд винного производства. Как видно из таблицы максимальные показатели, такие как радиальный прирост, доля частично двухрядных лучей, отношение ширины к высоте клеток луча в тангентальной плоскости, имеет дуб из Limousin, Северного Кавказа и Теллермановского лесничества. Древесина из остальных насаждений узкослойная, имеет малый процент частично двухрядных лучей и в основном вытянутые по высоте луча клетки. Встречаемость лучей на тангентальном срезе изменяется в узких пределах. Ширина клеток лучей на тангентальном срезе, а также отношение ширины к высоте клеток варьируют в пределах 20–25 %. Процент частично двухрядных лучей и средняя ширина клеток лучей на тангентальном срезе тесно связаны с протяженностью радиального прироста (коэффициенты корреляции Пирсона = 0,96 и 0,73 соответственно (значения достоверны при $\alpha \leq 0,05$)).

Таким образом, проведенные нами исследования позволяют выявить ряд существенных различий в структуре и химическом составе древесины используемых в виноделии видов и фенотипов дуба, которые заключаются в значительной вариативности содержания экстрактивных веществ древесины, таких как: ароматические альдегиды и кислоты, производные фурана, общие экстрагируемые фенолы и др. В широких пределах изменяются количественные анатомические показатели древесины, такие как содержание лучевой и тяжелой паренхимы, степень затилованности поздних сосудов, размеры клеток лучей. Наблюдаются различия у различных видов дуба в рисунках образуемых поздними сосудами и скоплениями волокон либриформа на поперечных срезах. Вместе с тем прослеживается параллельность и сходство изменений структуры и химического состава древесины дуба различной таксономической принадлежности. Повышение процента поздней древесины, увеличение доли лучевой и тяжелой паренхимы, повышение степени затилованности поздних сосудов и увеличение радиального диаметра ранних сосудов положительно коррелирует с протяженностью радиального прироста. Такая связь наблюдается у всех рассматриваемых нами видов и фенотипов дуба. Увеличение степени общей паренхиматизации древесины вызывает повышение содержания ряда экстрактивных веществ и показателя цветности спиртоводного экстракта ядровой древесины у дуба черешчатого и дуба скального. Выявленная связь между анатомической структурой древесины и содержанием экстрактивных веществ имеет большое значение при отборе дуба для нужд виноделия по признакам строения древесины. Важно отметить, что наблюдаемые диапазоны изменчивости большинства количественных анатомических и химических показателей древесины рассматриваемых видов дуба определяются в большей мере экологическими факторами, воздействующими в процессе развития особей. Различия основных гистометрических показателей древесины изучаемых видов дуба произрастающих в схожих условиях окружающей среды менее выражены, чем различия, наблюдаемые в пределах одной фенотипической определенной популяции, занимающей экологически разнородную территорию.

Анализ полученных данных позволил сформулировать предварительные рекомендации к отбору древесины дуба для изготовления бочек, применяемых в производстве высококачественных коньячных спиртов.

По нашему мнению, отбор дуба для производства высококачественных коньячных спиртов необходимо проводить, руководствуясь следующими правилами:

- 1) древесина должна удовлетворять ряду жестких требований: отсутствие сучков, косослоя, трещин и прочих видимых пороков; отсутствие видимых повреждений грибами и насекомыми; изменение цвета древесины, вызванное начальными стадиями загнивания. Сосуды ранней древесины должны быть полностью затиллованы. Удовлетворение этих требований обязательно.
- 2) на первом этапе оценки древесины, в связи с потребностями виноделия желательно, сравнение анатомических признаков изучаемой и условно эталонной древесины. В качестве эталонного сырья для производства бочарной клепки принято использовать древесину из дубрав Франции, в частности из провинции Лемузен;
- 3) отношение ширины к высоте клеток узких лучей на тангентальном срезе должно превышать единицу;
- 4) частично двурядные лучи должны составлять не менее 7 % от всех узких лучей фиксируемых в плоскости тангентального среза;
- 5) частота встречаемости узких лучей—менее важный фактор, но все-таки, ее значение должно превышать 90 мм^{-2} тангентального среза;
- 6) проводя отбор, прежде всего, необходимо учитывать значение среднего радиального прироста. Оно не должно быть меньше 2,5 мм независимо от условий произрастания.

Полученные результаты позволяют нам рекомендовать к производству высококачественных коньячных спиртов широкослойную ядровую древесину поздней феноформы дуба черешчатого из Теллермановского лесничества и «Шипова леса» Воронежской области, широкослойную ядровую древесину дуба скального (Кавказ). Древесина дуба монгольского из Приморского края, а также широкослойная древесина ранней феноформы дуба черешчатого из Теллермановского лесничества, по нашему мнению, может использоваться в производстве коньячных спиртов, может быть, несколько уступающих по органолептическим характеристикам спиртам, выдержанным в таре из древесины поздней феноформы дуба черешчатого.

8.3 Химический состав экстракта и структура древесины дуба из Калининградской области

Отдельно проведено изучение анатомического строения и состава экстрагируемых спиртоводной смесью компонентов древесины дуба черешчатого из Калининградской области.

Древесина дуба мелкослойная, с крупнососудистыми кольцами, величина годичного прироста 1,5 – 2,5 мм, значительный объем годичного прироста составляет ранняя древесина, состоящая в основном из крупных сосудов, с небольшой долей зоны поздней древесины.

Данная анатомическая структура отражает невысокую плотность и уменьшение сопротивления на изгиб, что возможно облегчит некоторые технологические приемы при сборке бочки.

Наблюдается высокая затиллованность сосудов ранней древесины и частично сосудов поздней древесины, что говорит о том, что представленная древесина отличается высоким содержанием экстрагируемых компонентов, пригодная для производства бочек.

Содержание осевой паренхимы также накапливающей значительное количество экстрактивных веществ, в древесине находится в средних пределах.

Типичная структура сердцевинных лучей, с большой частотой встречаемости широких лучей на единицу площади тангентального среза, предполагает прочность и долговечность изготовленных из данной древесины бочек.

Представленная древесина, возможно, будет обладать хорошей проницаемостью для жидкостей и газов, что благоприятно скажется на оптимизации процесса экстракции компонентов древесины дуба.

В полостях мелких сосудов поздней древесины, волокнистых и сосудистых трахеидах, а также в клетках сердцевинных лучей и осевой паренхимы обнаружено скопление грибных образований, увеличивающих в результате своей жизнедеятельности пористость древесины и ее проницаемость для жидкости и газов.

Данные ВЭЖХ экстрактов древесины представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Состав экстракта древесины дуба из Калининградской области

Показатель	Концентрации компонентов, мкг/г
Галловая к-та	17,5
Оксиметилфурфурол	280,0
Фурфурол	74,5
Ванилин	11,2
Сиреневый альдегид	6,0
<i>Эвгенол</i>	5,25
Общие полифенолы	50 500

При проведении сравнительного анализа химического состава древесины дуба, мы использовали в качестве эталонов образцы французского дуба известных районов происхождения.

Представленная древесина дуба содержит высокую концентрацию ароматических компонентов, таких как, ванилин, сиреневый альдегид, эвгенол, фурфурол, оксиметилфурфурол соответствует.

Повышенная концентрация ароматических компонентов, дуба указывает на возможность применения данной древесины дуба в производстве бочек для широкого спектра винодельческой продукции.

Однако, учитывая высокую проницаемость древесины дуба для газов и жидкостей, а также высокое содержание полифенолов, предпочтение следует отдать использованию данной древесины при выдержке коньячных спиртов.

ГЛАВА 9.

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА МОНГОЛЬСКОГО В ВИНОДЕЛЬЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Дуб монгольский до настоящего времени не рассматривался как источник сырья для изготовления винодельческой тары. Однако, по данным Л.А.Оганесянца и нашим предварительным наблюдениям, древесина данного вида может оказаться весьма приемлемой для данной цели. Это обстоятельство побудило нас рассмотреть особенности строения древесины дуба монгольского

отдельно. Следует так же иметь ввиду, что основные запасы дубовой древесины в нашей стране сосредоточены на Дальнем Востоке и представлены дубом монгольским. Считаем, что в дальнейшем этому виду как источнику сырья для производства винодельческих бочек должно быть уделено больше внимания.

Актуальность проблемы расширения сырьевой базы для целевой заготовки дубовой древесины, побуждает многих зарубежных и отечественных ученых исследовать возможность использования древесины дуба малоизученных видов и их экотопов, обладающих различным анатомическим строением и физико-химическим составом, для изготовления бочек для выдержки коньячных спиртов.

До настоящего времени древесина дуба монгольского, несмотря на значительные запасы (более 75 % от общих запасов деловой древесины), как сырье для изготовления винодельческих бочек, не рассматривалась ни в научном, ни в хозяйственном аспектах, хотя в некоторых публикациях (Пахомов, 1965) указывалось на то, что по отдельным параметрам дуб монгольский не уступает черешчатому.

Дендрологические особенности данной породы рассмотрены ранее.

Деловые свойства древесины этого вида тесно связаны с условиями роста и существенно меняются в зависимости от положения в рельефе, производительности почв, состава древостоя.

Основным источником высококачественной древесины дуба являются смешанные хвойно-широколиственные древостои. В данном типе леса дуб образует правильной формы ствол с большой протяженностью бессучковой зоны, отличается здоровой и лучшего качества древесиной.

Доля дуба в таких насаждениях невелика и составляет от 0,5 до 2 единиц состава, однако суммарный запас дубовой древесины, учитывая площади, занимаемые кедрово-широколиственными лесами, весьма значителен.

По мнению Комарова В.Л. (1903), значительное усложнение в типологию широколиственно-хвойных лесов вносит хозяйственная деятельность человека, под влиянием которой появляется много производных типов, увеличивающих разнообразие лесов.

Исследования анатомического строения древесины дуба монгольского проводились нами по выше описанным методикам.

Дуб монгольский – типичная кольцесосудистая порода. Древесина этого вида характеризуется красивой текстурой, хорошо выраженным бурым ядром, светлой, довольно широкой (1-3 см) заболонью и отчетливо заметными на всех разрезах широкими сердцевинными лучами.

Анатомические и физико-химические характеристики дуба монгольского, как и у европейских видов дуба в значительной степени определяют условия произрастания дерева (Саришвили Н.Г., Оганесянц Л.А., Коровин В.В., Телегин Ю.А. (1996)).

Для широкослойной или среднеслойной древесины из Чугуевского лесхоза Приморского края характерны радиально ориентированные извилистые цепочки ранних сосудов, диаметр просветов которых на поперечных сосудах убывает в сторону поздней зоны. Значительный объем годичного прироста составляет поздняя древесина, содержащая в большом количестве лигнифицированные волокна либриформа и метатрахеальную паренхиму. В связи с этим, можно предположить высокое содержание в данной древесине ароматических компонентов, и, в первую очередь, продуктов распада лигнина.

В древесине с узкими годичными приростами, отобранной в Хехцирском лесхозе Хабаровского края, крупные сосуды часто составляют один ряд, примыкающий к границе годичного прироста, поздние сосуды либо отсутствуют, либо собраны в небольшие, неправильной формы скопления.

Следует отметить интересное свойство волокон либриформа дуба монгольского в некоторых случаях образовывать так называемые «желатинозные» клетки с очень толстыми вторичными оболочками, которые не лигнифицируются и иногда отслаиваются от первичной оболочки. Однако данная особенность еще до конца не исследована и требует более глубокого дальнейшего изучения.

Дубу монгольскому, также как дубу черешчатому и дубу скальному свойственно затилловывание внутренних полостей члеников сосудов. Как известно (Саришвили и др., 1996), тиллы – это клетки лучевой и осевой паренхимы, являющиеся источником экстрагируемых компонентов, участвующих в формировании органолептических характеристик отдельных видов винодельческой про-

дукции. Кроме того, затилованность сосудов препятствует избыточному испарению жидкости и газов через клепку и свидетельствует о пригодности данной древесины для изготовления винодельческих бочек для выдержки коньячных спиртов. На отдельных препаратах древесины дуба монгольского удалось обнаружить тиллы не только в крупных сосудах, но и в узких сосудах поздней древесины.

В отличие от дуба черешчатого, у монгольского дуба широкие сердцевинные лучи уже, они образованы максимум 23-25 рядами клеток, но встречаемость их на единицу поверхности тангенциального среза значительно больше (20-50 на 10 см²), что предполагает прочность и долговечность изготовленных из этой древесины бочек.

При исследовании широких сердцевинных лучей, было замечено довольно частое включение в данную структуру волокнистых трахеид, которые в некоторых случаях расчленяли широкий луч на части.

В клетках сердцевинных лучей, осевой паренхимы, волокнистых и сосудистых трахеидах обнаружены скопления грибных образований.

По данным Сарипшвили Н.Г., Оганесянц Л.А., Кардаш Н.К. (1996) функциональная деятельность наблюдаемых микроорганизмов, проникающих в древесину как при жизни дерева, так и в результате заготовки, транспортировки и хранения древесного сырья в виде клепки, увеличивает пористость и относительную проницаемость древесины дуба для жидкости и газов.

Физико – механические свойства древесины дуба монгольского, такие как объемный вес, коэффициент усушки, изученные Пахомовым И.Д. (1965), весьма схожи с дубом черешчатым, однако по твердости и прочности при раскалывании вдоль волокон, дуб монгольский превосходит черешчатый.

Можно предположить, что в виду особенностей анатомического строения древесины дуба монгольского, (в первую очередь, большого количества узких сердцевинных лучей, расчленения их волокнистыми трахеидами), определяющих физико-механические свойства, при изготовлении бочарной клепки возможно не раскалывание древесины вдоль волокон, как для европейских видов дуба, а распиливание ее. Это в значительной степени определяет перспектив-

ность использования данного вида дуба в производстве высококачественных коньячных спиртов.

С целью определения количественного и качественного состава основных экстрагируемых соединений древесины дуба монгольского, играющих важную роль в формировании типичных органолептических показателей вин и коньяков, проводили хроматографическое исследование (с помощью ВЭЖХ) спиртоводных экстрактов, а затем полученные данные сравнивали с образцами древесины дуба черешчатого и скального, используемых при производстве бочарной клепки. Сравнительные результаты химического анализа дуба монгольского представлены в таблице 21.

Как видно из таблицы, в зависимости от географического происхождения древесины дуба монгольского, наблюдаются значительные отличия в составе ее спиртоводных экстрактов.

Таблица 21 – Сравнительное содержание экстрагируемых компонентов в древесине видов дуба ($P \leq 5\%$).

Компоненты экстракта	Концентрации компонентов, мг/г			
	Дуб черешчатый, (г. Майкоп, Адыгея)	Дуб скальный (Армения)	Дуб монгольский (Чугуевский лесхоз, Приморский край)	Дуб монгольский (Хехцирский лесхоз, Хабаровский край)
Эвгенол	0,142	0,32	0,15	0,15
Ванилин	0,167	0,23	0,80	0,15
Ванилиновая кислота	0,11	0,10	0,34	0,13
Сиреневый альдегид	0,18	0,20	0,157	0,19
Кониферилловый альдегид	0,3	0,16	0,66	0,31
Синаповый альдегид	0,17	0,88	0,50	0,14
Оксиметилфурфурол	0,22	0,15	0,57	0,42
Фурфурол	0,27	0,13	0,30	0,24
Галловая кислота	0,80	0,57	0,82	0,85
Общие полифенолы, по методу Фолин-Чокальтеу	49,5	35,0	35,0	35,0

Для широкослойной древесины дуба монгольского с большим содержанием лигнифицированных клеток либриформа, отобранной в Чугуевском лесхозе Приморского края характерны высокие концентрации ароматических соединений, таких как ванилин, сиреневый, кониферилловый и синаповый альдегиды, а так же оксиметилфурфуrolа, что значительно превышает аналогичные показате-

ли древесины дуба из Хехцирского лесхоза Хабаровского края, а также дуба черешчатого и скального.

Наряду с видовыми особенностями анатомического строения, такие различия в значительной степени обусловлены условиями произрастания дуба монгольского в данном регионе.

Дуб монгольский, произрастающий в Хехцирском лесхозе Хабаровского края, по содержанию ароматических компонентов приближается к дубу черешчатому, за исключением кониферилового альдегида и оксиметилфурфуrolа, концентрации которых в 10,5 и 1,9 раз больше, чем в данном виде дуба.

Общие полифенолы в дубе монгольском содержатся в меньшем количестве, чем в черешчатом, приближаясь к дубу скальному и белому.

В результате проведенных исследований было установлено, что древесина дуба монгольского, произрастающего в хвойно-широколиственных лесах Дальнего Востока, по качественным характеристикам не уступает черешчатому и скальному, а по некоторым показателям весьма близка к дубу белому и может быть использована при производстве бочек для выдержки коньячных спиртов.

Особенно предпочтительным будет использование исследуемой древесины для выдержки красных вин, а также молодых коньячных спиртов.

Кроме того, производство бочек из пиленой клепки позволит значительно сократить отходы высококачественной древесины дуба, механизировать технологический процесс, и как следствие, сделать дубовую бочку более доступной и конкурентной по цене для производителей винодельческой продукции.

ГЛАВА 10.

КРИТЕРИИ ОТБОРА ДУБА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИНОДЕЛИЯ

Отбор дуба начинается с выбора насаждений, лесоводственные характеристики которых должны быть следующими: предпочтительны нагорные высокоствольные семенного происхождения ясеновые, липовые и полевокленовые дубравы I и II класса бонитета с полнотой не менее 0,7; для горных дубрав предпочтительны насаждения I и II, реже III классов бонитета в свежих грабовых и суховатых дубравах; возраст отбираемых растений должен быть не менее 70 лет; диаметр на высоте груди – не менее 40 см.

К числу жестких требований, предъявляемых к сортаментам для изготовления клёпки, следует отнести: отсутствие сучков, наклона волокон, трещин и прочих видимых пороков; отсутствие видимых повреждений грибами и насекомыми; изменение цвета древесины, вызванное начальными стадиями загнивания. Удовлетворение этих требований обязательно.

К менее жестким мы относим следующие требования. Желательно использовать древесину, более темных оттенков, косвенно свидетельствующих о высоком содержании паренхимы и либриформа. Радиальный прирост – один из важнейших показателей качества – в среднем должен составлять более 2 мм и не иметь высоких показателей варьирования. Для кольцесосудистых пород средний радиальный прирост тесно связан положительной зависимостью с процентом поздней древесины (Перелыгин, 1957). Увеличение доли поздней древесины повышает ее плотность, улучшает некоторые механические свойства бочарной клепки и благотворно сказывается на качестве выдерживаемых коньячных спиртов. Содержание ее должно быть в среднем не менее 65 - 70 %.

Предпочтительно, чтобы среднее значение диаметра члеников ранних сосудов не превышало 250 мкм, так как большие размеры, особенно на фоне малого содержания поздней древесины, приводят к увеличению потерь спирта вследствие повышения фильтрации (Саришвили и др., 1996а, 1996б). Ранние сосуды обязательно должны иметь высокую степень затилованности, препятствующую избыточному испарению жидкости через клепку. Кроме того, наличие большого числа тилл, как мы полагаем, улучшает качество спиртовых экстрактов за счет накопления вторичных фенольных веществ, содержащихся в тилах. Расположение ранних сосудов широкослойной древесины в основном должно быть представлено радиально ориентированными извилистыми цепочками, диаметр просветов которых на поперечных срезах убывает в сторону поздней зоны. Расположение сосудов поздней древесины может иметь различный характер, но большее преимущество имеет древесина, у которой узкие сосуды вместе с клетками тяжелой паренхимы группируются в поздней части слоя в виде радиальных полос или пламевидных язычков и представляют собой продолжение цепочки ранних сосудов. Положительно влияет на качество частичная затилованность поздних сосудов, наблюдаемая у быстро растущих особей в высокопроизводитель-

ных условиях роста. Наиболее точно отвечает поставленным условиям исследованная нами древесина дуба черешчатого французского происхождения из провинции Лимузен. Количество широкопросветных сосудов в большей степени определяется процентом ранней древесины в годичном кольце, величина которой не должна превышать 30–35 %. Достоверной связи между содержанием узкопросветных (поздних) сосудов в древесине клепки и качеством выдержанных коньячных спиртов не найдено.

Высота широких сердцевинных лучей должна быть больше 1 см и 0,4 мм (более 20 рядов клеток) в ширину. По нашему мнению высота клеток однорядных лучей должна быть меньше или не на много превышать их ширину. Наблюдается некоторая положительная связь между интенсивностью роста (качеством условий произрастания) дуба и шириной клеток однорядных лучей. Увеличение числа лучей, особенно однорядных, на единицу площади тангентального среза улучшает некоторые механические свойства древесины (Оганесянц, 2002) и оказывает позитивное действие на качество напитков получаемых с использованием клепки из этой древесины. Последний эффект обусловлен тем, что клетки лучей, наряду с осевой паренхимой, являются основными элементами депонирующими танины и прочие вторичные ароматические соединения.

Желательно высокое содержание осевой паренхимы. Осевая паренхима в древесине дуба представлена в основном двумя типами расположения – метатрахеальная и диффузная, реже – скудновазичентричная. Соотношение типов паренхимы в зависимости от варьирования экологических условий изменяется незначительно и поэтому практически не оказывает влияния на качество коньячных спиртов. Однако, увеличение общего процента осевой паренхимы в древесине ведет к быстрому насыщению экстракта углеводами, различными фенольными соединениями и прочими метаболитами, влияющими на качество алкогольной продукции. Такая зависимость четко прослеживается при использовании древесин французского происхождения зарекомендовавших себя в традиционном бочарном производстве. Идентификацию и подсчет тяжелой паренхимы легче проводить на радиальных срезах, т. к. на поперечных срезах сечения паренхимных клеток и трахеид имеют высокое сходство.

Вопрос о вкладе волокон либриформа в экстракцию ароматических альдегидов и оксикислот, во многом определяющих вкус коньяков, достаточно сложен и до сих пор не решен. Вследствие этого дать рекомендации по отбору древесины дуба с предъявлением определенных требований к содержанию либриформа весьма затруднительно. По нашему мнению, для изготовления радиальной клепки желательно использовать древесину, имеющую в поздней зоне упорядоченное расположение узких радиально ориентированных участков состоящих из либриформа, чередующихся с промежутками преимущественно из узкопросветных сосудов и трахеид. По всей вероятности, этот тип расположения либриформа будет препятствовать потерям спирта в процессе его выдержки. В целом содержание либриформа пропорционально проценту поздней древесины и имеет большое значение при широких годичных кольцах. Кроме этого, широкослойная древесина достаточно часто имеет описанный выше тип расположения волокон.

Перечисляя приведенные выше требования, мы отлично понимаем, что никакая реальная древесина не может им соответствовать полностью, по крайней мере, вероятность такого соответствия невысока. Поэтому, При отборе в первую очередь следует обращать внимание на обязательное соответствие древесины жестким требованиям и наиболее важным, в диагностическом смысле, характеристикам, дающим наибольший вклад в органолептические показатели напитков. Можно построить ряд из требований в порядке уменьшения их значимости. Начало этого ряда выглядит следующим образом: источником древесины должны быть насаждения, отвечающие указанным выше лесоводственным требованиям; в продолжение ряда должны оцениваться следующие критерии: затиллованность ранних сосудов, величина радиального прироста, процент поздней древесины, содержание тяжелой и лучевой паренхимы, размеры клеток сердцевинных лучей, наличие частично двухрядных лучей. Древесина, удовлетворяющая всем жестким требованиям и, хотя бы, трем-четырем начальным требованиям представленного ряда, подходит для изготовления бочек, дающих возможность получить высококачественные коньячные спирты.

Считаем необходимым упомянуть о том, что проводя отбор древесины дуба важно знать закономерности индивидуальной и групповой изменчивости, а также показатели варьирования характеристик анатомических элементов и, свя-

занного с ними, химического состава экстрактов. По нашему мнению, в литературе этот вопрос освещен недостаточно (Вихров, 1949; Никитин и др., 1950; Оганесянц, 1998) и требует дальнейших исследований. Нами отмечено, что такие анатомические показатели, как содержание и расположение в радиальном приросте тяжелой паренхимы, размеры однорядных лучей, процент и диаметры ранних сосудов, не говоря уже о варьировании радиального прироста и процента поздней древесины, изменяются в очень широких пределах. Сравнивая показатели изменчивости этих признаков у трех видов дуба (*Q. robur* L., *Q. petraea* L. ex Liebl., *Q. mongolica* Fisch. ex Ledeb.), мы пришли к выводу, что уровень варьирования гистологических признаков в меньшей степени определяется генотипическими факторами и в большей мере зависит от условий произрастания, чем от видовой принадлежности. К примеру, разница в содержание однорядных лучей между одновозрастной древесиной дуба черешчатого, выросшего в условиях первого и четвертого бонитета, на много больше, чем различия по тому же показателю между дубом черешчатым и дубом скальным, произрастающими в близких экологических условиях. Сравнивая анатомическое строение древесины дуба монгольского, взятой из значительно различающихся по условиям произрастания, районов Дальневосточного края, наблюдались следующие картины расположения сосудов в поздней древесине: расположение диффузное, без образования выраженного рисунка; просветы сосудов образуют "язычки", не всегда расширяющиеся к границе кольца; сосуды, группируясь, образуют фигуры неправильной формы. Образование на поперечных срезах древесины рисунка в виде ветвящихся дендритов, применяемого как видовой признак в ключе для определения видов дуба по анатомическим признакам древесины (Чавчавадзе и др., 1992), у узкослойной древесины прослеживалось редко.

Важно отметить, что многие особенности анатомического строения древесины, степень проявления которых мы относим к критериям отбора, в той или иной степени связаны между собой и, в определенной мере, являются маркерами содержания важных, с позиции виноделия, химических соединений. По этому, наблюдая степень выраженности одного структурного параметра, можно приближенно судить о изменениях других характеристик, в случае, если известны показатели связи между ними. Примером может служить взаимосвязь величины

радиального прироста с содержанием в нем поздней древесины и расположением узкопросветных сосудов. Такой подход существенно упрощает диагностические сложности, возникающие при проведении отбора. (Аксёнов, Куракова (Джанаева); 2004)

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Нами разработана и апробирована (в лабораториях анатомии растений МГУЛ и технологии коньяка и крепких напитков ГНУ ВНИИПБиВП) специальная методика анатомических исследований древесины дуба применительно к вопросам виноделия.
2. Проведено подробное сравнительное анатомическое исследование древесины видов, экотипов и форм дуба, применяемой или условно пригодной к винодельческому производству. Дано анатомическое описание таксонов дуба. Обнаружены существенные различия в структуре древесины используемых в виноделии видов, экотипов и феноформ дуба. Выявлен ряд значимых с позиции виноделия структурных особенностей древесины дуба.
3. Выявлен и описан комплекс связей между изменениями различных анатомических элементов и макроскопических особенностей древесины. Показано, что учитывая коррелятивные изменения структурных параметров ксилемы, можно значительно упростить и повысить точность отбора дуба.
4. Анализ ВЭЖХ спиртоводных экстрактов древесины выявил количественные различия в химическом составе экстрактов из древесины дуба различного географического происхождения. Представленные данные дают обоснование традиционному предпочтению лимузенского дуба в производстве коньячных бочек.

5. Для некоторых анатомических элементов и варьирующих структурных особенностей древесины установлено их влияние на качество алкогольной продукции.
6. Установлены взаимосвязи между особенностями анатомического строения древесины и степенью ее пригодности для выдержки качественных коньячных спиртов.
7. На основании проведенных исследований предложен ряд критериев отбора дуба для дифференцированного использования его древесины в виноделии.
8. Проведено исследование анатомического строения и состава экстрагируемых спиртоводной смесью компонентов древесины дуба черешчатого из Калининградской области, а также ранней и поздней феноформ дуба черешчатого из ТОЛ. Подтверждена возможность применения данной древесины в производстве бочек для изготовления широкого спектра винодельческой продукции.
9. Установлено, что древесина дуба монгольского, произрастающего в хвойно-широколиственных лесах Дальнего Востока, по качественным характеристикам не уступает черешчатому и скальному, а по некоторым показателям весьма близка к дубу белому и может быть использована при производстве бочек для выдержки вин и коньячных спиртов.

Для практического использования предлагаются:

- специальная методика анатомических исследований древесины дуба применительно к нуждам виноделия;
- критерии отбора дуба для дифференцированного использования в виноделии;
- использование древесины ранней и поздней феноформ дуба черешчатого, из лесостепной зоны России, в производстве бочек для широкого спектра винодельческой продукции;
- значительное расширение отечественной сырьевой базы заготовки древесины для нужд виноделия за счёт использования дуба монгольского из Хабаровского края и Приморья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абашидзе О.В. Старение живых элементов древесины // Тезисы сообщений на XII Международном ботаническом конгрессе. Л.: БИН, 1975. Т. 1. С. 242.
2. Абашидзе О.В. Некоторые особенности процесса образования ядровой древесины у дуба *Q. iberica*. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук Тбилиси, 1980. - 23 с.
3. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров. // Учебник для ВУЗов. - СПб. СПбЛТА, 1999. - 628 с.
4. Аксенов П.А. Методика определения активности камбия при формировании древесины ствола хвойных // Тезисы докладов II Пуцзинской международной школы-семинара по экологии. – "Экология 2002: эстафета поколений". М.: МГУЛ, 2002.– с.17-18.
5. Аксенов П.А., О.В. Куракова. Анатомические особенности древесины дуба как критерии его пригодности для нужд виноделия // В кн.: Строение, свойства и качество древесины – 2004: Труды IV международного симпозиума. 13-16 сент. 2004. Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2004. Т. 1. С. 34–36.
6. Аксенов П.А. Особенности анатомического строения дуба черешчатого из французской провинции Limousin / П.А. Аксенов, Д.С. Курников // Тезисы докладов III Пуцзинской международной школы-семинара по экологии. – "Экология 2004: эстафета поколений". – М.: МГУЛ, 2004.– С.18–19.
7. Аксенов П.А. Сердцевинные лучи древесины как критерий отбора дуба для целей коньячного производства / П.А. Аксенов, И.Ю. Кондратова // Тезисы докладов III Пуцзинской международной школы-семинара по экологии. – "Экология 2004: эстафета поколений". – М.: МГУЛ, 2004. – С. 16–18.
8. Аксенов П.А. Изучение изменчивости структурных особенностей древесины дуба в связи с ее пригодностью для производства винодельческих бочек // Материалы V международной конференции молодых ученых, посвященной 175-летию первого лесостроительства на Урале и 160-летию со дня рождения лесовода Ф.А. Теплоухова.–М.: МГУЛ, 2005.–196 с.

9. Аксенов П.А. Исследование структуры и химического состава древесины дуба различного географического происхождения для оценки его пригодности к производству высококачественных коньячных спиртов / П.А. Аксенов, В.В. Коровин // Лесной вестник. № 5 – М.: МГУЛ, 2007. – С. 9–16.
10. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Л.: Наука. Т. 1: 1986. 180 с.
11. Атлас древесины и волокон для бумаги / под ред. Е.С. Чавчавадзе.–М.: Ключ, 1992.–336 с.
12. Бардинская М.С., Пятикрестовская К.Б. Изв. АН СССР серия биол., № 1, 1956, с. 109.
13. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы.- М.: МГУ, 2004. – 312 с.
14. Бенькова В.Е., Швейнгрубер Ф.Х. Анатомия древесины растений России. Атлас для идентификации древесины деревьев, кустарников, полукустарников и деревянистых лиан. Берн, Штутгарт, Вена: издат. Хаупт, 2004.- 456 с.
15. Биохимия растений. Пер. с англ. / Под ред. чл.-корр. РАН В.Л. Кротовича–М.: Мир, 1968.–624 с.
16. Бородина Н.А. Органогенез побегов дуба черешчатого. // В кн.: Морфогенез растений. М.: Наука, 1961. Т.2. С. 218–220.
17. Браунс Ф.Э, Браунс Д.А. Химия лигнина // Пер. с англ. М., Лесная промышленность, 1964. 415с.
18. Вихров В.Е. Макроскопическое строение и физико-механические свойства древесины дуба в связи с условиями роста // Труды института леса. Академия наук СССР. Том IV. 1949. С. 108–131.
19. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства дуба в связи с условиями произрастания. – М.: Гослесбумиздат, 1950. – 111 с.
20. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины дуба. // Труды института леса АН СССР. Т. IX. 1953. С. 29–37.
21. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба. М.: Изд. АН СССР, 1954. –264 с.

22. Вихров В.Е., Перельгин Л.М. О формировании древесины дуба. // Труды института леса АН СССР, 1949. Т. IV. С. 92–87.
23. Волков С.В., Егоров В.Н. Ход роста и товарность дуба скального в дубравах Северо-Западного Кавказа. // Лесная таксация и лесоустройство. Межвузовский сб. науч. тр. Вып. 6. Красноярск, 1977. С. 109–115.
24. ГОСТ 247–58. Клепка для бочек под вино, коньячный спирт, соки и морсы. М.: ИПК Издательство стандартов. 5 с.
25. Грудзинская И.А. Широколиственные леса предгорий Северо-Западного Кавказа. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 5–186.
26. Грудзинская И.А. Некоторые итоги изучения онтогенеза побегов дуба. // Ботан. журн., 1964. – Т. 49, №3. – С. 364–370.
- 27.
28. Гудвин Е., Мерсер Э. Введение в биохимию растений: В 2-х т. Е. 2. / Пер. с англ.–М.: Мир, 1986.–3/2 с., ил.
29. Джанполадян Л.М., Мнджоян Е.Л., Саакян Р.Г., Ахназарян Ф.А. Превращения углеводов древесины дуба в спиртовой среде // Виноделие и Виноградарство СССР, № 7, 1969, с. 13-16.
30. Дженсен У. Ботаническая гистохимия: Пер. с англ./ Под ред. профессора Н.В. Цингера – М.: Издательство МИР, 1965 – 377 с.
31. Дьяконов К.Ф., Курьянова Т.К., Косиченко Н.Е. Особенности деформации анатомических элементов древесины дуба при различных режимах термообработки // Изв. вузов. Лес. журн., 1985. № 5. С. 75–80.
32. Егоров И.А., Егофарова Р.Х. Лигнин древесины дуба и его роль в коньячном производстве // В кн.: Биохимические основы коньячного производства. – М., Наука, 1972, с. 43 – 47.
33. Енькова Е. И. Рост и развитие рано и поздно распускающихся форм дуба в географических культурах // Тр. Ин-та леса АН СССР, 1950. Том III. С. 147–189.
34. Енькова Е. И., Ефимов К. П., Ширнин В. К. Влияние фенологических форм дуба на качество дубрав // Лесное хозяйство, 1969. № 6. С. 25 – 29.

35. Енькова Е. И., Ширнин В. К. Влияние условий произрастания на физико-механические свойства древесины дуба черешчатого (*Q robur L.*) рано- и поздно распускающихся форм // Лесоведение, 1970. № 2. С. 59–73.
36. Енькова Е.И. Теллермановский лес и его восстановление. Воронеж, 1976. 214 с.
37. Зонн С.В. Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 333 с.
38. Кобранов Н.П. Селекция дуба. М.: Новая Деревня, 1925.- 40 с.
39. Комаров В.П. Флора Маньчжурии, т 2, СПб, 1903 г.
40. Коновалова Н.Н. Установление оптимальных режимов комбинированной обработки древесины дуба ультразвуком и теплом для ускорения созревания коньячных спиртов при их резервуарной выдержке. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2004.-25 с.
41. Коровин В.В. Особенности строения древесины дуба для виноделия / В.В. Коровин, А.Л. Оганесянц, Ю.А. Телегин // “Строение, свойства и качество древесины – 96”. II международный симпозиум. / Тезисы докладов. – М., 1996. – С. 25–26.
42. Коровин В.В., Коновалова Н.Н., Сорокина Е.Я., Паршов С.М. Древесина дуба // Материаловедение, 2002. № 4 (61). С 30–34.
43. Коровин В.В. Особенности строения древесины дуба каштанолистного / В.В. Коровин, В. Пайамнор // Лесной вестник. № 5 – М.: МГУЛ, 2006.– С. 105–109.
44. Коровин В.В., Оганесянц Л.А. Дуб в лесоводстве и виноделии.- М: ДеЛи принт, 2007- 480с.
45. Коровин В.В. Оценка пригодности древесины дуба монгольского в производстве коньячных спиртов / В.В. Коровин, Р.В. Щекалев, П.А. Аксенов // Лесной журнал. № 1– АрхГТУ, 2008. – С. 112–116.
46. Кононов Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов / Учебное пособие. 2-е изд.- М.: МГУЛ, 2002. – 259с.
47. Курдиани С.З. Дендрология. Тифлис, 1934. 488 с.
48. Лапхи А.Д. Образование букета коньячного спирта // В кн.: Биохимические основы коньячного производства. М.: Наука, 1972. С. 83–87.

49. Лилли Р. Д. Патогистологическая техника и практическая гистохимия: Пер. с англ./ Под ред. чл.-кор. РАМН В.В. Португалова. – М.: Издательство МИР, 1969 – 646 с.

50. Личев В.И. Разработка технологии получения экстракта из древесины дуба // ЦНИИТЭИ ПП, - М., 1977.- 40 с.

51. Личев В.И. Научные основы технологии коньячного производства Болгарии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. - М., МТИПП, 1978. - 58 с.

52. Лобжанидзе Э.Д. Строение и физико-механические свойства древесины дуба грузинского (*Quercus iberica* Stev.) в связи с происхождением дерева // В кн.: Вопросы горного лесоведения и лесоводства в Грузии. Тр. Ин-та леса, 1978. Т. XXVI. С. 9–14.

53. Лобжанидзе Э.Д., Габуния М.Д., Церцвадзе Д.К. Влияние промышленного загрязнения природной среды на формирование и качество древесины некоторых кавказских представителей рода *Quercus* // В кн.: Строение, свойства и качество древесины – 2004: труды IV международного симпозиума. 13-16 сент. 2004. Санкт-Петербург: СПбГЛТА, 2004. Т. 1. 569 с.

54. Малеев В.П. Дуб – *Quercus* L. В кн.: Флора СССР. М., Л.: Издат. АН СССР, 1936. Т. 5. С. 322–353.

55. Малеев В.П. Обзор дубов Кавказа в их систематическом и географическом отношениях и в связи с эволюцией рода *Quercus* // Бот. журн., 1935. Т. XX, № 2. С. 157–177.

56. Малеев В.П., Соколов С.Я. *Quercus* L. Дуб. // В кн.: Деревья и кустарники СССР. М.; Л.: Издат. АН СССР, 1951. Т. 2. С. 422–493.

57. Малтабар В.М., Фертман Г.И. Технология коньяка // - М.; Пищевая промышленность, 1971. – 342 с.

58. Мартыненко Э.Я. Фенолкарбоновые кислоты продуктов коньячного производства // Виноград и Вино России, № 3, 2000, с. 31-32.

59. Меницкий Ю.Л. Дубы Кавказа: Обзор кавказских представителей секции *Quercus*. Л.: наука, 1971. 196 с.

60. Меницкий Ю.Л. Дубы Азии. Л.: Наука, 1984. 316 с.

61. Меркулов Г. А. Курс патологогистологической техники – Л.: Издательство Медицина, 1969 – 443 с.
62. Минина Е.Г. Биологические основы цветения и плодоношения дуба // В кн.: Тр. Ин-та леса АН СССР, 1954. Т. 17. С. 5–43.
63. Наумов Н.А., Козлов В.Е. Основы ботанической микротехники.- М.: Советская наука 1954.- 312с.
64. Никитин Н.И., Т.И. Руднева, А.Ф. Зайцева, М.М. Чочиева. Изучение химического состава древесины дуба по типам леса // Журнал прикладной химии, 1949. Т. XXII, № 1. С. 67–78.
65. Никитин Н.И., Т.И. Руднева, А.Ф. Зайцева, М.М. Чочиева. Химический состав древесины дуба разных типов леса и географических областей // В кн.: Труды института леса АН СССР, 1950. Т. III. С. 145.
66. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы. М.Л.: Наука, 1962.-720с.
67. Новрузова З.А. Строение и свойства древесины главнейших лесных пород Азербайджана в связи с условиями произрастания / З.А. Новрузова. – Баку: Издат. АН Азерб.ССР, 1965. – 208 с.
68. Оганесянц Л.А. Танины древесины дуба – важный компонент винодельческой продукции // Виноград и вино России, 1994. № 6. С. 12–13.
69. Оганесянц Л.А., Коровин В.В., Телегин Ю.А. Анатомические аспекты качества дубовой клепки для производства винодельческой продукции // Виноград и вино России, 1995. Спецвыпуск. С. 33–34.
70. Оганесянц Л.А. 1998. Дуб и виноделие.–М.: Пищепромиздат. 255 с.
71. Оганесянц Л.А. Экстракты древесины дуба в плодовом виноделии // Вино и виноград России, 1997. № 1. С. 11–12.
72. Оганесянц Л.А., Коровин В.В., Куракова О.В., Аксенов П.А. Исследование особенностей анатомического строения и химического состава древесины дуба монгольского (*Quercus mongolica*) с целью использования ее в виноделии // В кн.: Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Сборник научных трудов. Вып. 3. Брянск, 2002. 114 с.
73. Оселедцева И.В. Физико-химические основы оценки качества коньяков. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Краснодар.: Куб.ГТУ, 1999. 24 с.

74. Пахомов И.Д. Физико-механические свойства древесины дальневосточных пород. – М.: Лесная промышленность, 1965 г. – 96 с
75. Пахомов И.Д. Физико-механические свойства древесины дуба монгольского // Бюлл. начн.-техн. информ., ДальНИИЛХ. Хабаровск, 1958. Вып. 4. С. 28–33.
76. Перельгин Л.М. Древесиноведение.–М.: Советская наука. 1957. - 362 с.
77. Писарницкий А.Ф., Егоров И.А. β -метил- γ -окталактон в дьбовата дървесина и коняка // Лозарство и винарство, 1976. № 6. С. 33–36.
78. Писарницкий А. Ф., Егоров И.А., Егофарова Р.Х. Исследование образования летучих фенолов в коньячных спиртах // Прикладная биохимия и микробиология, 1979, т. 15, вып. 1, с. 132 – 138.
79. Писарницкий А.Ф. О-гетероциклические соединения в аромате винодельческой продукции // Виноделие и виноградарство, 2002. № 3. С. 22–23.
80. Прида А., Пуэш Ж.-Л. Эллаготанины древесины дуба // Виноделие и виноградарство, 2002. № 4. С32-33.
81. Прида А. Исследование дуба как материала для винодельческой тары // Материалы Международной научно-практической конференции, Кишнев, 2003, с. 110-113.
82. Прида А., Пуэш Ж.-Л. Эллаготаннины в дубе разных видов // Виноделие и виноградарство, 2003, № 5, с. 24-25.
83. Прозина М. Н. Ботаническая микротехника – М.: Издательство Высшая школа, 1960 – 205 с.
84. Пятницкий С.С. Об опылении дубов и прорастании пыльцы на рыльцах // ДАН СССР, 1947. Т. 56, № 5. С. 118–121.
85. Пятницкий С.С. Итоги селекционных работ по дубу // В кн.: Тр. Ин-та леса АН СССР, 1951. Т. 8. С. 62–71.
86. Пятницкий С.С. Курс дендрологии. Харьков, 1960. 422 с.
87. Пятницкий С.С. Селекция дуба. М., Л.: Гослесбумиздат, 1954. 147 с.
88. Раздорский В.Ф. Анатомия растений. М.: Советская наука, 1949. 524 с.
89. Романовский М.Г., Мамаев В.В., Селочник Н.Н., Гописус Ю.А., Жиренко Н.Г., Кондрашова Н.К., Рубцов В.В., Уткина И.А. Экосистемы Теллермановского леса. М.: Наука, 2004. 340 с.

90. Ромашов Н.В. Биология плодоношения дуба и причины эпизодичности этого процесса // В кн.: Зап. Харьковского с.-х. ин-та, 1955. Т. 10. С. 105–134.
91. Ромейс Б. Микроскопическая техника: Пер. с нем./ Под ред. профессора И. И. Соколова – М.: Издательство ИЛ, 1953 – 718 с.
92. Роскин Г.И., Левинсон Л.Б. Микроскопическая техника. - М.: Советская наука, 3-е изд. 1957.- 467с.
93. Сарипшвили Н.Г. Анатомическое изучение дубовой клепки для виноделия / Н.Г. Сарипшвили, Л.А. Оганесянц, В.В. Коровин, Ю.А. Телегин // Виноград и Вино России, № 3, 1996. – С. 19–26.
94. Сарипшвили Н.Г., Оганесянц Л.А., Коровин В.В., Телегин Ю.А., Гордеева Л.Н., Кардаш Н.К. Анатомическое строение дубовой клепки для виноделия как показатель ее качества./ Обзорная информация. Пищевая и перерабатывающая промышленность. Серия 15. Винодельческая промышленность.–Вып. 2.–М.: АгроНИИТЭИПП, 1996.–23 с.
95. Семериков Л.Ф. Популяционная структура древесных растений (на примере видов дуба европейской части СССР и Кавказа). М.: Наука, 1986. 140 с.
96. Скурихин И.М. О химических процессах, происходящих при выдержке коньячных спиртов в дубовых бочках // Виноделие и виноградарство СССР, 1960, № 1, с. 8-15.
97. Скурихин И.М. Превращение лигнина, дубильных и редуцирующих веществ при созревании коньячных спиртов // Виноделие и Виноградарство СССР, № 2, 1962, с. 17-22.
98. Скурихин И.М. Химия коньячного производства // - М., Пищевая промышленность, 1968. – 255 с.
99. Скурихин И.М., Ефимов Б.Н. Ароматические альдегиды коньячных спиртов // В кн.: Биохимические основы коньячного производства. – М., Наука, 1972, с. 147 – 155.
100. Скурихин И.М., Ефимов Б.Н. О механизме распада лигнина в коньячном спирте // В кн.: Биохимические основы коньячного производства. М.: Наука, 1972. С. 59–66.
101. Скурихин И.М. Химия коньяка и бренди.–М.; ДеЛи принт, 2005.– 296 с.

102. Соколов С.Я. *Q. robur* L. – Д. черешчатый. В кн. В кн.: Деревья и кустарники СССР. М., Л.: АН СССР, 1951. Т. 2. С. 468–474.
103. Сукачев В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. Л.: Гослестехиздат, 1938. – 676 с.
104. Туманян С. А. Сравнительно-анатомическое исследование древесины представителей рода *Quercus* L. / С. А. Туманян // Труды института леса АН СССР, Том. 9, 1953. – С. 39–69.
105. Умаров М.У., Спивак О.И. Влияние высоты над уровнем моря на анатомическое строение древесины дуба каменного (*Quercus petraea* Liebl.) // В кн.: Вопросы экологии растений. Сб. науч. тр. Грозный, 1980. С. 18–27.
106. Умаров М.У., Чавчавадзе Е.С. Анатомические особенности древесины некоторых видов рода *Rhamnus* (*Rhamnaceae*) из ущелья реки Армхи (Восточный Кавказ) // Ботан. журн., 1991. Т. 1. С. 395–399.
107. Фенгел Д., Вегенер Г. Древесина (химия, ультраструктура, реакции). Пер. с англ. // –М.: Лесная пром-сть, 1988.–512 с.
108. Чавчавадзе Е.С. Морфология горизонтальных и тангентальных стенок клеток лучей хвойных. Номенклатура и классификация // Ботан. журн., 1965. Т. 30, № 4. С. 558–563.
109. Чавчавадзе Е.С. Древесина хвойных. Л.: Наука, 1979. 192 с.
110. Чавчавадзе Е.С., Сизоненко О.Ю. Структурные особенности древесины кустарников и кустарничков арктической флоры России. СПб: Издат. "Росток", 2002. 272 с.
111. Чеведаев А.А. Дуб, его свойства и значение. М.: Гослесбумиздат, 1963. 233 с.
112. Черняев В.М. О значении лесов в отношении Южной России. Харьков, 1957. 50 с.
113. Черняев В.М. Конспект растений дикорастущих и разводимых в окрестностях Харькова и в Украине. Харьков, 1959. 90 с.
114. Ширнин В. К., Енькова Е. И. О качестве древесины фенологических разновидностей дуба черешчатого в условиях свежей дубравы // В кн.: Генетика, селекция и интродукция лесных пород, вып. 2. Воронеж, 1975. С. 169–179.

115. Ширнин В.К., Косиченко Н.Е., Ефимов Ю.П. Гистохимическое изучение мест срастания прививок дуба // Изв. вузов. Лесн. журн., 1976. № 5. С. 159–160.
116. Ширнин В.К. Селекция дуба черешчатого на качество древесины. // Селекция и семеноводство дуба черешчатого // В кн.: Сб. научн. тр. ЦНИИЛГиС. Воронеж, 1980. С. 40–52.
117. Ширнин В.К. Селекция на качество древесины (на примере дуба черешчатого и других пород в ЦЧО) / В.К. Ширнин. – Автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. – СПб, 1999. – 48 с.
118. Эзау К. Анатомия семенных растений //– М. Мир, 1980, 1 т - с.218
119. Юрина Н. А., Радостина И. А. Гистология – М.: Издательство Медицина, 1995 – 256 с.
120. Яценко-Хмелевский А.А. Принципы систематики древесины // Труды Ботан. инст. АН Арм. ССР, 1948. Т. 5. С. 5–155.
121. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М., Л.: Издат. АН СССР, 1954. 335 с.
122. Яценко-Хмелевский А.А. Краткий курс анатомии растений. М.: Высшая школа, 1961. 282 с.
123. Яценко-Хмелевский А.А. Анатомическое строение древесины основных лесообразующих пород СССР. Дуб – *Quercus L* / А.А. Яценко-Хмелевский, К.И. Кобак // Л.: Наука, 1978. – С. 15–31.
124. Bate-Smith E. C. 1975, *Phytochemistry* 14, 1107—1113
125. Camus A. *Les chênes: Monogr. du genre Quercus*. Paris, 1936–1938. Т. 1. 686 p.
126. Conner J. M., Paterson A., Piggot J. R. Analysis of lignin from oak cask used for the maturation of scotch whisky // *J. Sc. Food Agric.*, 1992, Vol. 60, № 2, pp. 349-353.
127. Dahm H. P. *Svensk Papperstid.* 73. 1970, 613—618
128. Eames A.J. On the origin of the broad ray in *Quercus* // *Bot. Gaz.*, 1910. V. 49, N 3. P. 161–167.
129. Foo L. Y. and Porter, L. J. 1980, *Phytochemistry* 19, 1747—1754

130. Maga G.. The contribution of wood to the flavor of alcoholic beverages // *Food Rev. Int.* 5. № 1. 1989. –pp. 39–66.
131. Marche M., Joseph T. Etude theoritique sur le cognac, sa composition et don viellsement naturel an tuts de cheme. Station viticola de Cognac // *Revue Francais d“Oenologie*, 1975. N 57. P. 1–96.
132. Marcu Gh. Ursachen des Eichensterbens in Rumänien un Gegenma β -nachmen // *Österr. Forst-Ztg.*, 1987. N 3. S. 53–54.
133. Marinov M., J. –L. Puech., Dimitrova E. Kinetics of Extraction of Ellagitannins from oak wood with white dry wine // *Bulg. J. Agric. Sc.*, 1997, № 3, pp. 295-308.
134. Marinov M., Pascaleva L. Study on the ellagitannins and ellagic acid in dry oak extracts // *Bulg. J. Agric. Sc.*, 1997. N 3. P. 287–294.
135. Masuda M., Nishimura K. Branched nonalacton from some *Quercus* species // *Phytochemistry*, 1971, № 10, pp. 1401-1402.
136. Mayer W., Seitz, H. and Jochims, J. C. 1969, *Liebigs Ann. Chem.* 721, 186—193
137. Mayer W., Kuhlmann, F. and Schilling, G. 1971, *Liebigs Ann. Chem.* 747, 51— 59
138. Nimz H., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 13. 1974, 313—321
139. Nishimura K., Ohnishi M., Masuda M., Kogs K., Matsuyama R. Reaction of wood components during maturation // *In Flavor of Distilled Beverages: Origin and development*, 1983. P. 241–255.
140. Otsuca K., Sato K., Jamasite T. Structure of a β -metyl- γ -octalacton, an aging flavour compound of distilled liquors // *J. Fermentat. Technol.*, 1980, Vol. 58, pp. 395-398.
141. Otsuca K., Zenibayshi Y., Jtoh M., Totsuka A. Presense and significance of two diastereo-isomers of β -metyl- γ -octalacton in aged distilled liquors // *Agric. Biol. Chem.*, 1974, Vol. 38, pp. 485-490.
142. Pearl I.A., Beyer D.L., Jonson B., Wilkinson S. Alkaline hydrolysis of representative hardwoods. - *TAPPI*, 1957, 40, 374-378

143. Puech J –L. Extraction and evolution of lignin products in armagnac matured in oak // *Am. J. Enol. Vitic.*, 1981, Vol. 32, № 2, pp. 111-114.
144. Puech J –L. Characteristics of oak wood and biochemical aspects of armagnac aging // *Am. J. Enol. Vitic.*, 1984, Vol. 35, № 2, pp. 77-81.
145. Puech J.-L. Apport du bois de chene au cours du vieillissement des eaux-de-vie. - Le bois et la qualite des vines des eaux-de-vie, 1987, pp. 151-162.
146. Puech J.-L., Mertz C., Michon V., La Guerneve C., Doco T. Evolution of castalagin and vescalagin in etanol solutions. Identification of new derivatives // *J. Agr. Food. Chem.*, 1999. Vol. 47. P. 2060–2066.
147. Roux D. G., Ferreira, D., Hundt, H. K- L. and Malan, E. 1975, *Appl. Polym. Symp.* No. 28, 335—353
148. Rowe J. W., Seikel, M. K-, Roy, D. N. and Jorgensen, E. 1972, *Phytochemistry* //, 2513—2517
149. Sandermann W. *Naturwissenschaften* 53, 1966 p 513—525.
150. Scalbert A., Monties B., Jain G. Tannins in wood: Comparison of different estimation method // *J. Agric. Food Chem.*, 1989/ Vol. 37. P. 1324–1329.
151. Schweingruber F.H. *Microscopic Wood Anatomy. Structural variability of stems and twigs in recent and subfossil wood from Central Europe.* 2 edition. F. Flück-Wirth, Internationale Buchhandlung für Botanik und Naturwissenschaften, 1978. WSL., Birmensdorf. 226 p.
152. Sefton M.A., Francis I.L., Williams P.J. Volatile norisoprenoid compounds as constituents of oak woods used in vine and spirit maturation // *J. Agric. Food Chem.*, 1990. Vol. 38. P. 2045–2049.
153. Sefton M.A., Spillman P.J., Pocock K.F., Francis I.L., Williams P.J., Lee T.H. The influence of oak origin, seasoning and other industry practices on the sensory characteristics and composition of oak extracts. 73rd General Assembly. San Francisco, August 29 – September 3, 1993.
154. Seikel M. K-, Hall, S. S., Feldman, L. C. and Koeppen, R. C. 1965, *Am. J. Bot.* 52, 1046—1049
155. Seikel M. K-, Hosteller, F. D. and Niemann, G. J. 1971, *Phytochemistry* 10, 2249—2251

156. Shimaji K. Anatomical studies on the phylogenetic interrelationship of the genera in the Fagaceae // Bull. Tokyo Univ. Forest, 1967. N 57. P. 1–64.
157. Snajberk K and Zavarin E. 1976, Biochem. Syst. Ecol. 4, 159—163
158. Su Z. A., Zhai, Q. H., Liang, Z. Q. and Guo, C. T. 1981, Chem. Ind. For. Prod. (China) /, 1 — 11
159. Thompson R. S., Jacques, D., Haslam, E. and Tailor, R. J. 1972, J. Chem. Soc, Perkin Trans. /, 1387
160. Vinot C., Scalbert A., Lapierre C., Moutounet M. Ellagitannins and lignins in aging of spirits in oak barrels // J. Agr. Food Chem., 1993, Vol. 41, № 11, pp. 1872-1879.
- Vivas N., Glories Y. Role of oak wood ellagitannins in the oxidation process of red wines during aging // Am. J. Enol. Vitic., 1996, Vol. 47, № 1, pp. 103-107.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(к главе 1)

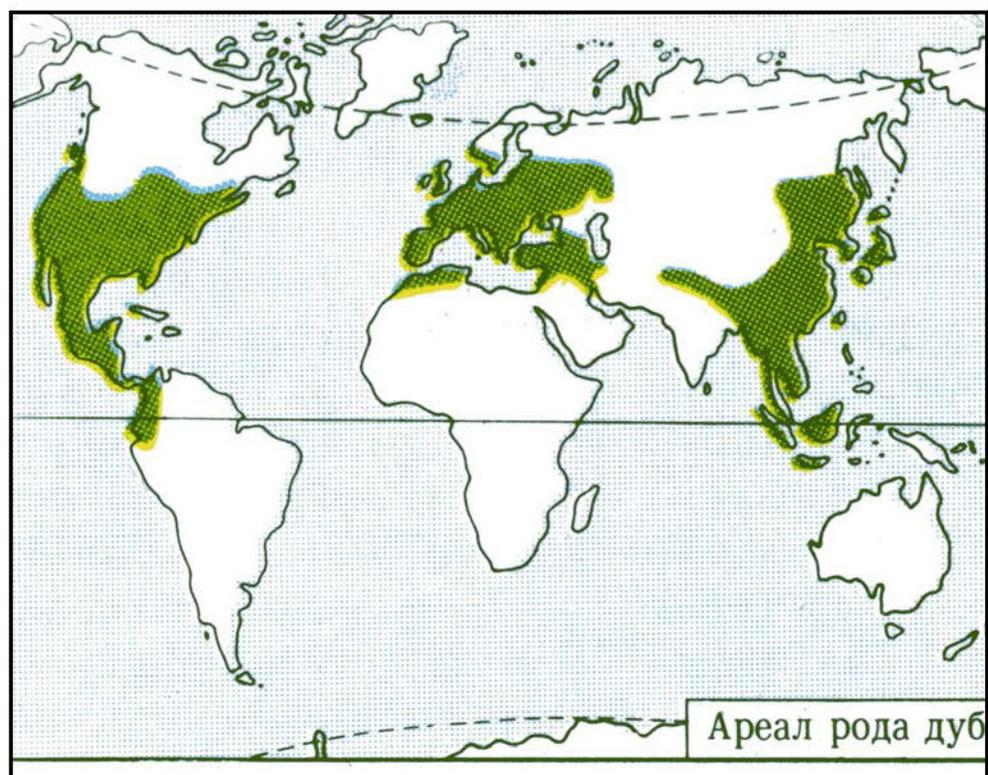


Рис. А.1. Ареал рода *Quercus* L. (По Ю.Л. Меницкому, 1982)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(к главе 2)

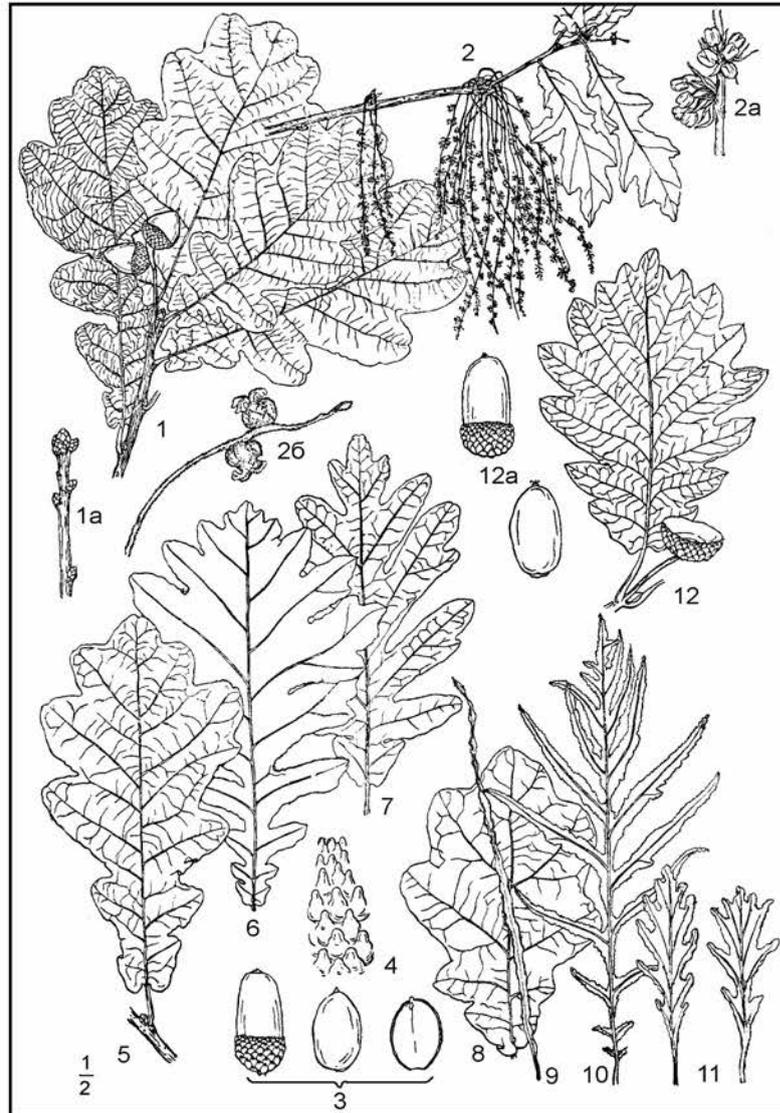


Рис. Б.2. Дуб черешчатый: 1 – ветка с листьями и желудями, 1а – побег без листьев; 2 – побег с тычиночными и пестичными цветками, 2а – тычиночные цветки; 2б женские соцветия; 3 – желуди; 4 – чешуи плюски; 5 – *f. turica*; 6 и 7 – листья, варьирующие по форме лопастей; лист 8 – *f. holopfylla*; 9 – лист *f. asplenifolia*; 10 – лист *f. ractinata*; 11 – лист *f. heterophylla* (2а, 2б и 4 сильно увеличено). Дуб Гартвиса: 12 – лист, 12а – желуди. (по С.Я Соколову, 1951)

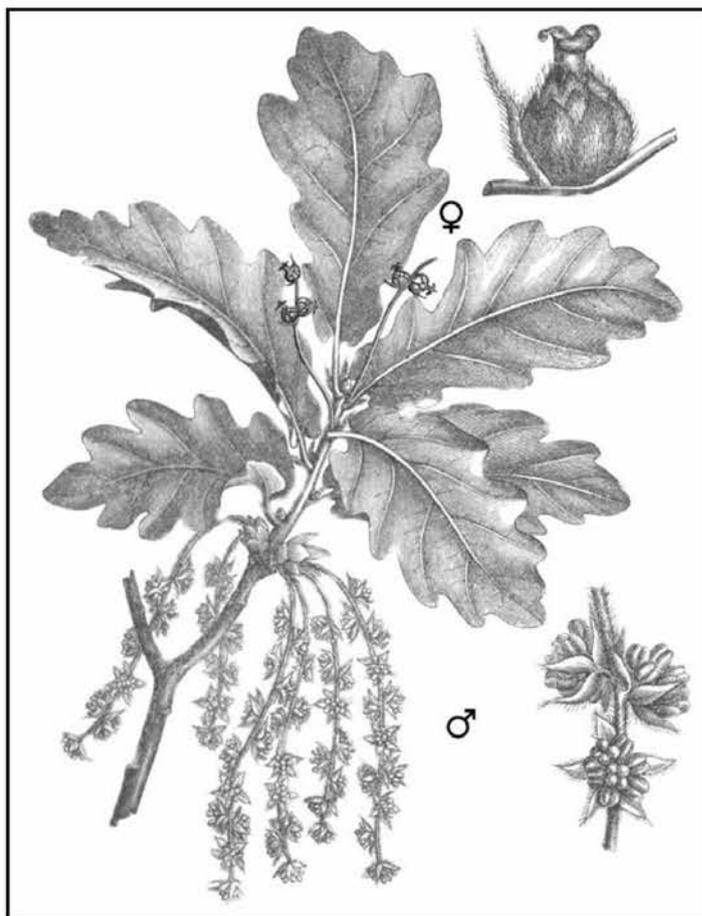


Рис. Б.3. Соцветия дуба черешчатого (по Кернеру фон-Марилауну, 1902)

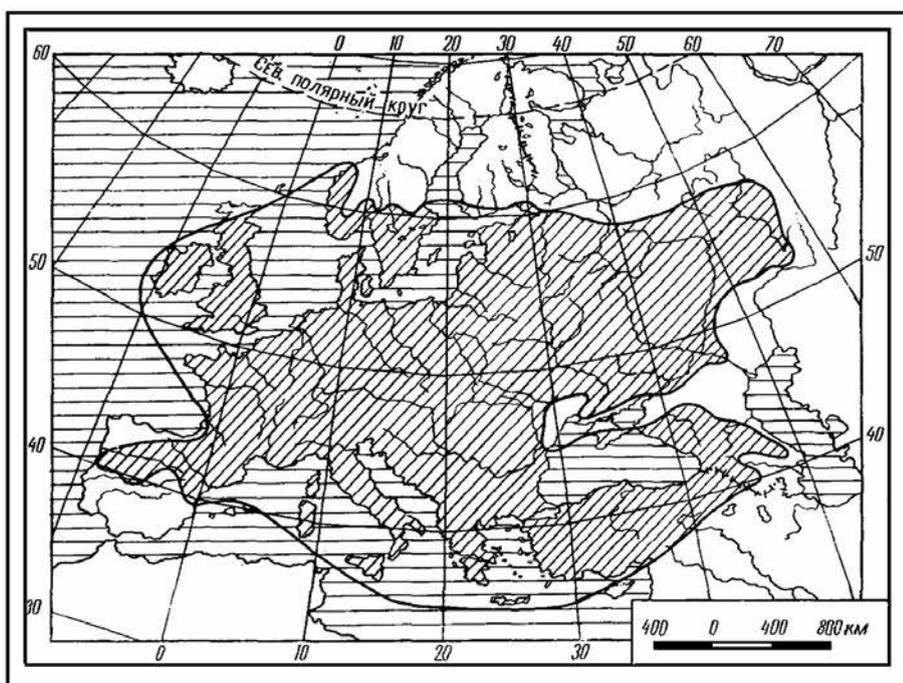


Рис. Б.4. Ареал дуба черешчатого (по В.В. Алехину, 1944, 1950, цит. по А.А. Че-
ведаеву, 1963)

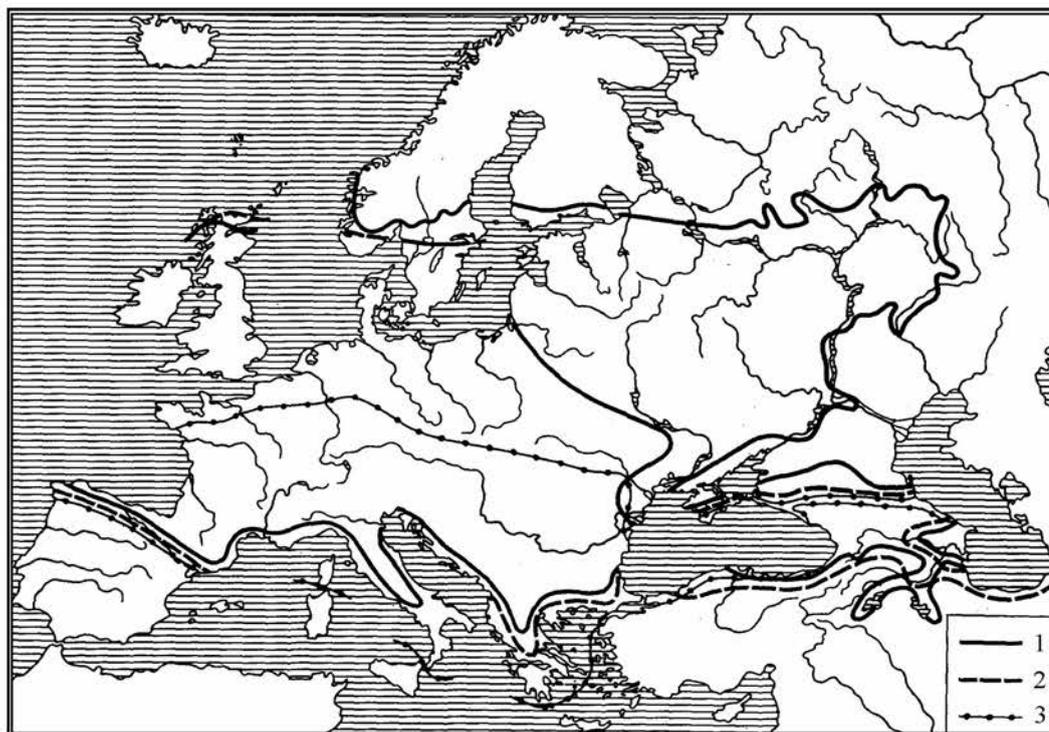


Рис. Б.5. Ареалы видов дуба: 1 – *Q. robur*; 2 – *Q. petraea*; 3 – *Q. pubescens* (по Л.Ф. Семерику)

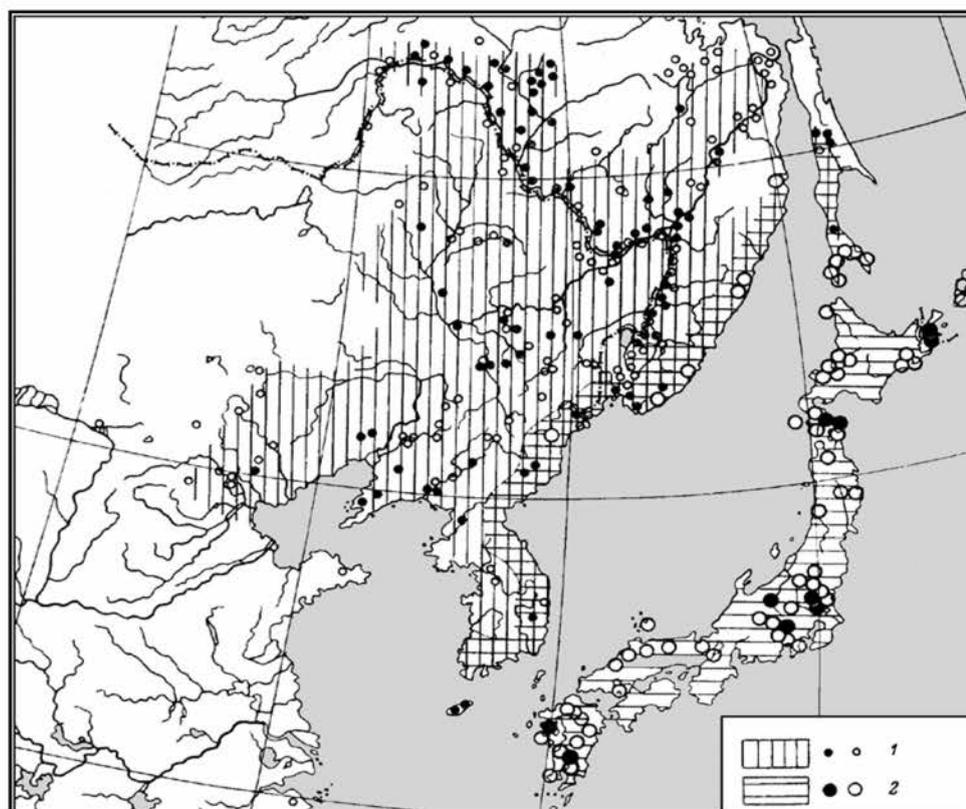


Рис. Б.6. Ареал *Q. mongolica* Fisch. ex Ledeb.: 1 – *ssp. mongolica*; 2 – *ssp. crispula* (по Ю.Л. Меницкому, 1984)

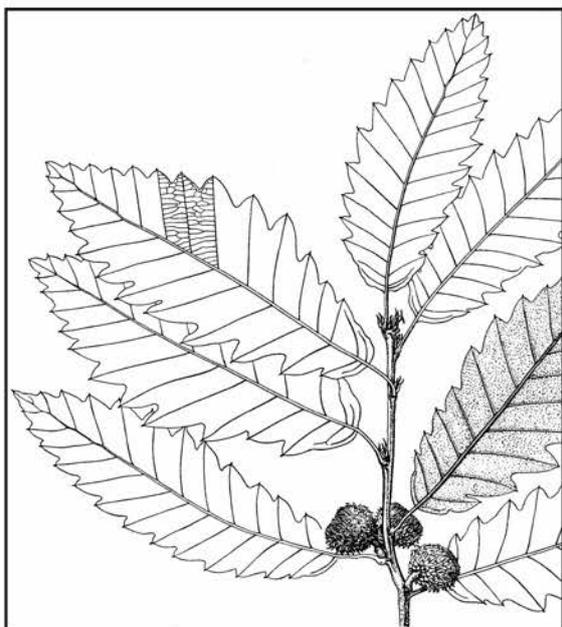


Рис. Б.7. *Q. castaneifolia* С.А. Мей. (по Ю.Л. Меницкому, 1984)

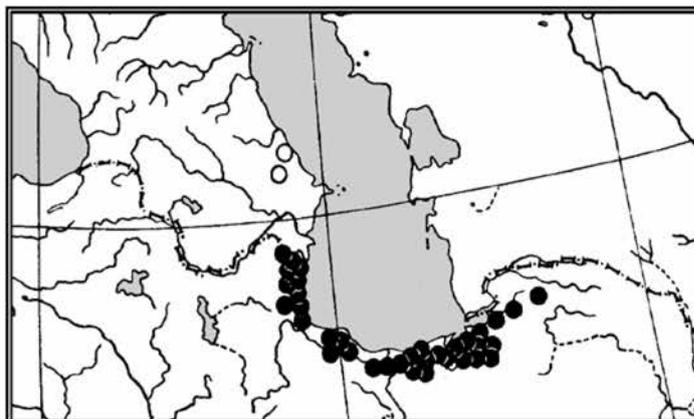


Рис. Б.8. Ареал *Q. castaneifolia* С.А. Мей. (по Ю.Л. Меницкому, 1984)

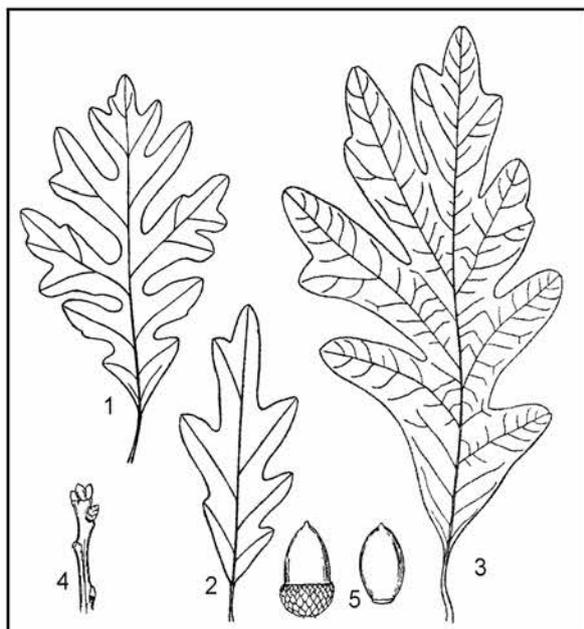


Рис. Б.9. *Q. alba* L.: 1, 2, 3 – листья; 4 – верхушка побега в безлиственном состоянии; 5 – желуди (по В.П. Малееву и С.Я. Соколову, 1951)

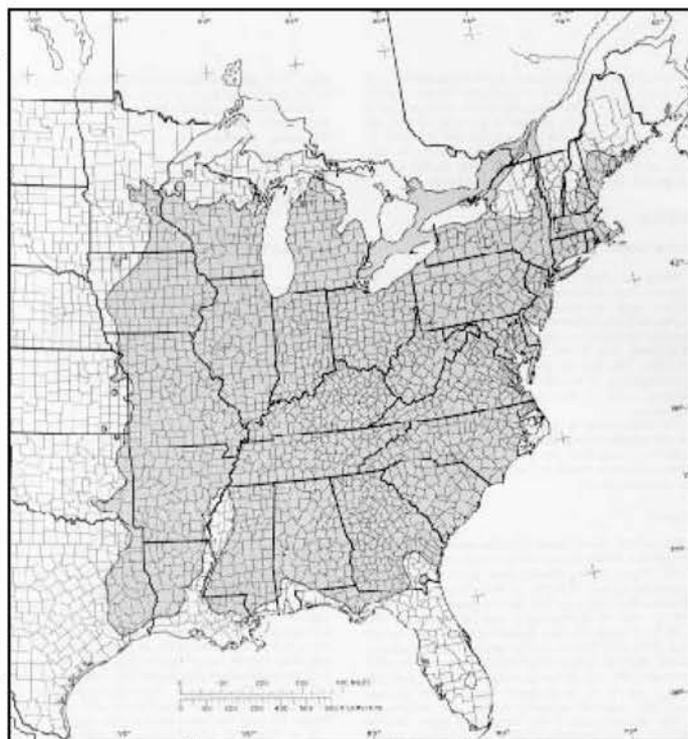


Рис. Б.10. Ареал *Q. alba* L. (по www.na.fs.fed.us/pubs/silvics/manual/volume_2/quercus/alba.htm)

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(к главе 3)



Рис. В.11. Текстура радиальных поверхностей древесины дуба монгольского (слева) из Приморского края и дуба черешчатого (справа) из Франции, Лемузен (по Коровин, Оганесянц, 2007)



Рис. В.12. Два кольца внутренней заболони на поперечном выпиле из ствола дуба черешчатого. Внутренняя заболонь и частично нормальная, внешняя, поражены гнилью (по (Коровин, Оганесянц, 2007))

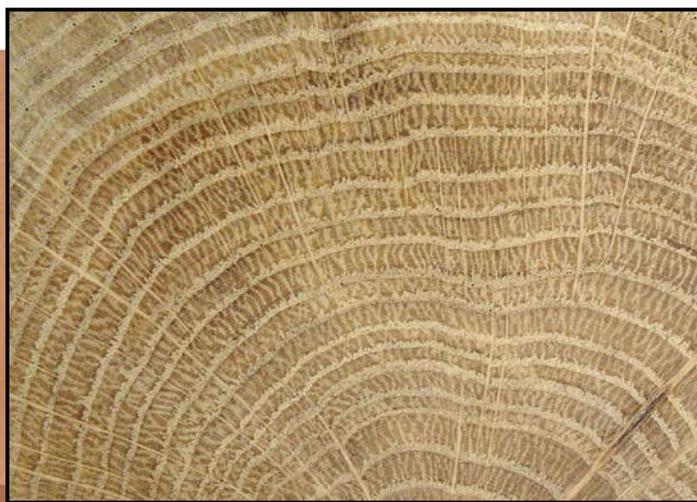


Рис. В.13. Поперечный разрез молодого ствола дуба черешчатого. Наблюдается хорошо выраженная поздняя древесина имеющая характерный рисунок летних сосудов



Рис. В.14. Тангентальный скол ранней древесины ядра дуба каштанолистного. Наблюдаются вертикальные серые полосы сечений широких лучей, чередующиеся с продольными сечениями полостей широкопросветных сосудов заполненных желто-бурым содержимым, представленным оболочками тил

Таблица В.1 - Основные физико-механические свойства древесины дуба монгольского в сравнении с древесиной дуба черешчатого из Центрального района европейской части России

Свойства древесины	Физико-механические показатели			
	Дуба монгольского			Дуба черешчатого
	V бонитет (юг Приморья)	V бонитет (Амурская область)	III-IV бонитет (Приморский и Хабаровский край)	
1	2	3	4	5
Число слоев в 1 см	5,9	11	10	5,5
Объемный вес при 15 % влажности г/см ³	0,60	0,68	0,70	0,71
Коэффициент усушки в %				
радиальной	-	0,20	0,18	0,18
тангентальной	-	0,33	0,32	0,28
объемной	-	0,54	0,52	0,48
Предел прочности при 15 % влажности, кгс/см ²				
при сжатии вдоль волокон	403	460	505	518
при статическом изгибе	825	803	998	962
при растяжении вдоль волокон	-	1208	1433	-
При скалывании вдоль волокон				
в радиальной плоскости	-	96	96	73
в тангентальной плоскости		106	111	85
Твердость, кгс/см ²				
торцовая	-	541	557	592
радиальная	-	438	496	510
тангентальная	--	458	512	395
Ударный изгиб, кгс м/см ³	0,31	0,33	0,46	0,39

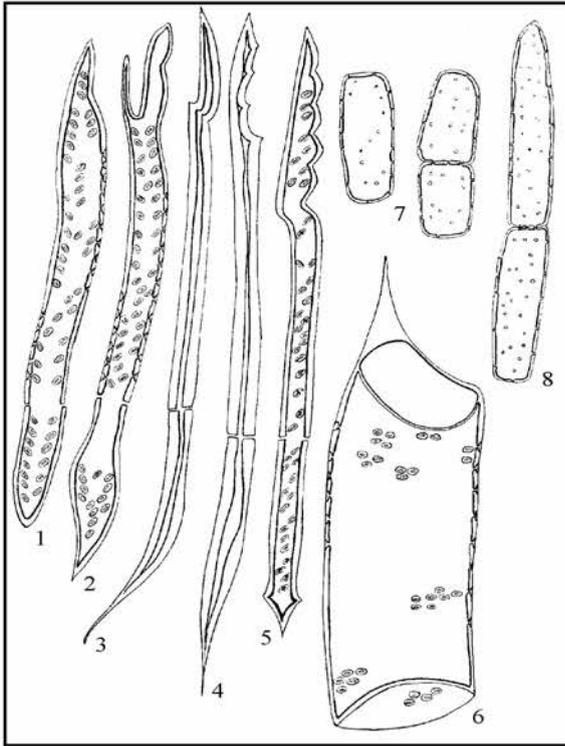


Рис. В.15. Анатомические элементы древесины дуба: 1 – сосудистая трахеида *Q. pontica*; 2 – сосудистая трахеида *Q. petraea* ssp. *iberica*; 3 – волокно либриформа *Q. petraea* ssp. *iberica*; 4 – волокно либриформа *Q. robur*; 5 – волокнистая трахеида *Q. macranthera*; 6 – сосуд ранней древесины *Q. petraea* ssp. *iberica*; 7 – паренхимные клетки луча; 8 – клетки тяжевой паренхимы (по С.А. Туманян, 1953)

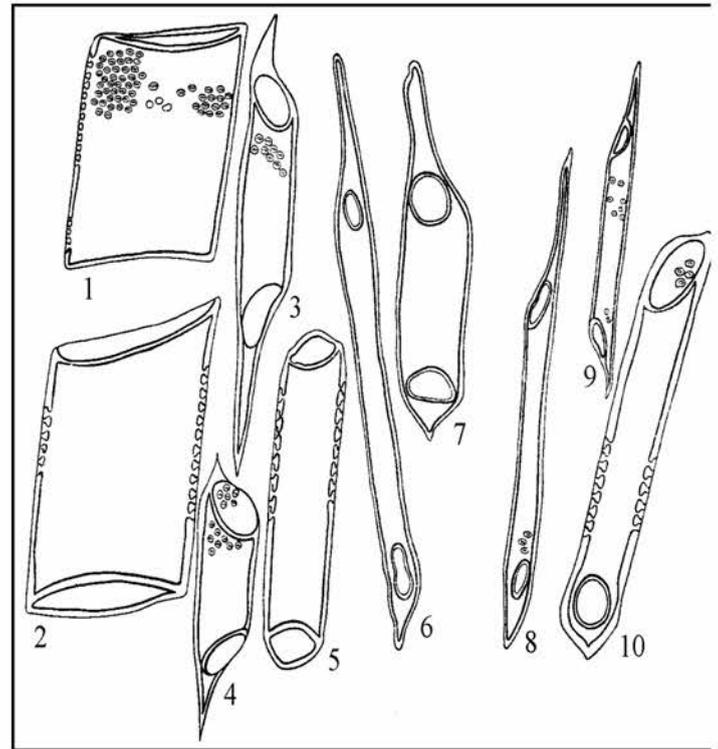


Рис. В.16. Различные типы члеников сосудов в древесине дуба: 1, 2 – сосуды ранней древесины; 3, 4, 6, 7, 8, 9 – сосуды поздней древесины с клювиками; 5, 10 – сосуды поздней древесины без клювиков (по С.А. Туманян, 1953)

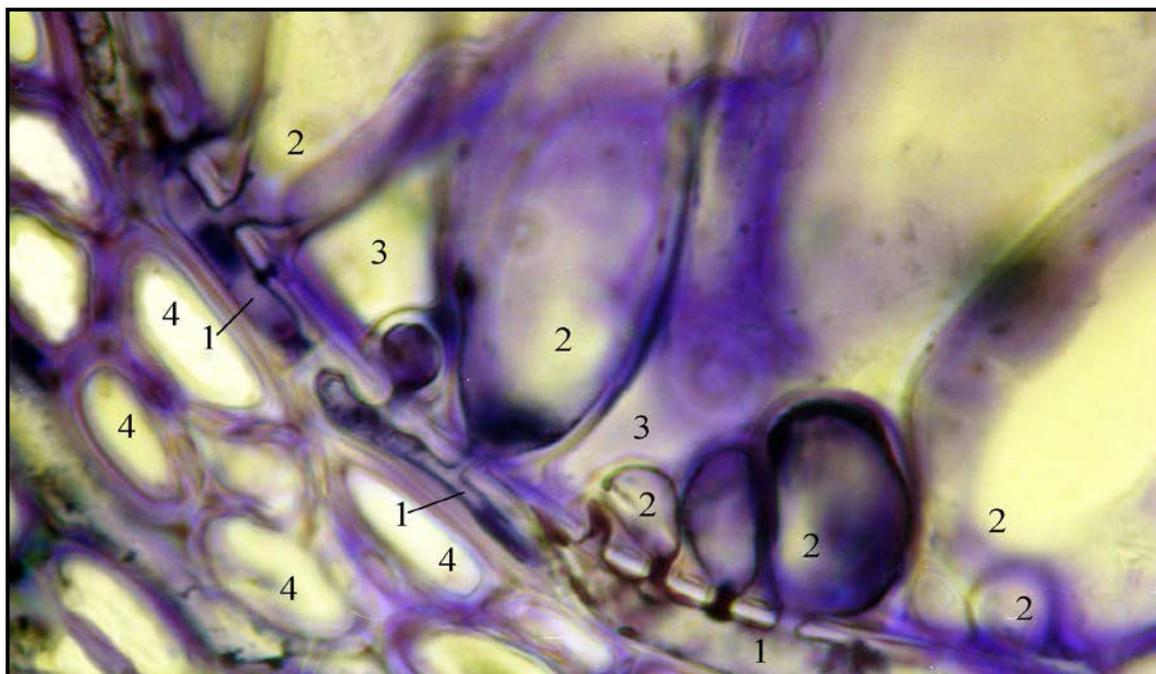


Рис. В.17. Образование тил в заболонной древесине дуба каштанолистного: 1 – клетки лучевой паренхимы; 2 – растущие тилы; 3 – полость сосуда, еще не заполненная тилами; 4 – сосудистые трахеиды



Рис. В.18. Сосуды заболони и ядра в древесине поздней формы дуба черешчатого. Слабо затилованные ранние сосуды в заболони (черные зерна), в зоне ядра имеют высокую степень затилованности, вследствие чего почти не различимы (визуально слиты в кольце ранней зоны прироста)

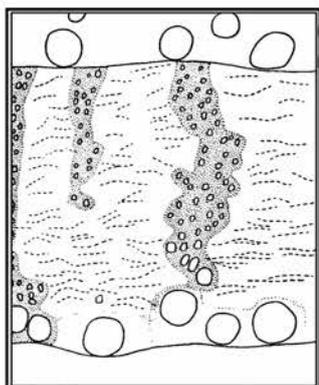


Рис. В.19. Схематический рисунок поперечного среза древесины *Q. petraea* ssp. *Iberica*

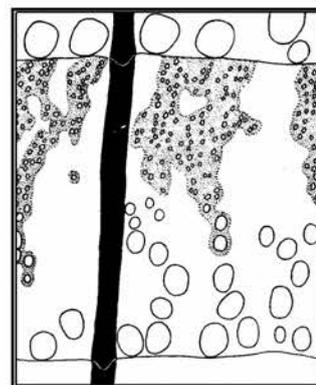


Рис. В.20. Схематический рисунок поперечного среза древесины *Q. hartwissiana*

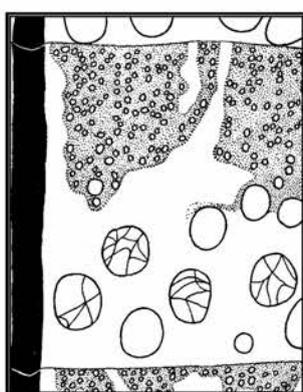


Рис. В.21. Схематический рисунок поперечного среза древесины *Q. petraea* ssp. *Petraea*

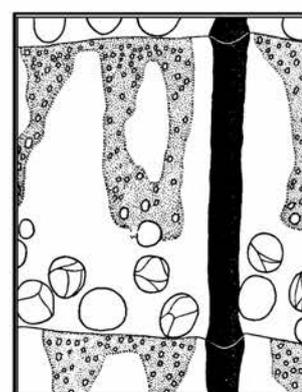


Рис. В.22. Схематический рисунок поперечного среза древесины *Q. macranthera*

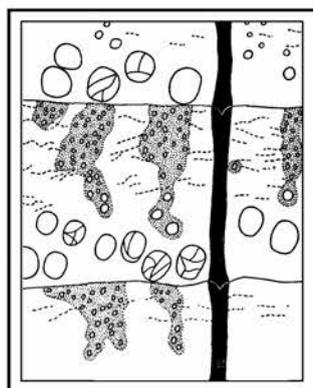


Рис. В.23. Схематический рисунок поперечного среза древесины *Q. mongolica*

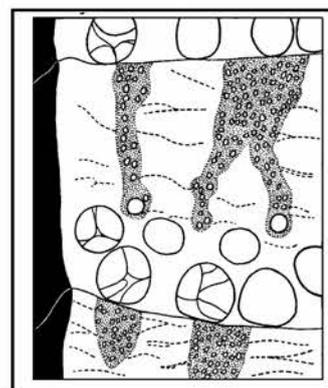


Рис. В.24. Схематический рисунок поперечного среза древесины *Q. alba*

Таблица В.2 - Диаметры (в микрометрах) сосудов и толщина их оболочек (по С.А Туманян, 1953)

Вид	Средний диаметр сосудов				Максимум		Минимум		Толщина оболочки	
	Ранних		Поздних		Ранних	Поздних	Ранних	Поздних	Ранних	Поздних
	Танген-тальный	Ради-альный	Танген-тальный	Ради-альный						
<i>Q. castaneifolia</i>	206	223	40,0	39,0	289	55	151	30	4,0	5,3
<i>Q. macranthera</i>	164	143	33,0	35,0	196	44	126	28	3,3	2,5
<i>Q. robur ssp. robur</i>	177	193	32	33,0	225	37	128	24	3,5	3,0
<i>Q. robur ssp. imeretina</i>	147	179	36,0	46,0	246	60	122	23	-	-
<i>Q. hartwissiana</i>	191	296	37,0	38,0	260	54	152	30	3,5	2,8
<i>Q. petraea ssp. iberica</i>	219	231	34,0	35,0	260	43	136	30	3,8	2,5
<i>Q. alba</i>	290	324	29,0	30,0	345	40	242	30	3,7	2,6
<i>Q. mongolica</i>	255	251	30,5	30,0	280	36	170	27	3,8	2,9

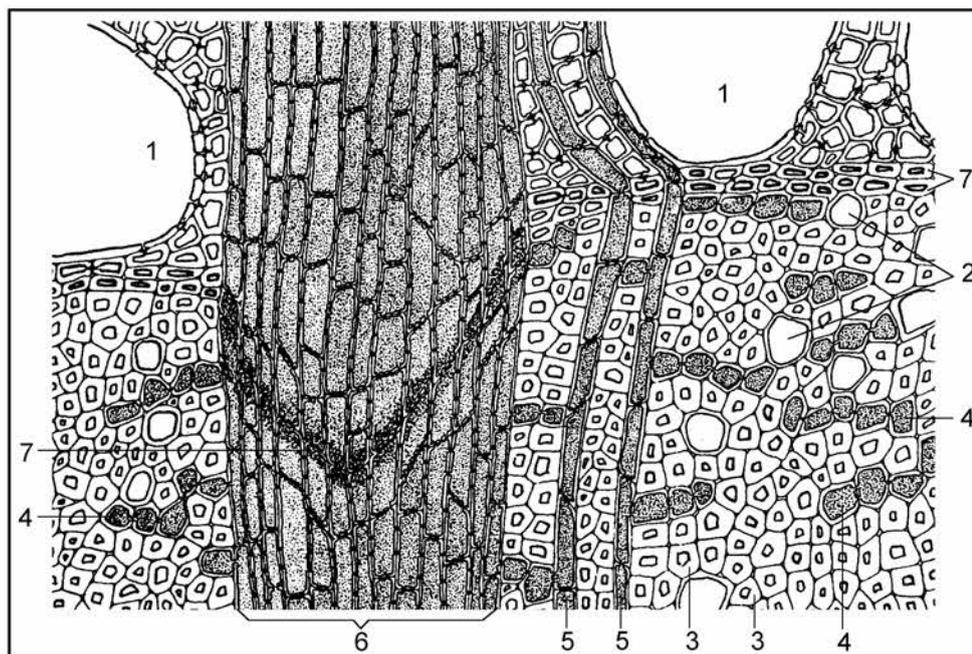


Рис. В.24. Поперечный срез древесины дуба черешчатого, включающий границу двух годичных приростов (сверху от границы ранняя древесина, снизу – поздняя): 1 – просветы сосудов ранней древесины; 2 – просветы сосудов поздней древесины; 3 – волокна либриформа; 4 – метатрахеальная осевая паренхима; 5 – однорядные лучи; 6 – широкий луч; 7 – граница годичного прироста, образованная двумя слоями уплощенных в радиальном направлении волокнистых трахеид (по С.Ф. Туманян (1953))

Таблица В.3 - Число элементов древесины на 1 мм²

Вид	Сосуды		Лучи одно- рядные	Осевая паренхима
	ранней древесины	поздней древесины		
<i>Q. castaneifolia</i>	6	7	92	734
<i>Q. macranthera</i>	7	89	76	514
<i>Q. robur ssp. robur</i>	7	72	79	482
<i>Q. robur ssp. imeretina</i>	12	88	81	417
<i>Q. hartwissiana</i>	14	96	87	595
<i>Q. petraea ssp. iberica</i>	8	109	113	438
<i>Q. alba</i>	6	73	65	292

Таблица В.4 - Размеры анатомических элементов в ранней и поздней древесине годовичного слоя дуба черешчатого в микронах (по В.Е. Вихрову)

Анатомические элемен- ты	Зона годовично- го слоя	Среднее, мкм	Среднее квадратиче- ское отклоне- ние
Тангентальный диаметр сосудов	Ранняя	218,0	66,1
	Поздняя	32,0	17,7
Радиальный диаметр со- судов	Ранняя	258	63,1
	Поздняя	39,2	18,8
Длина членников сосу- дов	Ранняя	333	125
	Поздняя	462	117
Длина трахеид	Ранняя	686	153,6
	Поздняя	739	160,8
Диаметр трахеид	Ранняя	14,6	2,43
Диаметр волокон либ- риформа	Поздняя	15,9	2,82
Толщина клеточной стенки либриформа	Поздняя	5,1	0,99
Длина волокон либри- форма	Поздняя	1116	201,6

Таблица В.5 - Доля анатомических элементов в ранней и поздней древесине годичного слоя дуба черешчатого (по В.Е. Вихрову)

Показатель	Зона годичного слоя	Среднее	Среднее квадратическое отклонение
Объем сосудов, %	Ранняя	44	16
	Поздняя	10	4,32
Суммарный объем трахеид и либриформа, %	Ранняя	39	15,0
	Поздняя	65	9,48
Объем общей паренхимы, %	Ранняя	17	4,7
	Поздняя	25	5,8

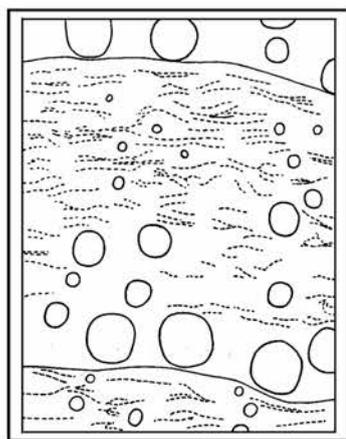


Рис. В.25. Схематический рисунок поперечного среза древесины *Q. castaneifolia* (по С.А. Туманян, 1953)

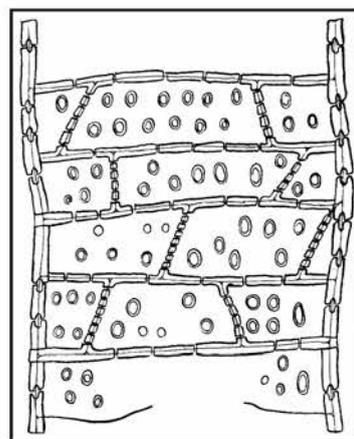


Рис. В.26. *Q. casnieifolia*; поры в поле перекреста трахеиды и луча

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(к главе 4)

Таблица Г.6 - Химический состав древесины дуба

Органические соединения		Минеральные вещества
Структурные компоненты	Экстрактивные вещества	
Лигнин, целлюлоза, полиозы (включая пектины (полиурониды))	Танины, флаваноиды, лактоны, терпены и терпеноиды, предельные и непредельные кислоты, лигнаны, простые фенолы, сложные эфиры, азотсодержащие органические соединения и многие другие вещества в очень низких концентрациях	Ca; K; Mg; Mn; Na; Cl; Fe; Zn; Si; Cu и др. (преимущественно в виде солей)

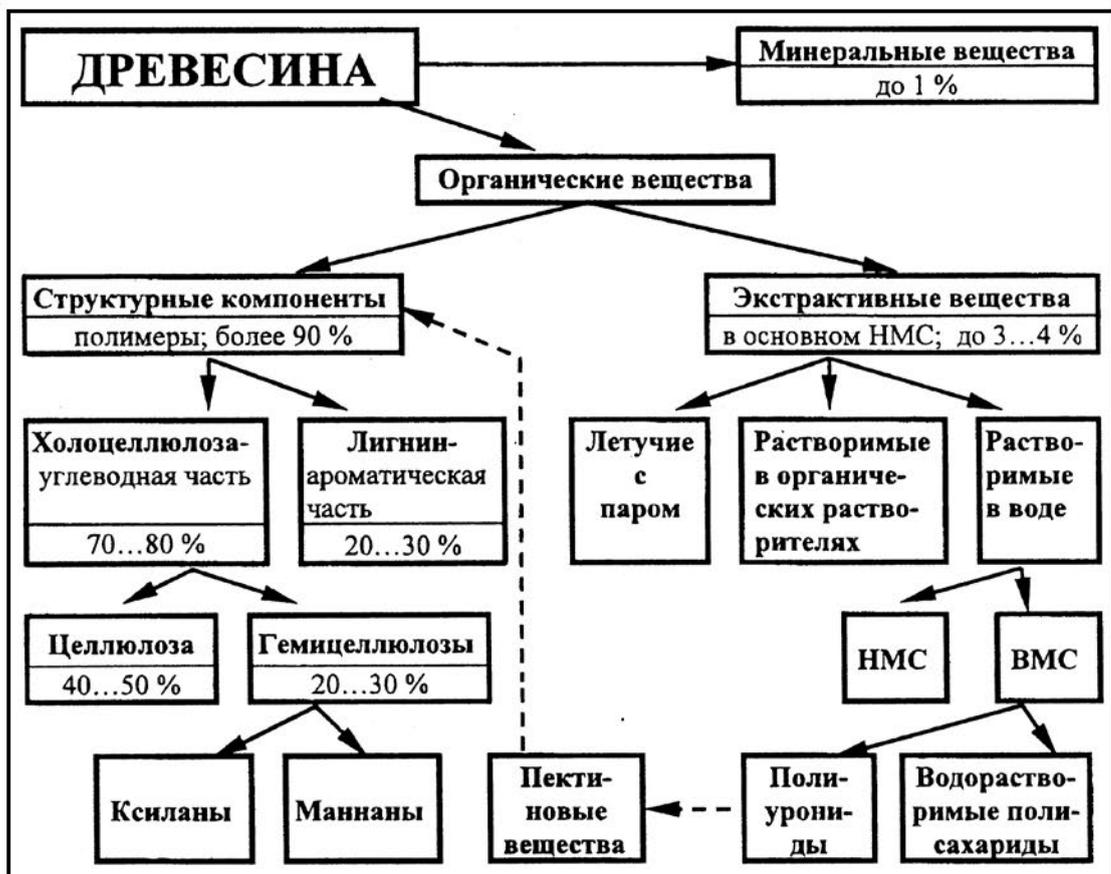


Рис. Г.27. Основные химические компоненты древесины; относительное содержание веществ указано в % для абсолютно сухой древесины (НМС – низкомолекулярные соединения, ВМС – высокомолекулярные соединения). (по Азарову и др., 1999)

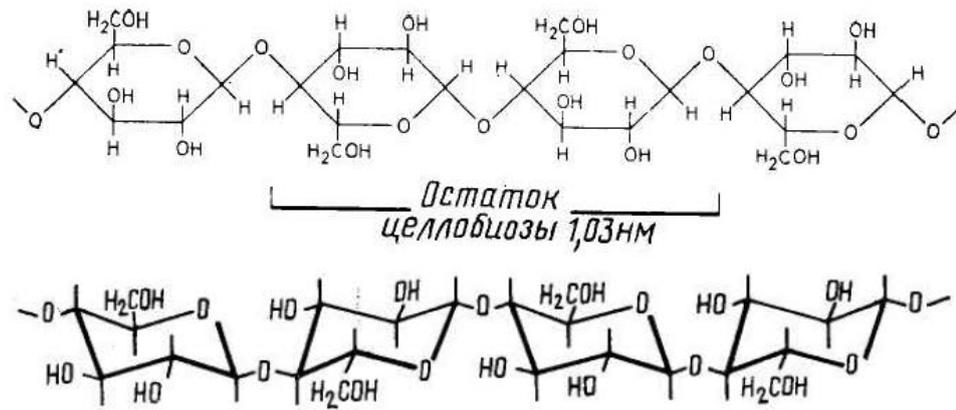


Рис. Г.28. Структурная и стереохимическая формулы целлюлозы (по Фенгелу, Вегенеру, 1988)



Рис. Г.29. Моносахариды, входящие в состав полиоз древесины дуба (по Фенгелу, Вегенеру, 1988)

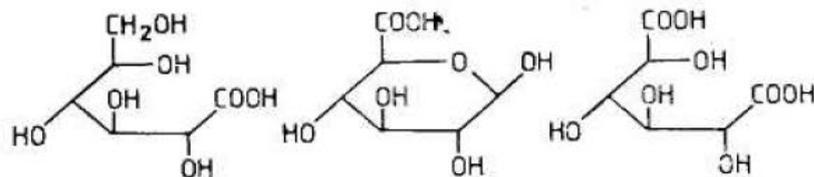


Рис. Г.30. Продукты окисления глюкозы: глюконовая, глюкуроновая, глюкаронная кислоты, входящие в состав некоторых полиоз (по Фенгелу, Вегенеру, 1988)

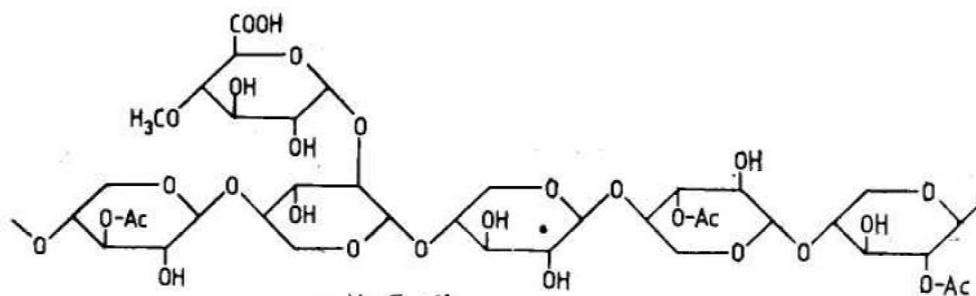


Рис. Г.31. Часть цепи О-ацетил-4-О-метилглюкуроноксилана древесины дуба (по Фенгелу, Вегенеру, 1988)

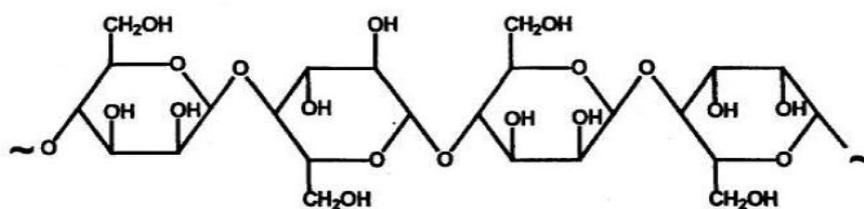
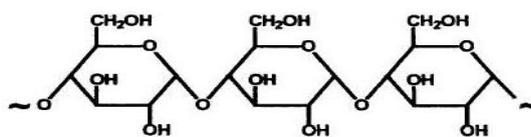
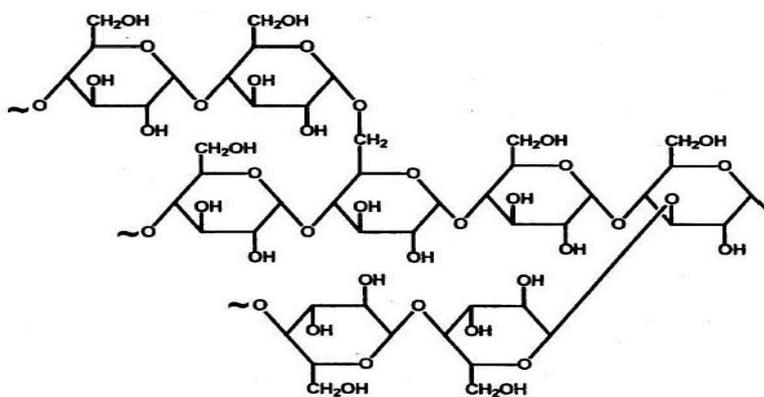


Рис. Г.32. Фрагмент цепи глюкоманнана дуба (по Азарову и др., 1999)



Амилоза



Амилопектин

Рис. Г.33. Фрагменты макромолекул крахмала (по Азарову и др., 1999)

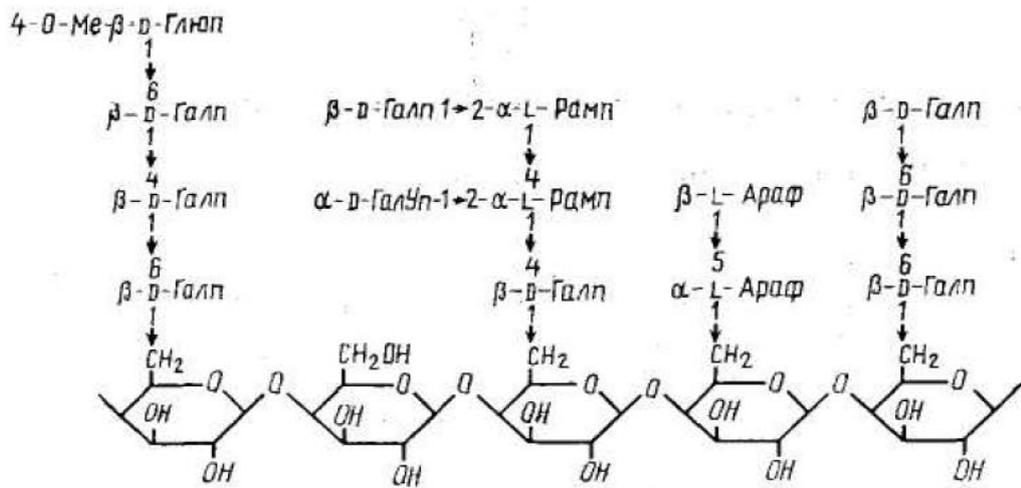


Рис. Г.34. Часть цепи галактана тяговой древесины бука (по Фенгелу, Вегенеру, 1988)

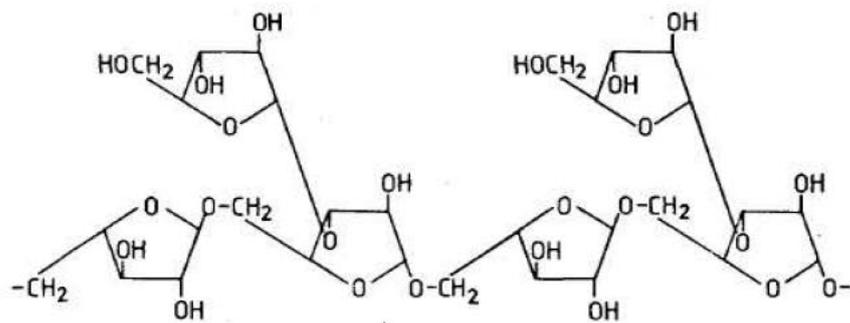


Рис. Г. 35. Часть цепи арабинана (по Фенгелу, Вегенеру, 1988)

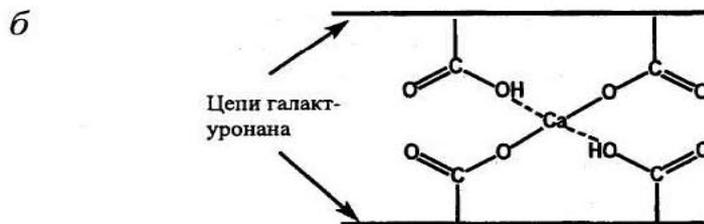
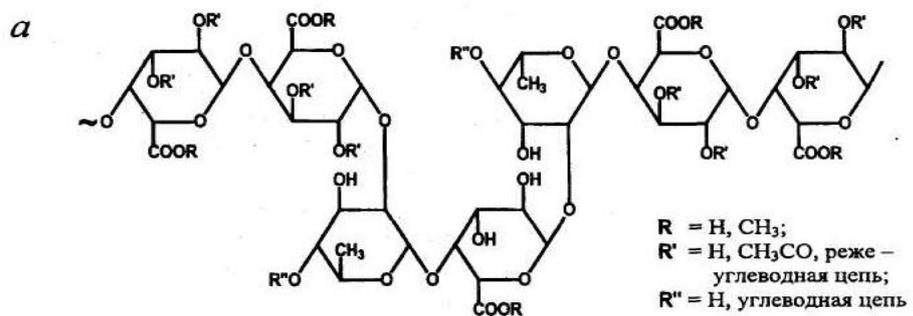


Рис. Г.36. Фрагмент цепи пектиновой кислоты (а) и образование поперечных кальциевых мостиков (б) (по Азарову и др., 1999)

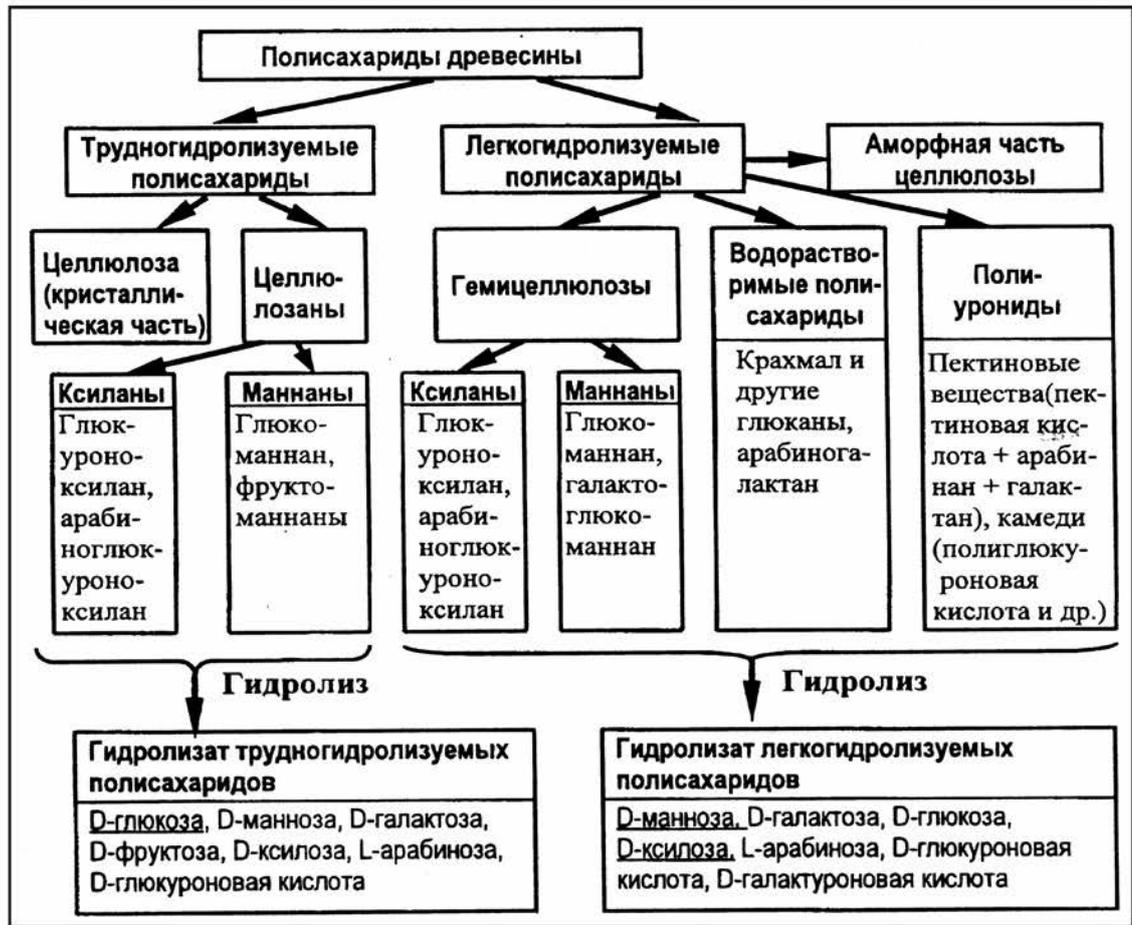


Рис. Г.37. Схема гидролиза полисахаридов древесины (по Азарову и др., 1999)

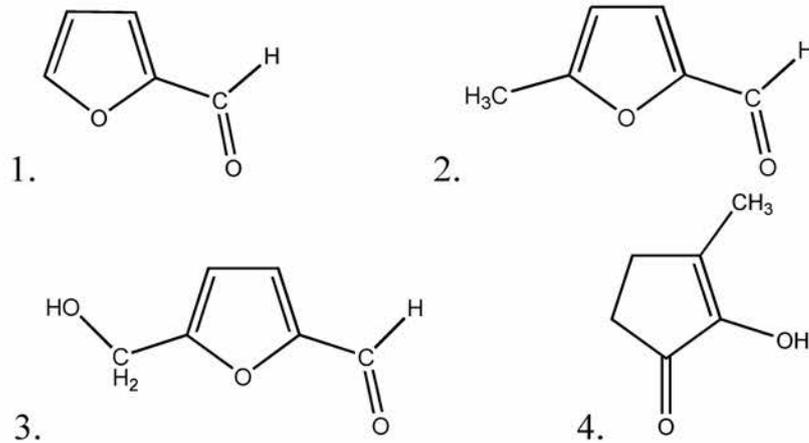


Рис. Г.38. Продукты дегидратации моноз: 1.–2-фуральдегид, 2.–5-метил-2-фуральдегид, 3.–5-гидроксиметил-2-фуральдегид, 4.–2-окси-3-метил-2-циклопентен-1-он

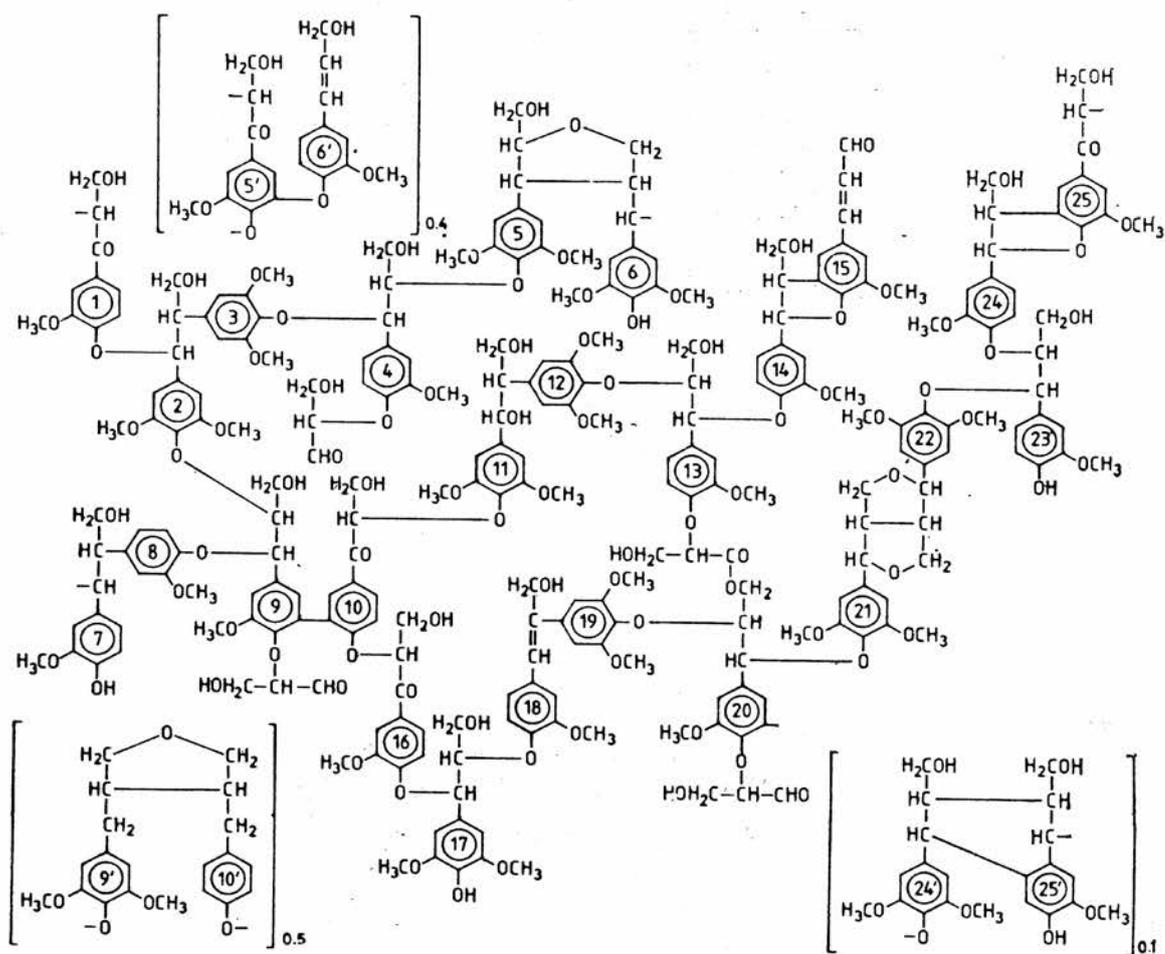


Рис. Г.39. Примерная схема строения фрагмента лигнина бука (по Н.Н. Nimz, 1974)

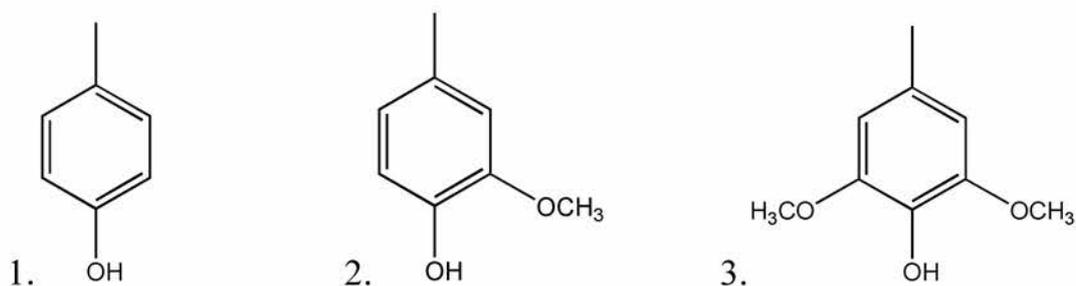


Рис. Г.40. Структура ароматических звеньев лигнина дуба. 1.—пара-оксифенил-, 2.—гваяцил-, 3.—сирингил-

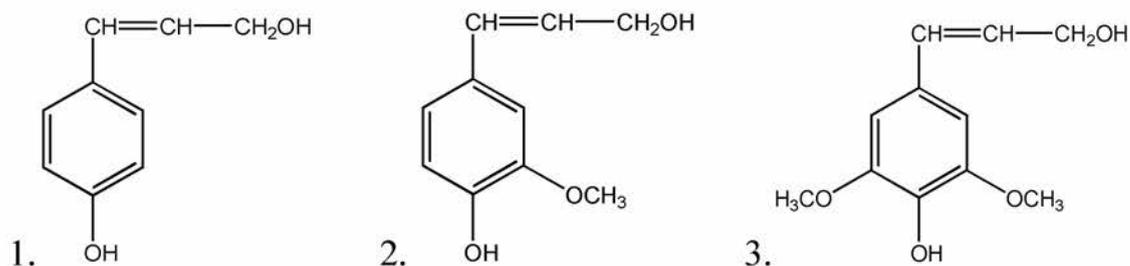


Рис. Г.41. Транс-гидроксикоричные спирты—промежуточные продукты биосинтеза лигнина. 1.— транс-пара-кумаровый, 2.— транс-кониферилловый, 3.— транс-синаповый

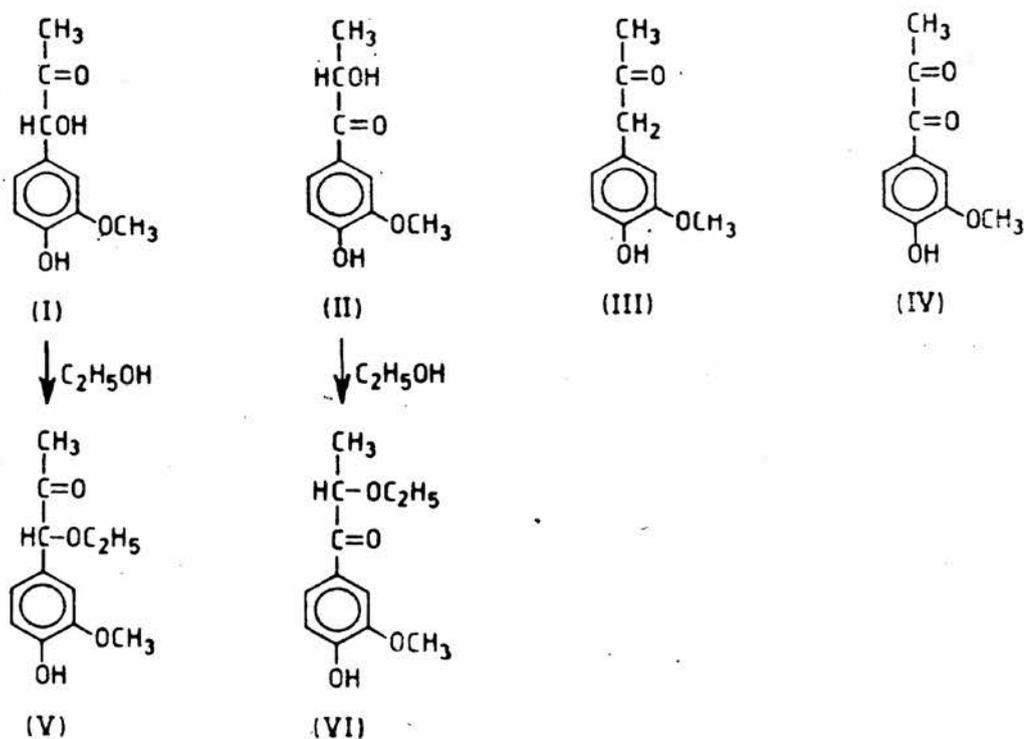


Рис. Г.42. Гваяцильные кетоны Гибберта—результат деградации лигнина в процессе этанолиза в кислой среде (по Фенгелу и Вегенеру (1988))

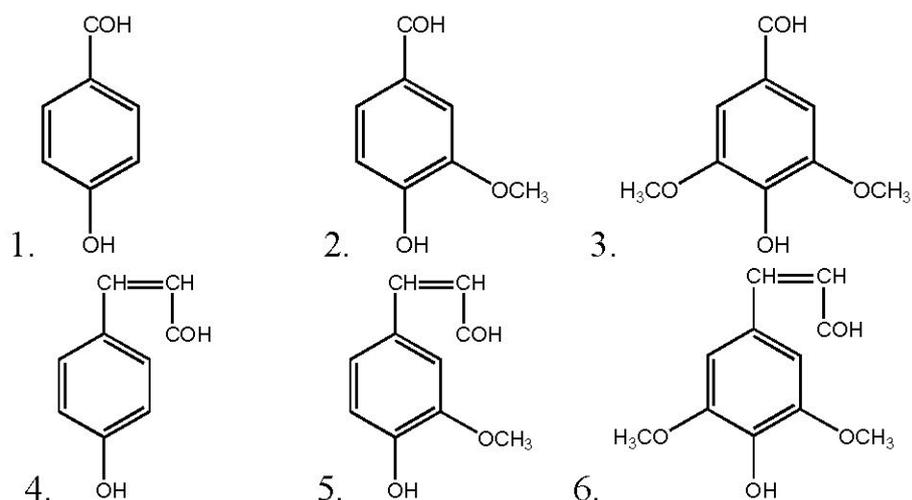


Рис. Г.43. Ароматические альдегиды—продукты гидролиза и этанолиза (деградации) лигнина, образующиеся в процессе выдержки спиртов в дубовой таре. 1.— пара-оксибензальдегид, 2.—ванилин, 3.—сиреневый альдегид, 4.—пара-кумаровый альдегид, 5.—кониферилловый альдегид, 6.—синаповый альдегид

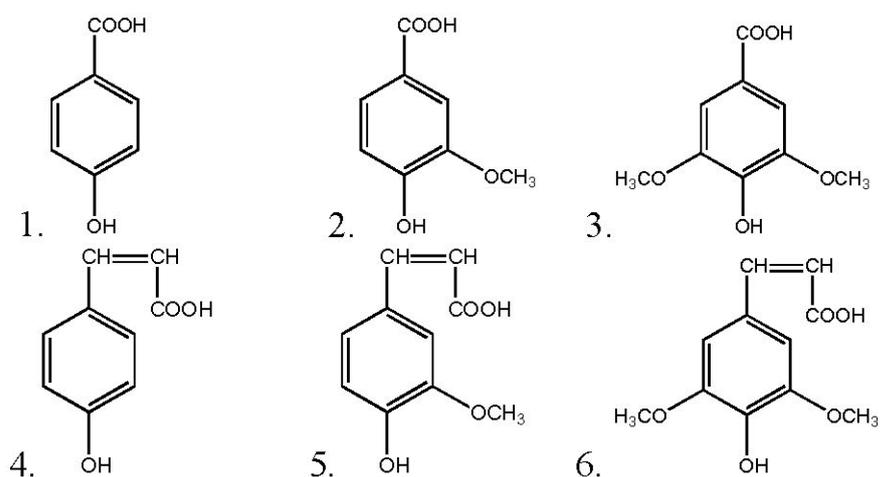


Рис. Г.44. Ароматические кислоты—продукты деградации лигнина и вторичных процессов гидролиза и окисления, протекающих при созревании спиртов в дубовой таре. 1.—пара-оксибензойная, 2.—ванилиновая, 3.—сиреневая, 4.—пара-кумаровая, 5.—феруловая, 6.—синаповая кислота

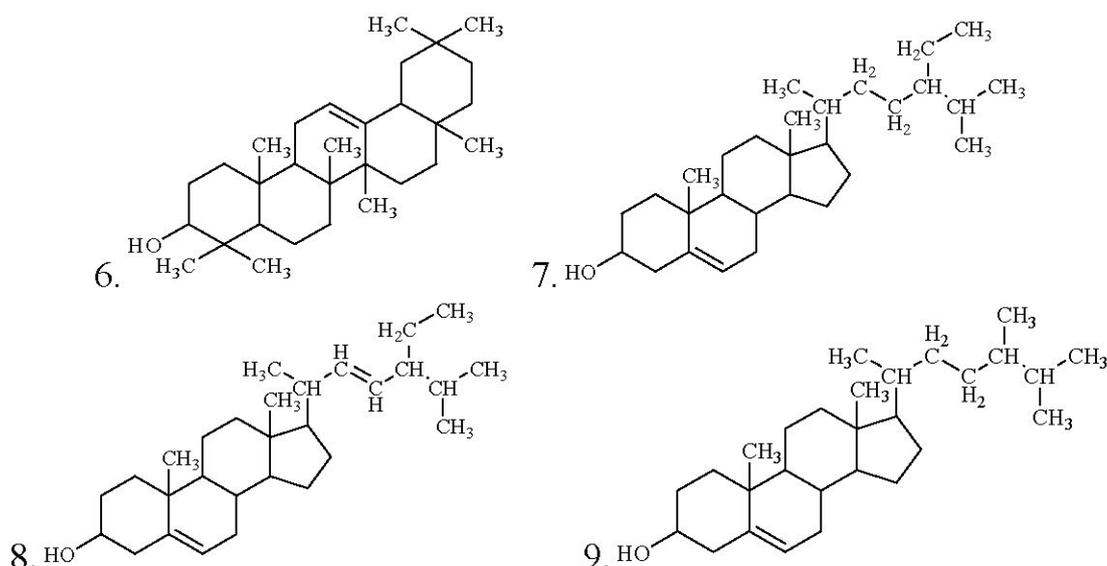


Рис. Г.46. Некоторые терпены и терпеноиды древесины дуба. 1.—фарнезол, 2.—бетулин, 3.—фриделин, 4.—тараксерол, 5.— α -амирин, 6.— β -амирин, 7.— β -ситостерол, 8.—стигмастерол, 9.—кампестерол

1. $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$
2. $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
3. $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
4. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$

Рис. Г.47. Основные высшие кислоты, экстрагируемые из древесины дуба (по П. Кареру, 1962). 1.—пальмитиновая к-та, 2.—олеиновая к-та, 3.—линолевая к-та, 4.—линоленовая к-та

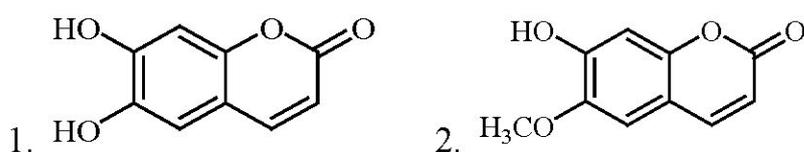


Рис. Г.48. Кумарины древесины дуба и ее экстрактов. 1.—эскулетин, 2.—скополетин

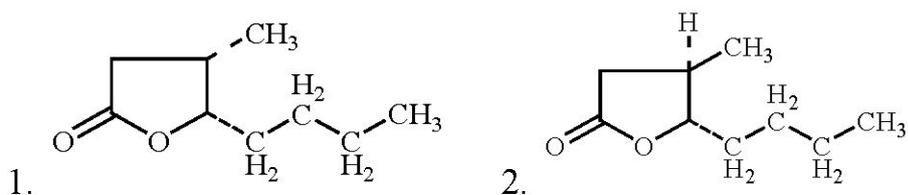


Рис. Г.49. Окталактоны древесины дуба и ее спиртоводных экстрактов. 1.—цис- β -метил- γ -окталактон, 2.—транс- β -метил- γ -окталактон

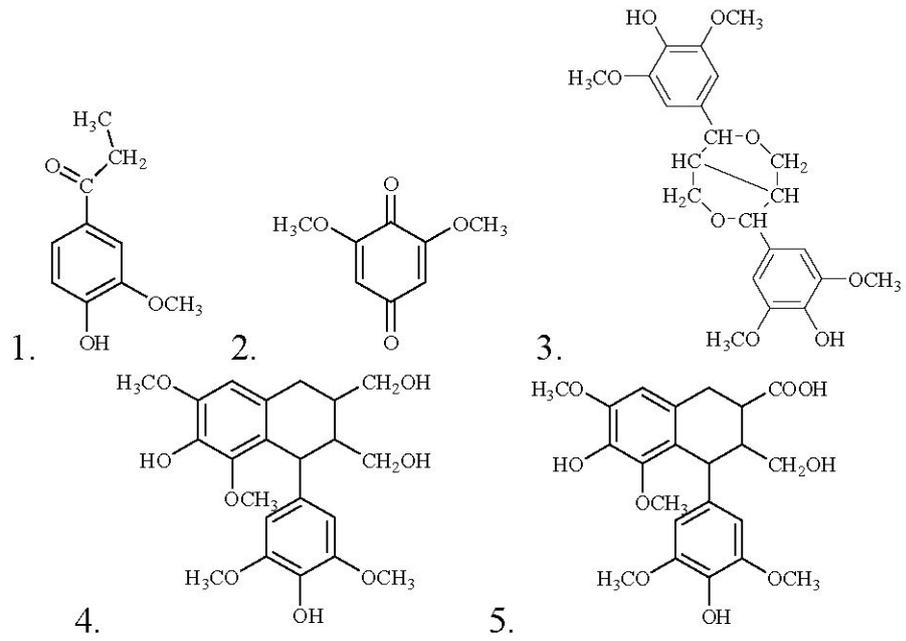


Рис. Г.50. 1.–пропиогваякон, 2.–2,6-диметоксибензохинон, 3.–сирингарезинол, 4.–лионирезинол, 5.–томасовая к-та древесины дуба

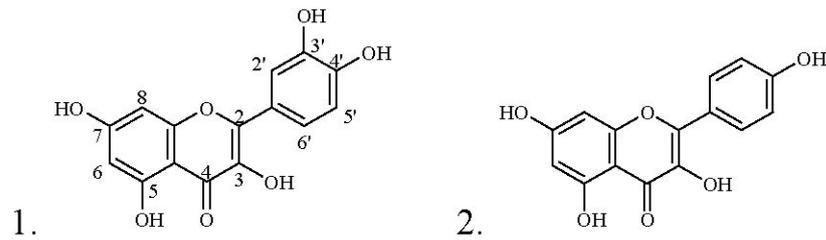
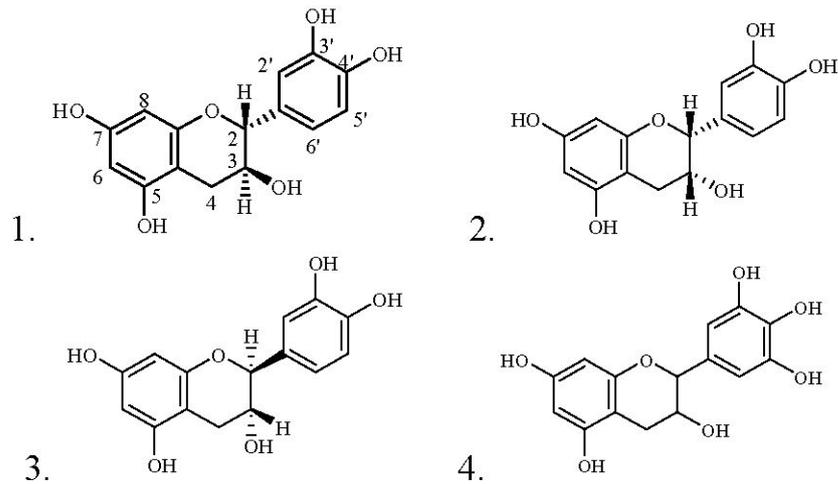


Рис. Г.51. Основные флавонолы древесины дуба. 1.– кверцетин, 2.– кемпферол



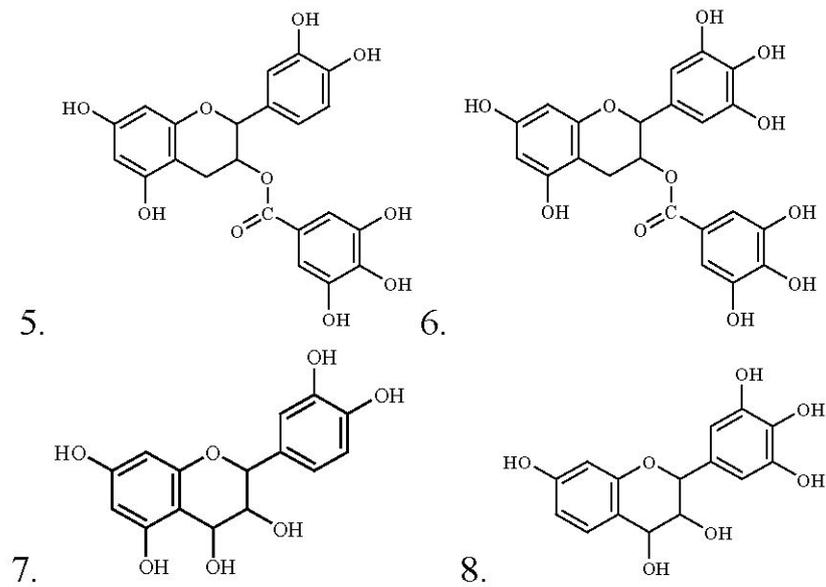


Рис. Г.52. Основные флаванолы древесины дуба. 1.—катехин, 2.—(-)-эпикатехин, 3.—(+)-эпикатехин, 4.—галлокатехин, 5.—катехингаллат, 6.—галлокатехингаллат, 7.—лейкоцианидин, 8.—лейкоробинетинидин

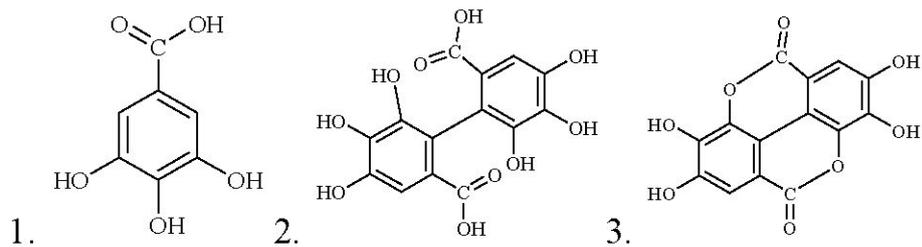


Рис. Г.53. 1.—галловая к-та, 2.—гексагидроксибензойная к-та, 3.—эллаговая к-та

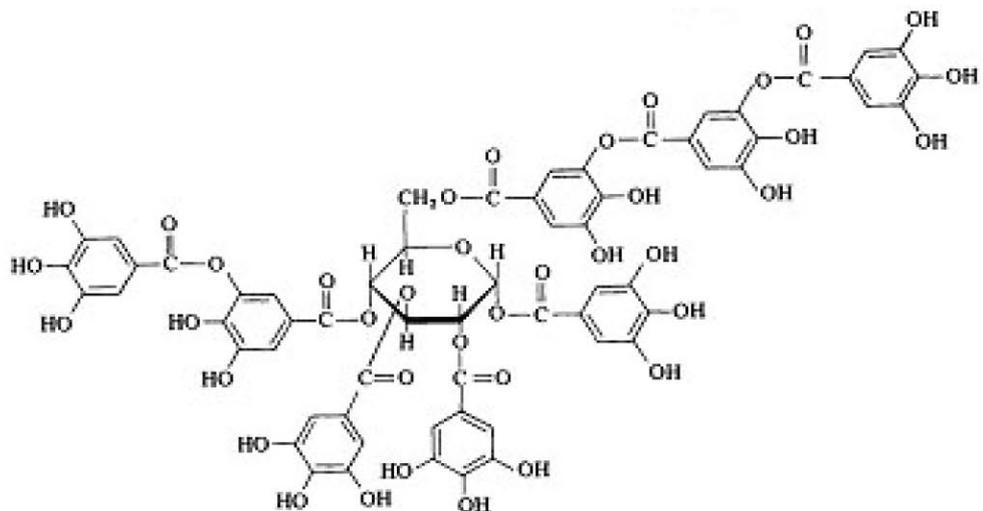


Рис. Г.54. Пример структуры гидролизуемого танина (по Гудвину и Мерслеру, 1986)

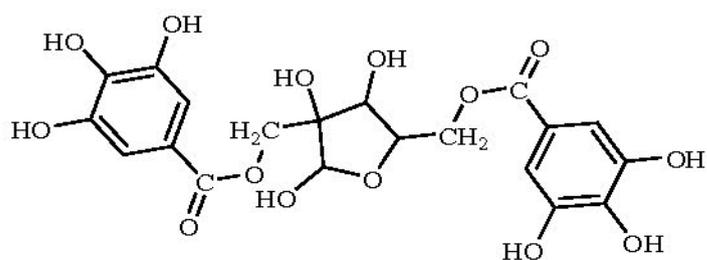


Рис. Г.55. Гамамелитаннин древесины дуба

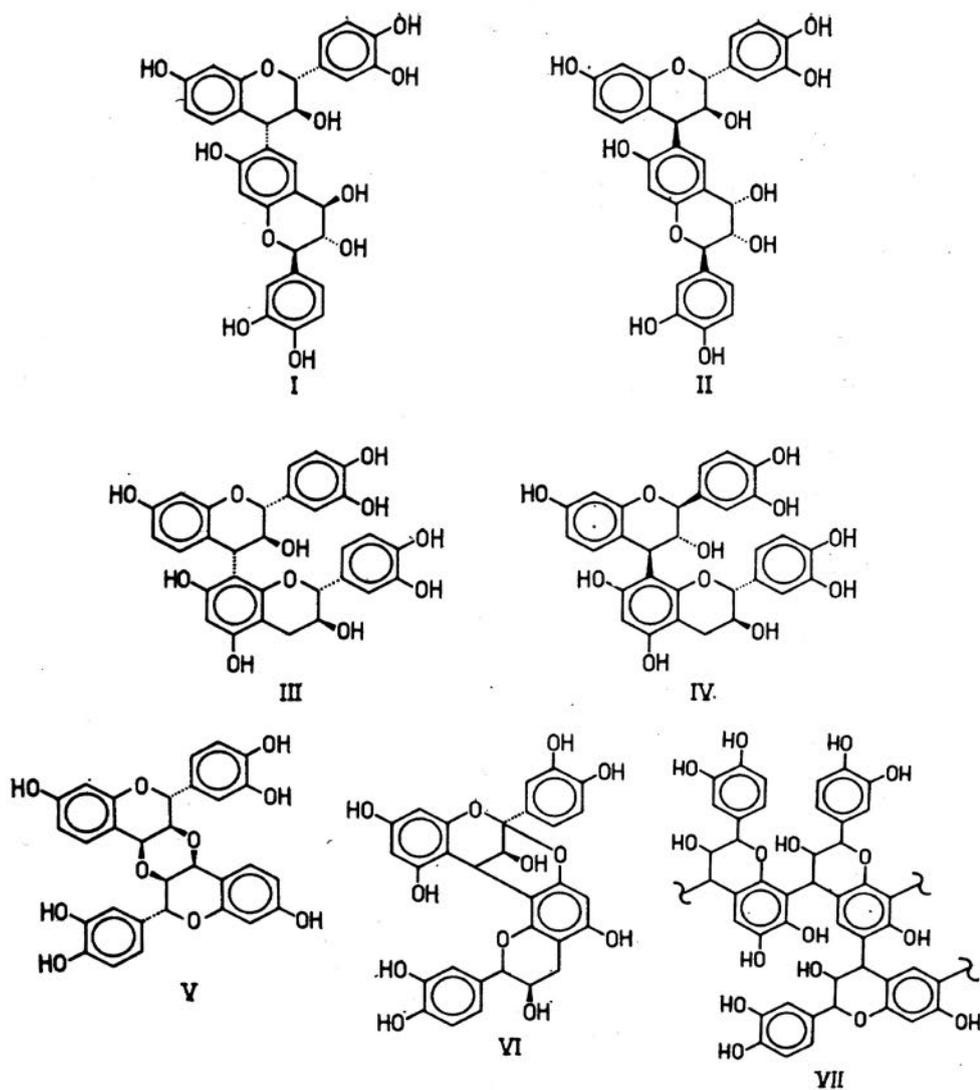


Рис. Г.56. I-IV – бифлавоноиды (проантоцианидины), VII – приблизительная структура конденсированных танидов древесины дуба (по Фенгелу, Вегенеру, 1988)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(к главе 5)

Таблица Д.7 - Содержание нелетучих веществ, мг/г, в древесине дуба

Показатель	Вид	
	Д. скальный	Д. черешчатый
Общий экстракт	87,5	130
Экстрагируемые полифенолы (D 280)	10,6	36,9
Эллаготаннины	6,8	9,4
Катехиновые таннины	0,52	0,93
Цветность (D 420)	0,0115	0,0245

Таблица Д.8 - Содержание летучих веществ, мг/100 г, в древесине дуба

Показатель	Вид	
	Д. скальный	Д. черешчатый
Метилнокталактон	6,78	1,72
Эвгенол	0,78	0,26
Ванилин	1,39	0,90

Таблица Д.9 - Влияние географического происхождения дуба на состав древесины

Показатель	Географическое происхождение, районы					
	Краснодарского края				Республики Адыгея	
	Афипский	Ашперонский	Хадзыженский	Горячеклочевской	Майкопский (центр)	Майкопский (юг)
Общий экстракт (мг/г)	95	132,5	116,3	93,8	130	87,5
Общие полифенолы (D 280)	15,9	39,1	20,5	13,3	36,9	10,6
Цветность (D 420)	0,012	0,0186	0,0114	0,0126	0,0245	0,0115
Катехиновые танины (мг/г)	0,48	0,75	0,4	0,39	0,93	0,52
Эллагиновые танины (мг/г)	6,1	9,9	6,3	5,5	9,4	6,8
Метилокталактон (мг/100 г)	1,69	0,12	7,7	8,3	1,72	6,78
Эвгенол (мг/100 г)	0,31	0,06	1,23	0,35	0,26	0,78
Ванилин (мг/100 г)	1,07	0,32	1,2	1,45	0,9	1,39

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(к главе 6)

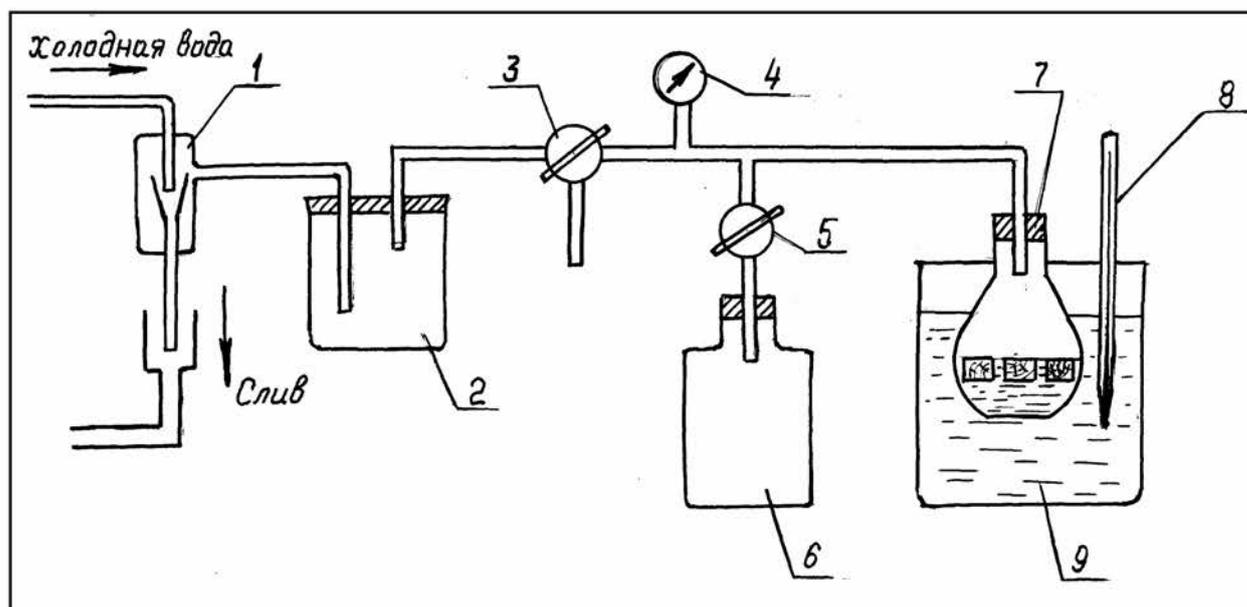


Рис. Е. 57. Схема вакуумной системы для удаления газов из образцов и пропитки древесины: 1 – водоструйный насос; 2 – предохранительная склянка; 3 – трехходовый кран; 4 – манометр; 5 – перекрывающий кран; 6 – дополнительная емкость; 7 – сосуд с образцами древесины; 8 – термометр; 9 – емкость с охлаждающей смесью

Таблица Е.10 - Красители, используемые для окраски ксилемы

Краситель	Рабочий раствор	Основной цвет окраски
Генцианвиолет	0,1 % – водный	Фиолетово-синий (с некоторой полихромностью)
Хризоидин	1 % – водный, 0,01 – 0,001 % – водный (для прогрессивной окраски)	Оранжевый
Малахитовый зеленый	0,2 – 0,1 % – водный	Зеленый
Сафранин	0,5 % – водный	Красный
Черничная вытяжка по В. С. Желтикову	50 %-ная, на 96 % этаноле с последующим протравлением 1 % – водным раствором $Pb(CH_3COO)_2$	Фиолетовый (с некоторой полихромностью)
Тионин+генцианвиолет	0,1%-водный : 0,1%-водный в соотношении 1:1	Оттенки от фиолетового до голубого. Возможность прокраски гиф

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(к главе 8)

Таблица Ж.11 - Влияние режимов термообработки на химический состав древесины дуба (*Q. robur*) из Центрального региона Франции

Наименование показателей	Концентрации компонентов, мг/г			
	контроль	слабый обжиг	средний обжиг	сильный обжиг
Галловая кислота	0,392	0,428	0,205	0,203
5-гидроксиметил-фурфурол	0,015	0,132	0,047	0,031
Фурфурол	0,027	0,123	0,095	0,130
4-гидроксибензойная кислота	-	-	0,053	-
Ванилиновая кислота	0,184	0,027	0,149	0,150
Сиреневая кислота	0,036	0,157	0,070	0,170
4-гидроксибензойный альдегид	-	-		-
Ванилин	0,015	0,097	0,340	0,149
Сиреневый альдегид	0,089	0,137	0,898	0,108
Кониферилловый альдегид	-	-	0,014	1,541
Общее содержание фенольных соединений	53,0	56,2	54,0	54,0
Отношение сиреневый альдегид/ванилин	5,93	1,41	2,64	0,72
Отношение сирингил./гваяцил. производным	0,63	2,37	0,370	0,15
Отношение ванилин/ванилиновая кислота	0,082	3,59	2,28	0,99
Отношение сиреневый альдегид/сиреневая кислота	2,47	0,87	12,83	0,64
Отношение ванилин/кониферилловый альдегид	-	-	24,28	0,097

Таблица Ж.12 - Влияние режимов термообработки на химический состав древесины дуба (*Q. robur*) из Вогез, Франция

Наименование показателей	Концентрации компонентов, мг/г			
	контроль	слабый обжиг	средний обжиг	сильный обжиг
Галловая кислота	0,842	0,497	0,311	0,294
5-гидроксиметил-фурфурол	0,051	0,120	0,132	0,131
Фурфурол	0,034	0,065	0,220	0,252
4-гидроксибензойная кислота	-	-	-	0,012
Ванилиновая кислота	0,030	0,080	0,050	0,086
Сиреневая кислота	0,008	0,418	0,437	0,518
4-гидроксибензойный альдегид	-	-	0,020	-
Ванилин	-	0,020	0,211	0,229
Сиреневый альдегид	0,008	0,081	0,710	1,184
Кониферилловый альдегид	-	0,0458	0,347	0,372
Общее содержание фенольных соединений	53,0	59,4	59,8	52,5
Отношение сиреневый альдегид/ванилин	-	4,05	3,36	5,17
Отношение сирингил./гваяцил. производным	0,024	3,42	1,89	2,48
Отношение ванилин/ванилиновая кислота	0	0,25	4,22	2,66
Отношение сиреневый альдегид/сиреневая кислота	1,0	0,194	1,62	2,28
Отношение ванилин/кониферилловый альдегид	0	0,44	0,61	0,62

Таблица Ж.13 - Влияние режимов термообработки на химический состав древесины дуба (*Q. robur*) из Лимузена, Франция

Наименование показателей	Концентрации компонентов, мг/г			
	контроль	слабый обжиг	средний обжиг	сильный обжиг
Галловая кислота	1,562	0,946	0,532	0,433
5-гидроксиметил-фурфурол	0,510	0,345	0,102	0,102
Фурфурол	0,052	0,060	0,114	0,173
4-гидроксибензойная кислота	0,145	-	-	-
Ванилиновая кислота	0,228	0,233	0,113	0,170
Сиреневая кислота	-	-	0,474	0,692
4-гидроксибензойный альдегид	-	-	-	-
Ванилин	-	0,042	0,465	0,357
Сиреневый альдегид	-	0,099	1,051	1,166
Кониферилловый альдегид	-	-	0,586	0,312
Общее содержание фенольных соединений	116,8	106,9	124,6	103,8
Отношение сиреневый альдегид/ванилин	0	2,36	2,26	3,27
Отношение сирингил./гваяцил. производным	0	0,36	1,310	2,21
Отношение ванилин/ванилиновая кислота	0	0,180	4,12	2,1
Отношение сиреневый альдегид/сиреневая кислота	0	0	2,22	1,68
Отношение ванилин/кониферилловый альдегид	0	-	0,79	1,14

Таблица Ж.14 - Влияние режимов термообработки на химический состав древесины дуба (*Q. mongolica*) из Приморского края России

Наименование показателей	Концентрации компонентов, мг/г			
	контроль	слабый обжиг	средний обжиг	сильный обжиг
Галловая кислота	0,153	0,180	0,225	0,193
5-гидроксиметил-фурфурол	0,004	0,032	0,070	0,047
Фурфурол	0,019	0,046	0,075	0,081
4-гидроксибензойная кислота	0,013	-	-	-
Ванилиновая кислота	0,041	0,034	0,139	0,108
Сиреневая кислота	0,033	0,086	0,388	0,497
4-гидроксибензойный альдегид	0,0026	-	-	-
Ванилин	0,013	0,072	0,349	0,278
Сиреневый альдегид	0,012	0,0001	0,649	0,926
Кониферилловый альдегид	-	0,0004	0,614	0,630
Общее содержание фенольных соединений	29,3	25,7	28,4	29,4
Отношение сиреневый альдегид/ванилин	0,92	0,001	1,86	3,33
Отношение сирингил./гваяцил. производным	0,83	0,60	0,94	1,40
Отношение ванилин/ванилиновая кислота	0,32	2,12	2,51	2,57
Отношение сиреневый альдегид/сиреневая кислота	0,36	0,0012	1,67	1,86
Отношение ванилин/кониферилловый альдегид	-	180,0	0,57	0,44

Таблица Ж.15 - Влияние режимов термообработки на химический состав древесины дуба (*Q. robur*) из Республики Адыгея

Наименование показателей	Концентрации компонентов, мг/г			
	контроль	слабый обжиг	средний обжиг	сильный обжиг
Галловая кислота	0,236	0,377	0,531	0,341
5-гидроксиметил-фурфурол	0,148	0,409	0,048	0,081
Фурфурол	0,028	0,095	0,126	0,143
4-гидроксибензойная кислота	0,047	0,093		-
Ванилиновая кислота	0,340	0,281	0,196	0,171
Сиреневая кислота	0,018	0,046	0,543	0,696
4-гидроксибензойный альдегид	-	-		-
Ванилин	0,025	0,065	0,466	0,308
Сиреневый альдегид	0,106	0,140	1,489	1,534
Кониферилловый альдегид	0,007	0,010	0,677	0,485
Общее содержание фенольных соединений	86,4	91,0	89,0	93,2
Отношение сиреневый альдегид/ванилин	4,24	2,15	3,20	4,98
Отношение сирингил./гваяцил. производным	0,33	0,52	1,52	2,31
Отношение ванилин/ванилиновая кислота	0,074	0,231	2,38	1,8
Отношение сиреневый альдегид/сиреневая кислота	5,89	3,04	2,74	2,20
Отношение ванилин/кониферилловый альдегид	3,57	6,5	0,69	0,63



Рис. Ж.67. Поперечный срез ранней зоны годичного кольца дуба из провинции Limousin. Наблюдается кольцо ранних сосудов полностью затилрованных мелкими тилами. Сердцевинные лучи многочисленные, огибают эллиптические просветы сосудов. Волокнистые элементы представлены, преимущественно, трахеидами. Окраска—генцианвиолет. Объектив—12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера Sony—DSC-51.

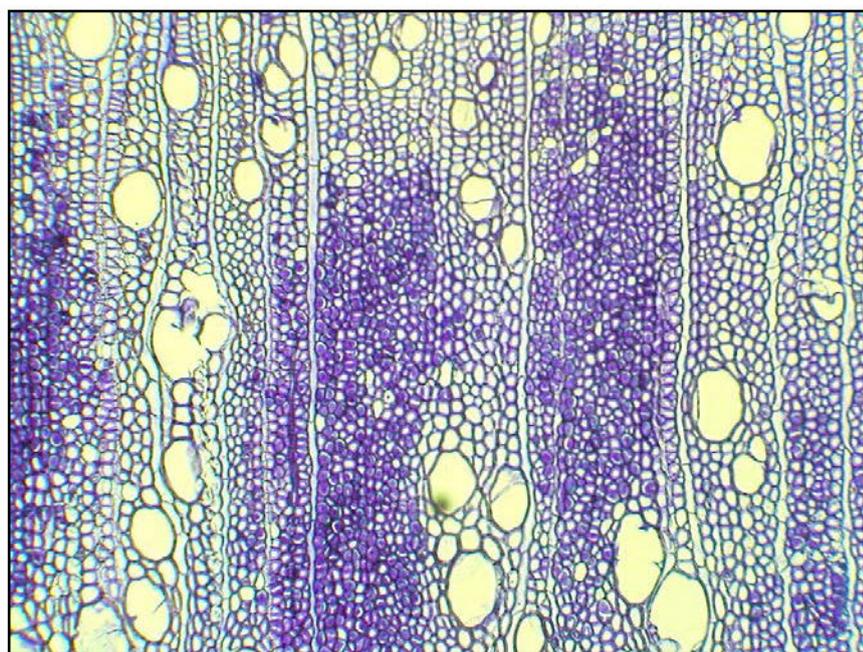


Рис. Ж.68. Поперечный срез переходной зоны годичного кольца дуба из провинции Limousin. Сосуды образуют цепочки между радиально ориентированных зон либриформа. Диаметр сосудов уменьшается по мере перехода в позднюю зону. Просветы сосудов окружены трахеидами. Окраска—генцианвиолет. Объектив—12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера Sony—DSC-51.

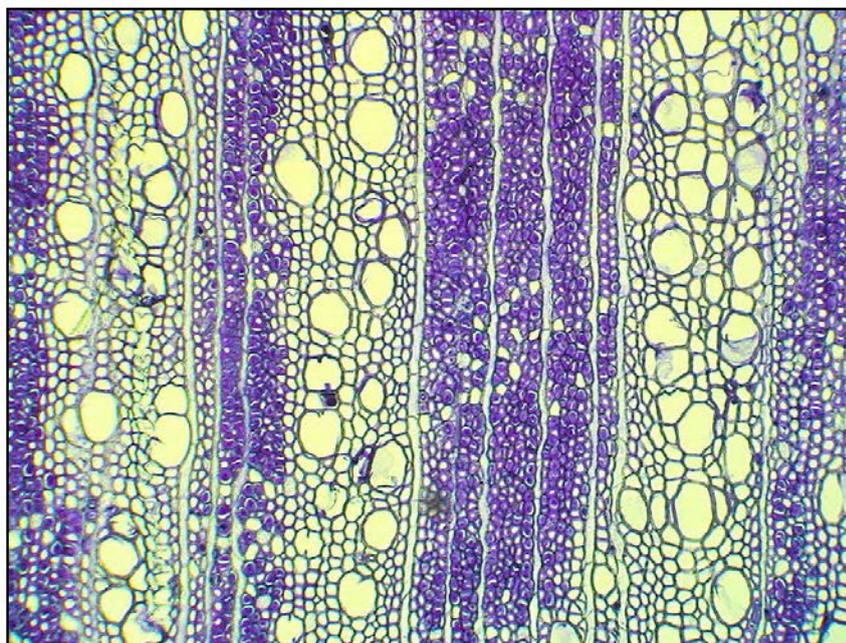


Рис. Ж.69. Поперечный срез поздней зоны годовичного кольца дуба из провинции Limousin. Наблюдается чередование радиальных зон механических элементов и зон узкопросветных сосудов с трахеидами. В просветах некоторых сосудов наблюдаются обрывки тил. Метатрахеальная паренхима представлена тяжами слабо окрашенных клеток. Окраска—генцианвиолет. Объектив—12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера—Sony DSC-51.

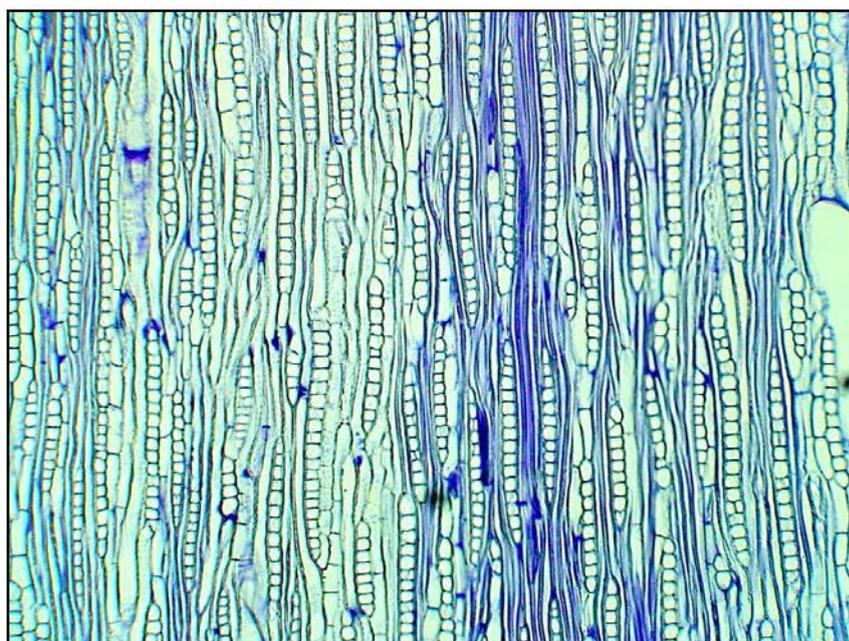


Рис. Ж.70. Тангентальный срез поздней зоны годовичного прироста дуба из провинции Limousin. Наблюдается большое количество узких лучей и тяжелой паренхимы. Некоторые лучи частично двухрядные. Ширина лучевых клеток превышает их высоту. Окраска—генцианвиолет. Объектив—12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера—Sony DSC-51.

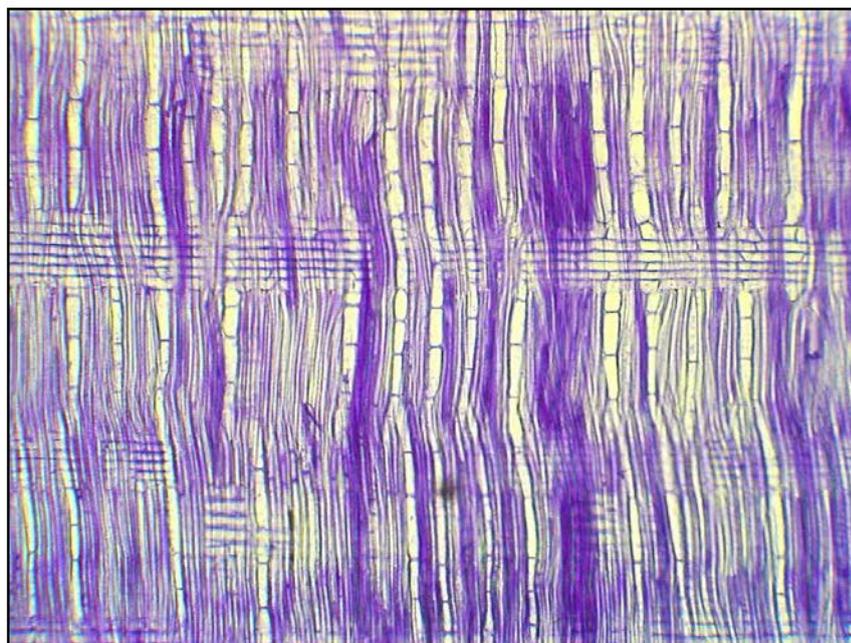


Рис. Ж.71. Радиальный срез поздней зоны годичного прироста дуба из провинции Limousin. Зона механических элементов представленная темно окрашенными волокнами либриформа. Наблюдается большое количество тяжей древесной паренхимы, чередующихся с либриформом. Окраска–генцианвиолет. Объектив–12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера–Sony DSC-51.

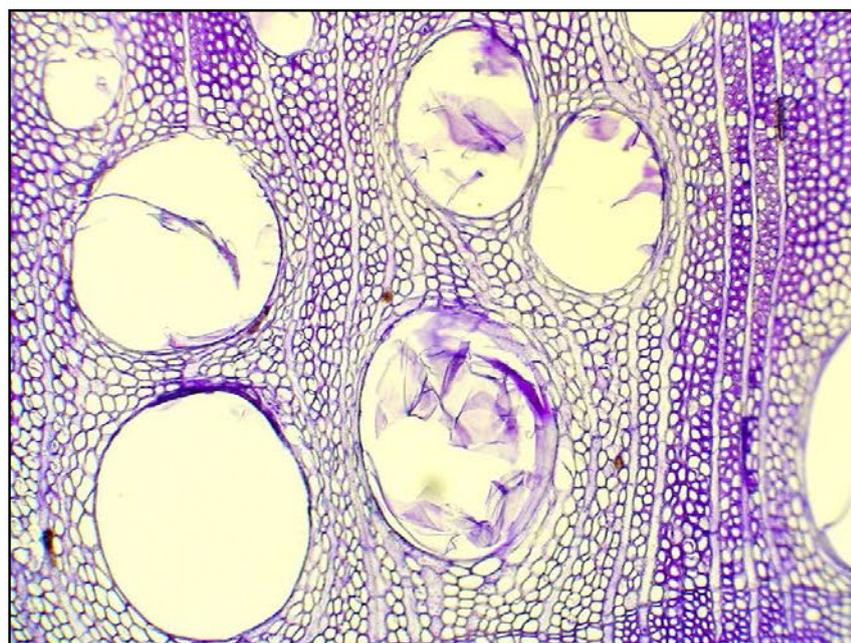


Рис. Ж.72. Поперечный срез ранней зоны годичного кольца дуба из провинции Voges. Наблюдается группировка в кольце ранних сосудов затилрованных редкими крупными тилами. Стенки сосудов более тонкие. Сердцевинные лучи многочисленны, огибают просветы сосудов. Волокнистые элементы представлены, преимущественно, трахеидами. Справа просматривается радиально вытянутая группа волокон либриформа. Окраска–генцианвиолет. Объектив–12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера Sony–DSC-51.

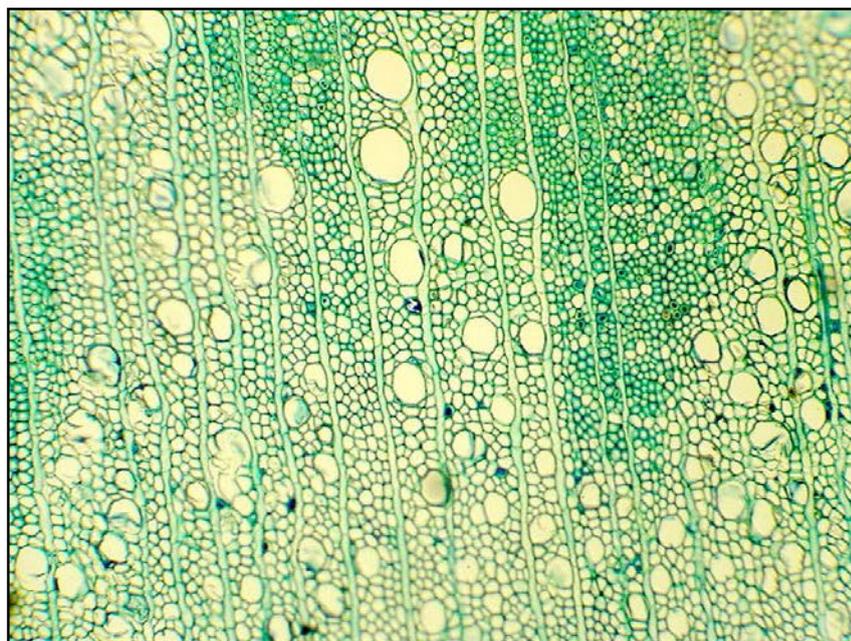


Рис. Ж.73. Поперечный срез поздней зоны годовичного кольца дуба из провинции Voges. Механические элементы образуют небольшие радиально ориентированные бесформенные группы. Узкопросветные сосуды многочисленны, равномерно распределены среди трахеид. Внизу наблюдаются сосудистые трахеиды. Окраска–малахитовый зеленый. Объектив–12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера Sony–DSC-51.

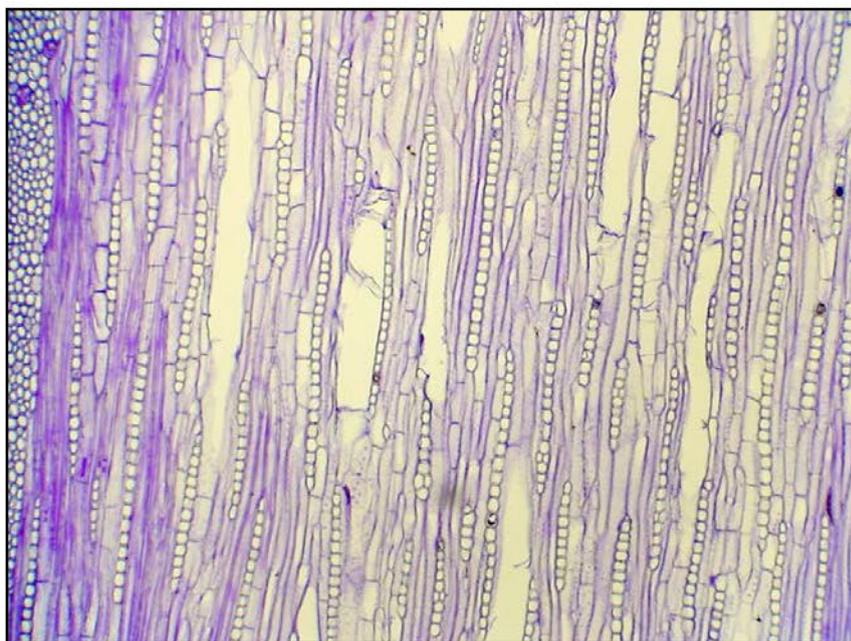


Рис. Ж.74. Тангентальный группировки узкопросветных сосудов поздней зоны годовичного кольца дуба из провинции Voges. Наблюдается большое количество узких лучей и тяжелой паренхимы. Некоторые лучи частично двухрядные. Сосуды равномерно рассеяны. Окраска–генцианвиолет. Объектив–12,5/0,25/∞/0,17. Цифровая камера Sony–DSC-51.

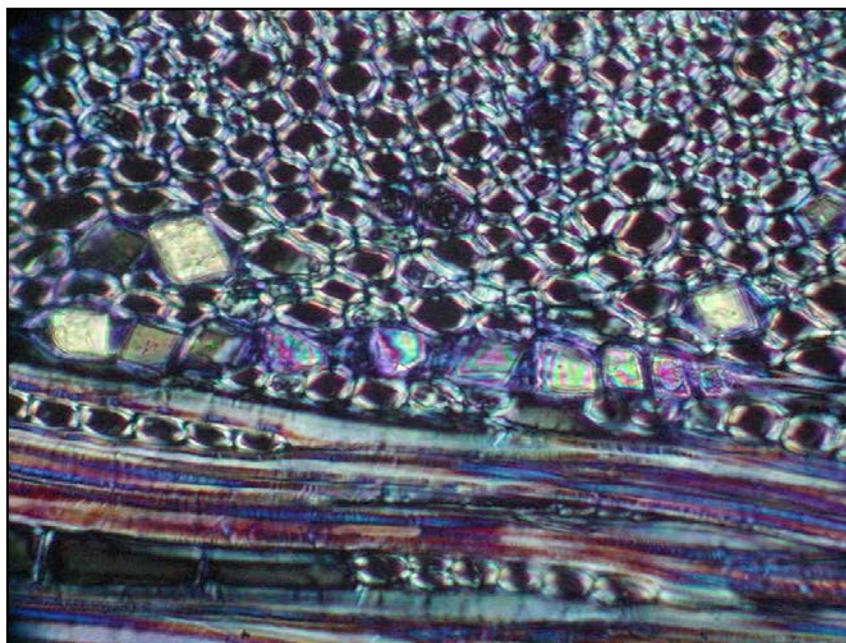


Рис. Ж.75. Тангентальный срез поздней зоны годичного кольца дуба из провинции Voges. Видны крупные призматические кристаллы оксалата кальция в широком луче. Окраска–малахитовый зеленый. Режим поляризации. Объектив–25/0,5/∞/0,17. Цифровая камера Sony–DSC-51.

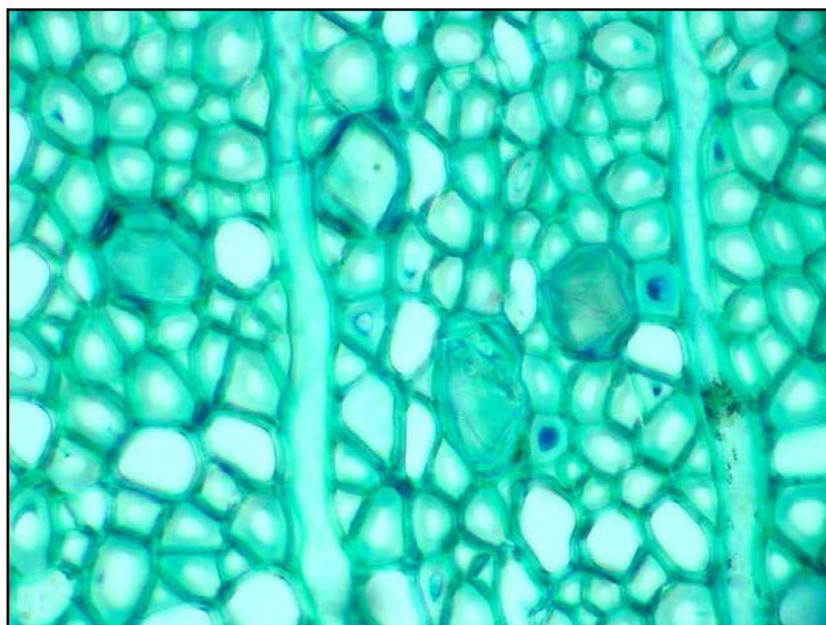


Рис. Ж.76. Поперечный срез поздней зоны годичного кольца дуба из провинции Voges. Видны очень крупные гексагональные кристаллы оксалата кальция в скоплении волокон либриформа. Неокрашенные просветы–клетки метатрахеальной паренхимы. Окраска–малахитовый зеленый. Режим поляризации. Объектив–25/0,5/∞/0,17. Цифровая камера Sony–DSC-51.